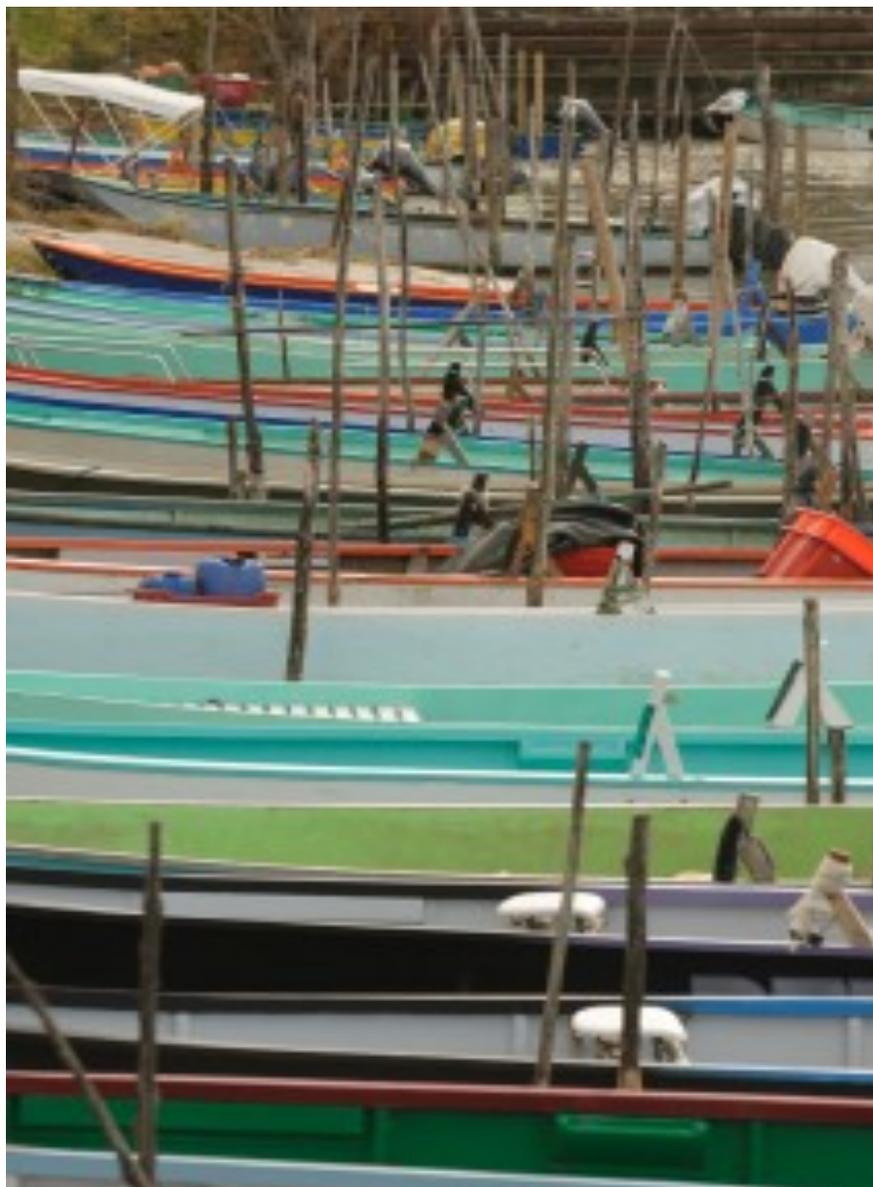


Progetto latterino: Biologia riproduttiva e accrescimento del latterino del lago Trasimeno

RELAZIONE COMPLETA

L'oggetto della ricerca è l'analisi della biologia riproduttiva del latterino (*Atherina boyeri* Risso, 1810) del lago Trasimeno; l'obiettivo è quello di valutare il contributo al reclutamento naturale della popolazione degli esemplari che si riproducono in periodi stagionali diversi con particolare riferimento al mese di settembre che rappresenta la fase finale del periodo riproduttivo della specie; ciò permette di analizzare anche i possibili effetti sull'abbondanza della popolazione esercitati dall'attività di pesca professionale in tale periodo.

Questo testo contiene una dettagliata relazione tecnica contenente i risultati della ricerca, con le indicazioni più opportune per ottimizzare la gestione di tale specie ittica.



Dipartimento di Biologia
Cellulare e Ambientale



Università di Perugia

Tel.: 075 585716 - 11

Fax: 075 585615

E-mail: [lorenzoni@unipg.it](mailto:lorenzon@unipg.it)

Autori:

Massimo Lorenzoni^{1*}, Raffaele Barocco¹, Antonella Carosi¹, Daniela Giannetto¹, Laura Pompei¹, Baharam Sayyaf Dezfuli²⁺, Luisa Giari², Alice Lui², Samantha Squerzanti².

¹Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale - Sezione di Biologia Animale ed Ecologia - Università di Perugia. Via Elce di Sotto - 06100 - Perugia.

²Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie - Sezione Biologia & Evoluzione - Università di Ferrara. Via Luigi Borsari - 44100 - Ferrara

*Corresponding author per il Dipartimento Biologia Cellulare e Ambientale: *e-mail: lorenzoni@unipg.it - <https://bio.unipg.it/index.html>*

⁺Corresponding author per il Dipartimento Scienze della Vita e Biotecnologie: *e-mail: dzb@unife.it - <http://docente.unife.it/dzb/>*

Ricerca realizzata con il contributo della Regione dell'Umbria mediante l'aiuto di Stato concesso ai sensi del Regolamento CE n.800/2008: SA.33257(11/X).

Indice

BIOLOGIA RIPRODUTTIVA E ACCRESCIMENTO DEL LATTERINO, *Atherina boyeri* (RISSO, 1810) NEL LAGO TRASIMENO.....pag. 4

STUDIO DEL CICLO RIPRODUTTIVO DEL LATTERINO, *Atherina boyeri* (RISSO, 1810) NEL LAGO TRASIMENO.....pag.61

ANALISI DEL PESCATO DEL LATTERINO, *Atherina boyeri* (RISSO, 1810) NEL LAGO TRASIMENO NEGLI ANNI 2011-2012..... pag.76

CONCLUSIONI.....pag.93

INDICAZIONI PRATICHE PER LA GESTIONE.....pag..103

BIBLIOGRAFIA.....pag.106

**BIOLOGIA RIPRODUTTIVA E ACCRESCIMENTO DEL LATTERINO,
Atherina boyeri (RISSO, 1810) NEL LAGO TRASIMENO**

A cura di:

Massimo Lorenzoni, Raffaele Barocco, Antonella Carosi, Daniela Giannetto, Laura Pompei

Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale - Sezione di Biologia Animale ed Ecologia - Università di Perugia.

Via Elce di Sotto - 06100 - Perugia

INTRODUZIONE

In questa relazione vengono presentati e discussi i risultati di una ricerca che ha avuto come oggetto di indagine la popolazione del latterino (*Atherina boyeri* Risso, 1810) del lago Trasimeno e condotta dal personale del Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale dell'Università di Perugia in collaborazione con il personale del Centro Ittiogenico del Trasimeno, presso le cui strutture si sono svolte alcune delle misurazioni effettuate sul campo, la Regione dell'Umbria, la cooperativa dei pescatori di professione del Trasimeno "Alba" di San Feliciano e il personale del Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie dell'Università di Ferrara, che in particolare ha curato la parte relativa all'analisi istologica delle gonadi del latterino.

L'obiettivo della ricerca è quello di valutare il contributo al reclutamento naturale della popolazione degli esemplari che si riproducono in periodi stagionali diversi con particolare riferimento al mese di settembre, che rappresenta la fase finale del periodo riproduttivo della specie; ciò permette di analizzare anche i possibili effetti sull'abbondanza della popolazione esercitati dall'attività di pesca professionale in tale periodo. Infatti il latterino è una specie che presenta un periodo riproduttivo molto prolungato, che si estende dall'inizio della primavera all'autunno, sulla quale nel lago Trasimeno insiste uno sforzo pesca particolarmente intenso da parte dei pescatori di professione, che in anni particolarmente favorevoli comporta tassi di prelievo anche molto elevati.

Per confermare l'assenza di un impatto sulla popolazione derivante dalla sottrazione a causa dalle attività di pesca di quello che potrebbe anche essere un numero molto rilevante di individui ancora impegnati nelle attività di riproduzione, è stata richiesta una collaborazione all'Università di Perugia avente lo scopo di approfondire le conoscenze, mediante la raccolta di una serie di nuove informazioni scientifiche, sulle caratteristiche del latterino del lago Trasimeno. L'obiettivo della ricerca è quello di verificare la presenza di eventuali impatti che possano derivare da un prelievo che sulla popolazione di latterino del lago Trasimeno viene in parte esercitato in un periodo in cui la specie è ancora in fase riproduttiva.

Gli aspetti presi in considerazione dalla ricerca, in particolare, riguardano 3 distinti argomenti:

- l'accrescimento e la biologia riproduttiva della popolazione;
- l'analisi istologica delle gonadi;
- l'andamento del pescato commerciale della cooperativa di San Feliciano negli anni 2011-2013;

Per quanto riguarda il secondo punto preso in considerazione dalla ricerca (analisi istolo-

INTRODUZIONE

gica delle gonadi) si precisa che è stato svolto dal team del Prof. Sayyaf Bahram Dezfuli dell'Università di Ferrara, particolarmente esperto, competente e attrezzato per questo specifico tipo di analisi.

Il testo di questa relazione tecnica contiene i risultati completi della ricerca, con le indicazioni più opportune per ottimizzare la gestione di tale specie ittica nel lago Trasimeno.

SPECIE INDAGATA

1 - CARATTERISTICHE DELLA SPECIE INDAGATA: IL LATTERINO

Il latterino *Atherina boyeri* Risso, 1810 è un pesce di taglia molto modesta, appartenente all'ordine degli *Atheriniformes* e alla famiglia degli *Atherinidae*. La specie è presente in una vasta area geografica che si estende lungo le coste del Mediterraneo, del Mar Nero, Mar d'Azov e Mar Caspio; in Atlantico ha una diffusione più circoscritta e limitata al tratto situato fra il Marocco a sud e l'estuario della Loira a nord, altre popolazioni isolate sono presenti sulle coste meridionali dell'Inghilterra e forse in Olanda (Fig.1.1). Alcune popolazioni sono permanentemente residente nelle acque dolci, come quelle presenti nei bacini del Tago, del Guadalquivir e della laguna di Santo André nella penisola iberica e del lago Trichonis, in Grecia. In Italia la specie è

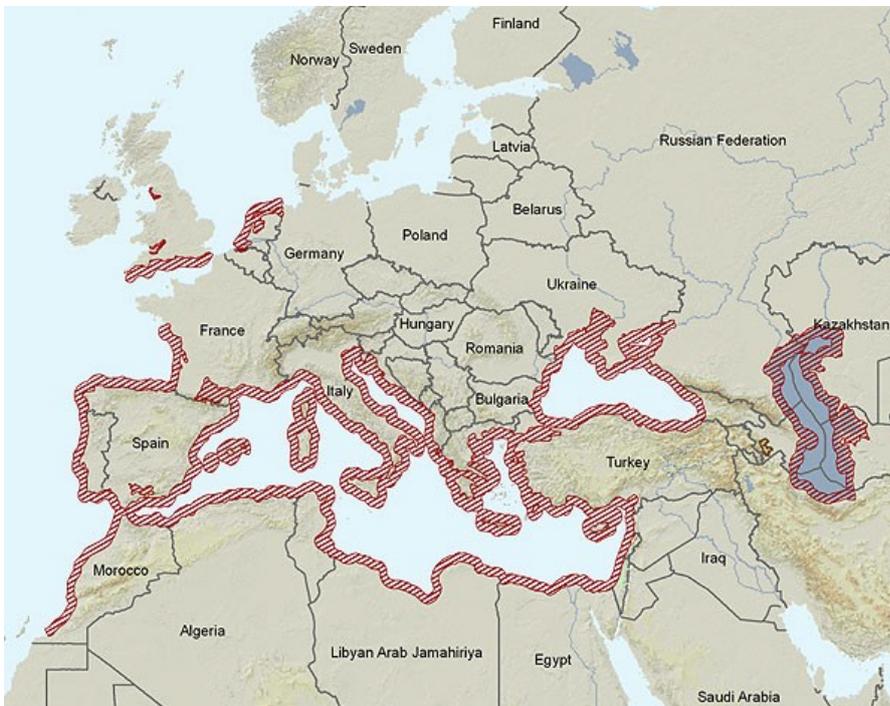


Fig.1.1 - Areale del latterino.

autoctona, ma il suo areale originario è stato ampliato dall'uomo con le introduzioni avvenute in numerosi altri laghi (Freyhof e Kotletat, 2008), fra i quali anche il Trasimeno dove è stato immesso nel 1920, molto probabilmente inavvertitamente (Moretti *et al.*, 1956) e frammisto agli stadi giovanili di altre specie di interesse commerciale (Natali, 2002). Oltre al lago Trasimeno, in Italia la specie è stata immessa nei laghi di Bracciano, Bolsena, Vico, Albano, Nemi, Fondi e Carinola (Bianco *et al.*, 2013). Questa specie ha un elevato grado di variabilità e, per questo motivo, ha ricevuto una serie di nomi che oggi si ritengono sinonimi di *boyeri*. Analisi di biologia molecolare hanno confermato la presenza di sole tre specie di *Atherina* diffuse nel bacino del Mediterraneo: *A. boyeri*, *A. presbiter* e *A. hepsetus* (Creech, 1991). La loro distinzione è anche possibile sulla base del numero di scaglie localizzate in serie longitudinale lungo la linea laterale: *A.boyeri* si caratterizza per possedere il numero di scaglie più basso dei congeneri italiani, pari ad una media di 39-49, contro le 52-57 di *A. presbiter* e le 59-65 di *A. hepsetus* (Porcellotti, 2001). E'

SPECIE INDAGATA



Fig.1.2 - Latterino.

stata anche recentemente prospettata la possibilità che le popolazioni lagunari siano attribuibili ad un diverso taxon, denominato *Atherina lagunae* Trabelsi *et al.*, 2002 (Trabelsi *et al.*, 2002).

A.boyeri è caratterizzata da corpo slanciato, leggermente compresso in

senso laterale, ricoperto di scaglie cicloidi abbastanza grandi. La colorazione del dorso è grigio-verde con sottile pigmentazione bruna reticolata; sui fianchi è presente un'evidente striscia nero-argentea che percorre tutto il corpo dall'opercolo alla coda; al di sotto di tale fascia si nota una fitta punteggiatura scura (Fig.1.2); la regione ventrale è bianca. Il capo è ottuso, superiormente appiattito, trasparente e ornato di un caratteristico disegno scuro; è presente una bocca supera, avente la mandibola prominente; l'occhio è grande (diametro 4-5 mm) (Porcellotti, 2001). I denti sono molto piccoli e si localizzano sulla mandibola, sugli intermascellari, alla base della lingua, sul vomere e sulle ossa palatine, dove però sono appena percettibili (Moretti *et al.*, 1959).

La prima pinna dorsale è abbastanza arretrata e ha inizio sotto la parte terminale delle pettorali; la distanza tra le due pinne dorsali risulta pressoché uguale al diametro oculare che, a sua volta, è uguale o maggiore della regione preorbitale (Gelli *et al.*, 2003); la pinna caudale è nettamente bifida, l'anale è collocata al di sotto della seconda pinna dorsale o un po' più avanti, mentre le pettorali, di media lunghezza, sono inserite sulla metà superiore del corpo (Moretti *et al.*, 1959). La colonna vertebrale è costituita da 42-46 vertebre, con un valore medio di 44. La vescica natatoria è allungata posteriormente, mentre nel tubo digerente la regione gastrica è formata da un semplice canale leggermente svasato sprovvisto di appendici piloriche; il tratto intestinale forma una ansa attorno all'unico ovario. L'ovario è grande (13-15 mm di lunghezza per uno spessore 3-5 mm), di colore molto scuro per la presenza di una forte pigmentazione, mentre il testicolo al contrario non è pigmentato (Moretti *et al.*, 1959).

La durata della vita del latterino è di 2-3 anni (Donato *et al.*, 1996; Bertotto *et al.*, 1997; Leonardos e Sinis, 2000; Andreu-Soler *et al.*, 2003), anche se raramente si riscontrano popolazioni più longeve (Henderson *et al.*, 1988; Cevher Ozeren, 2009). In base ad una ricerca condotta nel 1990 per la popolazione del lago Trasimeno non è da escludere una crescita di tipo allometrico che riguarda sia i maschi che le femmine (Mantilacci *et al.*, 1990). Nel periodo osservato la popola-

SPECIE INDAGATA

zione di latterino mostrerebbe un incremento di lunghezza maggiore di quello che caratterizza il peso: infatti i valori di b sono quasi sempre inferiori a 3. Negli adulti non si evidenzia dimorfismo sessuale; i maschi raggiungono la maturità sessuale a 1-2 anni di vita, analogamente alle femmine, corrispondente ad una taglia di 34-40 mm di lunghezza (Gelli *et al.*, 2003). La riproduzione inizia nel periodo primaverile-estivo e si protrae talvolta sino all'autunno: questo sia nelle acque dolci che in quelle salmastre e marine.

Nel lago Trasimeno i maschi raggiungono la condizione ottimale nel mese di gennaio, mentre le femmine in agosto, in relazione al diverso investimento nelle gonadi: viene confermato che anche in questo lago la fase riproduttiva, sia per i maschi che per le femmine, si concentra nel periodo primaverile, ma si protrae almeno fino ad agosto (Mantilacci *et al.*, 1990). Per quanto riguarda la frequenza di deposizione, Gelli *et al.* (2003) hanno registrato per ogni anno un unico chiaro picco stagionale. Le uova deposte risultano ricoperte di filamenti attraverso i quali aderiscono al substrato. L'uovo di latterino, poco prima della fecondazione, presenta forma sferica, colore giallo paglierino ed è lievemente opaco per la natura della capsula che è molto spessa (Gelli *et al.*, 2003).

La specie è eurialina ed è molto comune lungo tutti i litorali italiani, nelle acque estuariali e nelle lagune salmastre, ma molte popolazioni si sono adattate all'ambiente d'acqua dolce, come quelle presenti nelle acque del Trasimeno (Mantilacci *et al.*, 1990). Per quanto riguarda la posizione nelle reti alimentari del lago, il latterino è una specie essenzialmente planctofaga (Moretti *et al.*, 1959). Le componenti della dieta sono costituite da Rotiferi, Copepodi, Cladoceri, Ostracodi, Insetti, uova di pesci, ma soltanto Copepodi, Insetti e *Daphnia galeata* figurano costantemente nel contenuto stomacale (Mantilacci *et al.*, 1990). La composizione della dieta è giustificata solo in parte dalla struttura e dalla consistenza della comunità zooplanctonica del lago Trasimeno; mentre ad esempio i Copepodi, che rappresentano il gruppo più consistente nel lago, sono fortemente utilizzati dal latterino, altrettanto non avviene per i Rotiferi che costituiscono il 30% della comunità. Infine, la completa assenza di stomaci vuoti nel periodo novembre-marzo, conferma che il latterino al lago Trasimeno si alimenta costantemente anche nel periodo invernale (Mantilacci *et al.*, 1990). Nel periodo primaverile-estivo, inoltre, si verifica la maggiore diversificazione della dieta, probabilmente da mettere in relazione ad una maggiore attività e ad una maggiore disponibilità di alimento (Mantilacci *et al.*, 1990).

Il latterino è preda di parecchie specie ittiche, quale il luccio, il persico trota, il persico sole e il persico reale, oltre che di numerosi uccelli ittiofagi che lo catturano nei vari stadi del suo ci-

SPECIE INDAGATA



Fig.1.3 - Altana.

clo biologico (Moretti *et al.*, 1959); una ricerca condotta sull'alimentazione di luccio e persico trota nel lago Trasimeno ha evidenziato come il luccio fosse fra le specie ittiche la preda più frequente nella dieta di entrambi i predatori (Lorenzoni *et al.*, 1999 e 2002a).

1.1 - La pesca nel lago Trasimeno

Dopo l'introduzione accidentale nel lago Trasimeno avvenuta nel 1920, i primi quantitativi di latterino di un certo rilievo si sono pescati attorno al 1928-29, essendo questa la prova che il latterino si era acclimatato nel lago (Moretti *et al.*, 1959). In quegli anni la pesca veniva praticata in autunno, inverno e primavera, ma non d'estate quando, a causa delle elevate temperature, i pesci che incappano nelle reti muoiono e si decompongono molto rapidamente.

Secondo Moretti *et al.* (1959) la pesca non viene praticata in tutte le località del litorale, dato che questa specie predilige le acque aperte e sgombre di idrofite sommerse: la zona palustre della Valle e la parte neritica più invasa dalla vegetazione vengono di norma poco frequentate dal latterino, che viene perciò catturato prevalentemente dai pescatori operanti nel centro lago. Gli attrezzi usati dai pescatori del lago Trasimeno per la pesca sono costituiti dalle reti branchiali (o opercolari), chiamate anche altane dai pescatori del lago, dai tofi e dal giacchio (Moretti *et al.*, 1959).

Le altane (Fig.1.3), sono realizzate con il nylon e hanno maglie da 6 a 9 mm di lato, in genere rimangono in pesca una notte: calate in acqua nel pomeriggio, si ritirano il giorno dopo. I tofi (Fig.1.4) sono attrezzi ad inganno, simili ad enormi nasse, formate da reti imbutoformi compenetranti, con imboccatura d'entrata di diametro maggiore delle successive, nell'ultima delle quali in pesce di solito permane e può essere estratto dall'uomo. Questo attrezzo offre il vantaggio di mantenere in vita i soggetti intrappolati: i tofi, pertanto, possono anche non essere salpati giornalmente, ma possono essere svuotati del pescato ancora vivo soprattutto nei periodi meno caldi, ogni due o tre giorni. I tofi hanno inoltre il grande vantaggio di non uccidere gli esemplari



Fig.1.4 - Tofi.

SPECIE INDAGATA

delle specie indesiderate, di quelle protette e gli stadi giovanili di dimensioni inferiori alla taglia legale e quindi non ancora commerciabili.

Anche reti da lancio come il giacchio, una volta più frequenti ma di recente tornate in uso, vengono usate per la cattura del latterino. Il giacchio è una rete discoidale, di circa 20 metri di circonferenza, con corona appesantita da piombini e con la corda di ritiro inserita nel centro della rete. Questa, lanciata da pescatore, cala aperta al fondo e quando viene ritirata si richiude da sola come un ombrello capovolto (Moretti *et al.*, 1959).

L'esame dei quantitativi del pescato pervenuto annualmente al Consorzio Pesca del Trasimeno dalle singole cooperative dal 1935 al 1957, permette di individuare un forte aumento del pescato dal 1935 (1028 q) al 1937, anno in cui si assistette al massimo assoluto di produttività del lago con la ragguardevole cifra di 2646 q. Nel 1938 si ebbe una caduta vertiginosa della pescosità (460 q) della quale è stato impossibile conoscere le cause. Seguirono gli anni della guerra, nei quali ovviamente la pesca dovette essere trascurata con ben comprensibili effetti, ma dal 1945 in poi la ripresa nel pescato fu rapida e si ritornò a raggiungere elevati quantitativi di prelievo (1390 q nel 1947). Successivamente la resa si contrasse di nuovo e dal 1951, anno in cui il declino idrologico del lago si fece vertiginoso e inesorabile, la curva della produttività andò precipitando sempre più fino ai valori irrisori del 1957-58 (Moretti *et al.*, 1959). Dopo l'ampliamento artificiale del bacino imbrifero del lago e l'innalzamento dei livelli, la produttività ittica del lago è cresciuta di nuovo enormemente. Dall'analisi del pescato del periodo 1956-80 riguardante la cooperativa di S. Feliciano, una delle maggiori del lago, risulta che il latterino occupa il 6° posto fra tutte le specie ittiche (9% del pescato totale) con un quantitativo medio annuo di circa 665 q (Mearelli *et al.*, 1990). In questo periodo si osserva che questa specie, come tutte quelle costantemente pescate e non aventi il sostegno di ripopolamenti, presenta una sensibile irregolarità di resa (Mantilacci *et al.*, 1990). Questa caratteristica emerge fin dal 1935 (Moretti *et al.*, 1959) ed è confermata dall'andamento del pescato complessivo degli anni successivi: il latterino, in quanto pesce pelagico e planctofago, più di altre specie si giova dell'innalzamento del livello del lago avvenuto in seguito all'ampliamento artificiale del bacino imbrifero che alimenta il Trasimeno (Mearelli *et al.*, 1990).

Una misura dei cambiamenti quantitativi intervenuti nella composizione del pescato del lago Trasimeno negli anni successivi alla realizzazione dell'immissario artificiale dell'Anguillara si può ricavare dall'analisi del pescato della cooperativa di S. Feliciano, in due distinti periodi di tempo: dal 1956 al 1961, nel primo caso, e dal 1981 al 1986 nel secondo

SPECIE INDAGATA

(Mearelli *et al.*, 1990). Nel periodo compreso tra il 1956 ed il 1961 tinca, anguilla e luccio complessivamente fornivano oltre il 90% del pescato totale, mentre tutte le altre specie presenti rivestivano ognuna quote irrilevanti, compreso il latterino con l'1,61% del totale. Nel 1981-86 la situazione appare radicalmente cambiata: la tinca è ancora al primo posto fra le specie pescate, ma con una sensibile diminuzione percentuale (31,05% contro 57,39% del 1956- 60), mentre il latterino registra un forte incremento delle presenze, raggiungendo il 20,59% del prelievo complessivo del lago e risultando una delle specie maggiormente catturate dopo la tinca e il persico reale (Mearelli *et al.*, 1990). Nel periodo 1995-2004 la situazione risulta di nuovo molto cambiata nei rapporti quantitativi fra le singole specie pescate, con il latterino che diviene la componente prevalente della cooperativa di pesca con una percentuale pari al 29% del totale (Lorenzoni e Ghetti, 2012): in questo periodo di tempo il pescato medio annuo del latterino è pari a 495 q, con valori dei singoli anni che si presentano tuttavia molto variabili, oscillando fra un minimo di circa 81 q, raggiunto nel 2004, e un massimo di 1039 q toccato nel 2001.

AREA INDAGATA

2- CARATTERISTICHE DELL'AREA INDAGATA: IL TRASIMENO

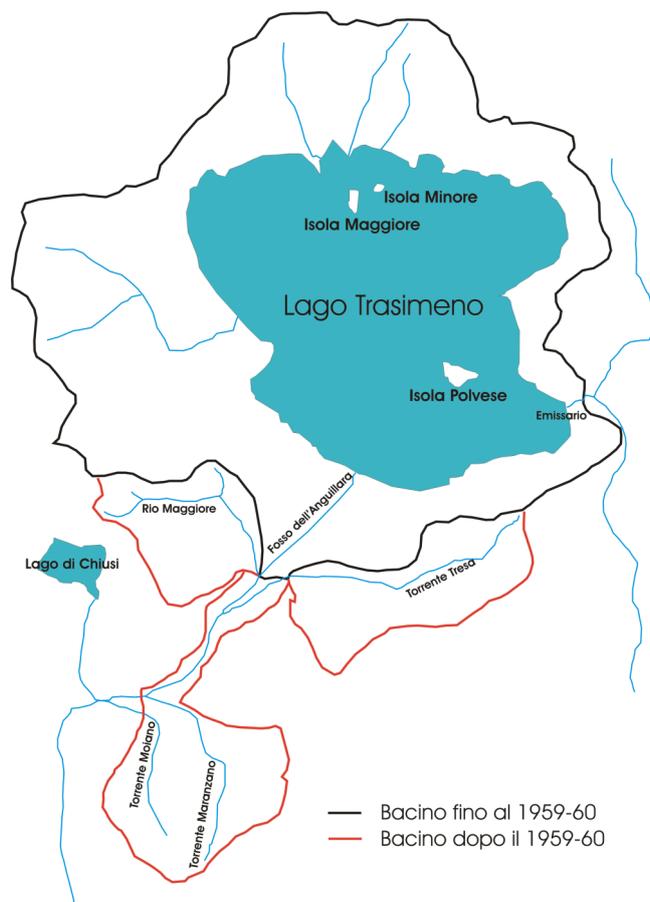


Fig.2.1 - Il lago Trasimeno e il suo bacino imbrifero.

Il lago Trasimeno è situato in Umbria a circa 30 km a 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 è 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 6,30 m, quella media è pari a 4,72 m. Le altre 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 coin-

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

Tab.2.1 - Caratteristiche morfo-idrologiche del lago Trasimeno.

AREA INDAGATA

cidente con il bacino idrogeologico e si può assumere con discreta approssimazione che l'acqua che si infiltra 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 emissario 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

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)

magra piuttosto prolungati, come quelli che stanno caratterizzando la fase attuale. Influenzano notevolmente il livello dell'acqua anche la forte traspirazione esercitata

Tab.2.2 - Caratteristiche idrografiche del lago Trasimeno.

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).

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

AREA INDAGATA

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 macroforamiferi (*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’Aquitano-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

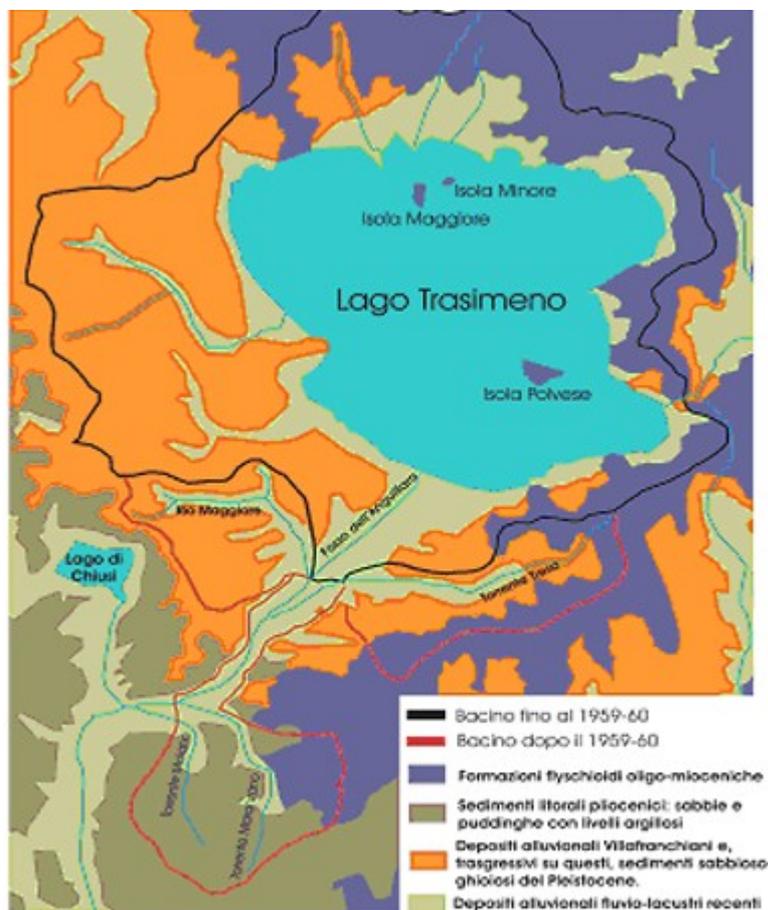


Fig.2.2 - Schema litologico del lago Trasimeno.

AREA INDAGATA

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*) e la dominanza del persico sole (*Lepomis gibbosus*) 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

AREA INDAGATA

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. Anche l'introduzione di alcune specie ittiche di origine esotica, quali ad esempio il carassio dorato (Lorenzoni *et al.*, 2010a), ha contribuito ad apportare alcuni notevoli cambiamenti nell'habitat fisico dell'ambiente lacustre: il carassio dorato infatti negli ultimi anni ha accresciuto enormemente le proprie abbondanze e con la sua attività di ricerca di cibo sul fondo causa la risospensione dei sedimenti, contribuendo all'incremento della torbidità delle acque (Lorenzoni *et al.*, 2007 e 2010b).

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 l'associazione *Holoschoenetum*

AREA INDAGATA

e il raggruppamento di *Juncus articulatus*, 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 (*Potamogetum lucentis*, *Potamogetum lucentis nymphacetosum*, *Hydrocharicetum*, *Potamogetum 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 (Lorenzoni e Ghetti, 2012): 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).

Il cobite *Cobitis bilineata* Canestrini è stato inserito nella lista, anche se probabilmente è anch'esso estinto nel lago, in quanto da parecchio tempo non viene più segnalato (Lorenzoni e Ghetti, 2012). Nel lago Trasimeno le manipolazioni della fauna ittica attraverso le introduzioni

AREA INDAGATA

Famiglia	nome scientifico	nome comune	provenienza
ESOCIDAE	<i>Esox lucius</i> L.	luccio	indigena
CYPRINIDAE	<i>Squalus squalius</i> Bp.	cavedano	indigena
	<i>Tinca tinca</i> (L.)	tinca	indigena
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L.)	scardola	indigena
	<i>Alburnus arborella</i> (Bp)	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 bilineata</i> Canstr.	cobite	esotica
ICTALURIDAE	<i>Ameiurus melas</i> (Raf.)	pesce gatto	esotica
ANGUILLIDAE	<i>Anguilla anguilla</i> (L.)	anguilla	indigena
POECILIDAE	<i>Gambusia 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

Tab.2.3 - Specie ittiche presenti nel lago Trasimeno.

di taxa alloctoni sono avvenute molto presto: la carpa *Cyprinus carpio* Linnaeus, probabilmente la prima specie ad essere introdotta in Italia, nel Trasimeno sembra sia stata immessa nel 1710 (Stella, 1949) ad opera del barone Ancaiani, governatore del lago, con esemplari provenienti dal lago di Bolsena (Chiodini, 1978). La tradizione vuole che anche il luccio *Esox lucius* Linnaeus sia stato immesso nel lago: lo avrebbero fatto i senesi nel 1358, in quanto invidiosi della pescosità del lago (Chiodini, 1978).

Così come è avvenuto nella maggior parte dei laghi italiani, la composizione della fauna ittica del lago Trasimeno ha subito dei drastici cambiamenti, che sono divenuti particolarmente rapidi ed intensi soprattutto a partire dagli anni più recenti (Mearelli *et al.*, 1990): 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; Ghetti *et al.*, 2007). A differenza di quanto avvenuto nel periodo precedente, la maggior parte delle introduzioni più recenti è stata effettuata in modo involontario: gran parte delle specie esotiche che si sono aggiunte all'ittiocenosi del lago Trasimeno non hanno infatti interesse commerciale, ma più spesso sono invasive e talvolta pericolose. Il già citato carassio dorato *Carassius auratus* (Linnaeus) ne costituisce un esempio, assieme alla pseudorasbora *Pseudorasbora parva* (Schlegel), che è addirittura considerata una fra le 100 specie alloctone più pericolose al mondo (DAISIE, 2008). Tale specie compete per il cibo con alcune specie indigene e di interesse commerciale, si può alimentare degli stadi giovanili di altri pesci e può rappresentare il vettore di alcuni patogeni (tra i quali *Sphaerotetum destruens*), che costituiscono una gravissima minaccia per la fauna ittica (Gozlan *et al.*, 2005).

MATERIALI E METODI

3 - MATERIALI E METODI

3.1 - Campionamenti per le analisi biologiche

Il campionamento per le analisi biologiche è stato effettuato utilizzando gli attrezzi della pesca professionale e mediante la collaborazione con la locale Cooperativa dei Pescatori di San Feliciano. Il periodo di campionamento è durato oltre un anno e precisamente si è esteso dal gennaio 2012 al gennaio 2013, con prelievi effettuati con cadenza quindicinale (26 prelievi complessivi). Una volta al mese, un sub campione di 30-40 latterini è stato inviato all'Università di Ferrara per essere destinato alle analisi istologiche delle gonadi (Parte II).

3.2 - Analisi di laboratorio

Ad ogni esemplare sono state effettuate le seguenti misurazioni (Anderson e Neumann, 1996) (Fig.3.1):

- LUNGHEZZA TOTALE (LT): espressa in cm e misurata dall'estremità del muso al lobo superiore della pinna caudale, con accuratezza di $\pm 0,1$ cm.
- LUNGHEZZA STANDARD (LS); espressa in cm e misurata dall'estremità del muso all'ultima scaglia del peduncolo caudale, con accuratezza di $\pm 0,1$ cm.
- PESO TOTALE (P_t) espresso in g e determinato con bilancia elettronica, con accuratezza di $\pm 0,1$ g.

3.2.1 - Determinazione dell'età

Ad un numero significativo di esemplari è stato prelevato un campione di scaglie per la determinazione dell'età e sulle quali effettuare il retrocalcolo (Bagenal, 1978); la parte scelta per

il prelievo è quella cefalo-laterale, in coincidenza della banda argentata che corre sui fianchi e sovrasta la linea laterale e nel tratto precedente l'inserzione della pinna dorsale. Le scaglie sono state prelevate al momento del campionamento, conservate in etanolo al 33% e successivamente visionate mediante l'utilizzo di uno stereomicroscopio ottico collegato ad un sistema di analisi delle immagini



Fig.3.1 - Misurazioni biometriche.

MATERIALI E METODI



Fig.3.2 - Scaglia del latterino.

(IAS 2000). La scaglia del latterino è di tipo cicloide (Fig.3.2) e presenta sulla sua superficie una serie di curve concentriche, chiamati *circuli*, che rappresentano i segni delle strie di accrescimento radiale per deposizione dei sali di calcio sui margini della scaglia: i *circuli* si aggiungono progressivamente 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 dalla bassa

temperatura, i *circuli* si formano in modo maggiormente addensato tra loro, così da apparire all'osservazione al microscopio 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, 1978). 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 marzo (Gandolfi *et al.*, 1991). Ad esempio, un pesce nato nel marzo 2011 e catturato nel gennaio 2012 avrà trascorso un solo inverno: sarà quindi attribuito alla classe 1+ ed avrà un'età di 0,833 anni.

Nella determinazione dell'età il metodo scalimetrico è stato integrato con il metodo di Petersen (Bagenal, 1978). 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

MATERIALI E METODI

piccola sovrapposizione nelle taglie dei pesci appartenenti a gruppi d'età successivi; è inoltre necessaria l'assenza di dimorfismo sessuale nell'accrescimento (Bagenal, 1978).

Per la popolazione di latterino 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.

3.2.2 - Retrocalcolo

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; a quell'età 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 218 individui sono state scelte, tramite selezione microscopica, le quattro scaglie migliori, sulle quali sono stati misurati, mediante sistema di analisi delle immagini (Image J), il raggio della squama e il raggio di tutti gli *annuli* presenti.

Le misure rilevate sono (Bagenal, 1978):

- raggio di squama (R_s): dal centro di ossificazione al margine della squama, lungo uno dei raggi obliqui, con precisione di ± 1 micron.
- raggio dell'annulo (R_n): 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.

3.2.4 - Analisi delle gonadi

Su un subcampione di circa 30 individui per ogni data di campionamento è stato inoltre attribuito il sesso mediante osservazione macroscopica delle gonadi. Lo stadio di maturazione delle gonadi è stato valutato mediante la scala di maturazione della gonadi di Nikolsky (in Gandolfi *et al.*, 1991):

- 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.

MATERIALI E METODI

- STADIO III: GONADI IN MATURAZIONE

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

- STADIO IV: GONADI MATURE

Gameti maturi e gonadi con volume ed indice gonado-somatico 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.

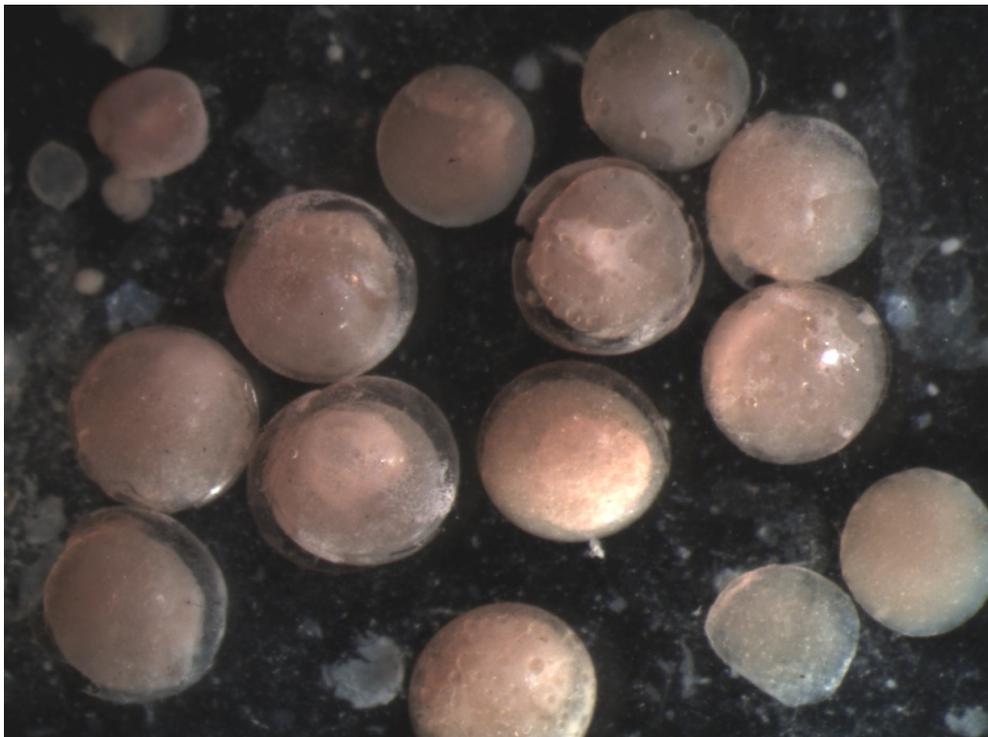
Le gonadi sono state quindi estratte e pesate con bilancia elettronica di precisione, con accuratezza di $\pm 0,001$ g. Il peso somatico (P_s) è stato quindi calcolato dalla seguente formula:

$$P_s = P_t - P_g$$

dove:

P_t = peso totale del pesce in g;

P_g = peso delle gonadi in g.



Gli ovari maturi (IV e V stadio) sono stati conservati nel liquido di Gilson per le successive analisi.

Le uova, una volta pulite, sono state distribuite su di una piastra millimetrata e fotografate: sono state quindi contate tutte le uova presenti, tenendole

Fig.3.3 - Uova di latterino.

MATERIALI E METODI

distinte per dimensione; per ciascuna femmina matura sono anche state scelte a caso cinque uova mature (più grandi e di colore più intenso), per ognuna delle quali è stato misurato il diametro. Il conteggio delle uova e la misura del diametro sono stati effettuati mediante microscopio ottico, collegato ad un computer dotato di software per l'analisi delle immagini (Image J).

3.4 Elaborazioni per l'analisi della biologia del latterino

3.4.1 - *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 (Ricker, 1975):

$$LT = a + b LS$$

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.

3.4.2 - *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 (Ricker, 1975):

$$P_t = a LT^b$$

dove:

P_t = 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 (Ricker, 1975) ed in particolare, quando b è:

- minore di 3, la crescita è allometrica e la lunghezza aumenta in modo più che propor-

MATERIALI E METODI

zionale 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 $LT - P_t$ 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 ($\log P_t = a + b \log LT$). Per verificare l'esistenza di dimorfismo sessuale si è effettuato un confronto mediante analisi della covarianza tra le regressioni calcolate nei due sessi.

3.4.3 - Accrescimento teorico in lunghezza

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

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

dove:

LT_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 (in anni^{-1});

t_0 = età equivalente dei pesci di taglia zero (in anni).

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.

3.4.4 - Accrescimento retrocalcolato

I parametri rilevati nell'analisi di laboratorio delle scaglie sono stati ulteriormente utilizzati

MATERIALI E METODI

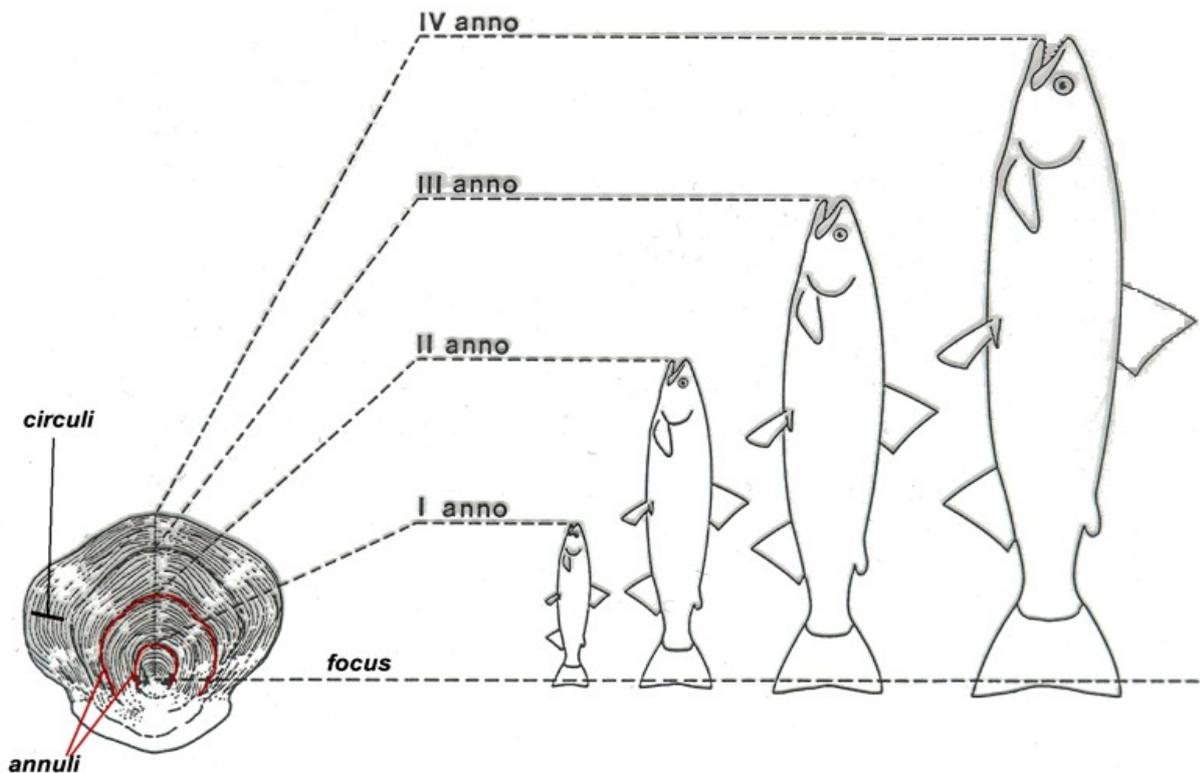


Fig.3.4 - Retrocalcolo.

per determinare la relazione corpo-scaglia, che permette di risalire alle lunghezze raggiunte da ogni esemplare alle età precedenti alla cattura (Fig.3.4).

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

$$L_{n-a} = R_n/R_s(LT-a)$$

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 cm);

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

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.

MATERIALI E METODI

3.4.5 - 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, 1975):

- 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 statistico mediante Mann Whitney *U-test* fra le lunghezze retrocalcolate raggiunte alle varie età dagli esemplari di età n rispetto al campione composto dai pesci più anziani ($n+i$).

3.4.6 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 Le Cren (1951):

$$K = 100 (P_t/LT^b)$$

dove:

P_t = peso totale;

LT = lunghezza totale;

b = coefficiente di regressione lunghezza - peso della popolazione.

Così calcolato K rappresenta la deviazione individuale degli esemplari reali da un ipotetico pesce che rappresenta la condizione media della popolazione di latterino del Trasimeno (Weatherley, 1972) e permette il confronto fra individui, sessi e classi di età diverse all'interno della stessa popolazione (Ricker, 1975). Nel calcolo del fattore di condizione il campione è stato variamente disaggregato ed i relativi confronti sono stati effettuati mediante analisi della varianza (ANOVA).

MATERIALI E METODI

Per meglio valutare l'influenza del ciclo riproduttivo sulla condizione del latterino 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:

$$K_s = 100 [(P_t - P_g)/LT^b]$$

dove:

P_t = peso totale;

P_g = peso delle gonadi;

LT = lunghezza totale;

b = coefficiente di regressione lunghezza - peso della popolazione.

Anche per K_s sono stati effettuati vari tipi di confronto ognuno condotto mediante analisi della varianza (ANOVA). Dal confronto fra l'andamento di K e K_s 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.

3.4.7 - Rapporto tra i sessi

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

3.4.8 - Periodo riproduttivo

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

3.4.9 - Indice gonado-somatico (GSI)

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

$$GSI = 100 P_g / P_t$$

dove:

P_t = peso totale espresso in grammi;

P_g = 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, quindi, permette di trarre indicazioni sulla durata del periodo riproduttivo.

MATERIALI E METODI

Il calcolo del GSI è stato realizzato sul campione disaggregato per sesso.

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:

$$\text{GSI} = a + b \text{ LT}$$

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).

3.4.10 - Fecondità assoluta

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

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; il modello utilizzato è il seguente:

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

dove:

LT = lunghezza totale in cm.

3.4.13 - Fecondità relativa

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

$$\text{FR} = \text{N}^{\circ} \text{uova} / P_t$$

dove:

P_t = peso totale in g.

Il campione è stato 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).

E' stata inoltre calcolata la regressione fra la fecondità relativa e la lunghezza totale (LT); il

MATERIALI E METODI

modello utilizzato è stato il seguente:

$$FR = a + b LT$$

dove:

LT = lunghezza totale in cm.

3.4.14 - Diametro delle uova

Il diametro è stato misurato per cinque uova mature in ogni femmina matura utilizzata per l'analisi delle biologia riproduttiva; è stato calcolato il valore del diametro medio delle misure (δ).

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

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

$$\delta = a + b LT$$

dove:

LT = lunghezza totale in cm.

RISULTATI

4 - RISULTATI

4.1 - Statistica descrittiva del campione

	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
LT (cm)	3998	6.681	2.800	10.100	1.149
LS (cm)	1255	5.923	2.400	8.800	1.200
Peso (g)	3998	2.305	0.150	8.200	1.198
Età (anni)	3998	2.070	0.333	4.000	0.742

Tab.4.1 - Statistica descrittiva del campione totale.

6,68 cm; il loro peso varia fra un minimo di 0,15 e un massimo di 8,20 g, per un valore medio di

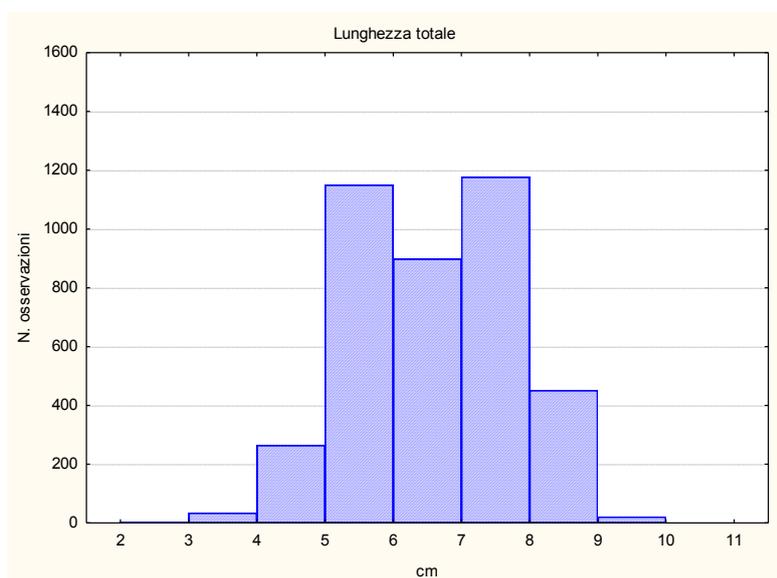


Fig.4.1 - Istogramma di frequenza della lunghezza totale.

Il campione è molto abbondante e ben distribuito, essendo costituito da 3998 esemplari (Tab.4.1) la cui lunghezza totale (LT) oscilla da un minimo di 2,8 cm ad un massimo di 10,10 cm, per un valore medio pari a

2,30 g; anche l'età del campione utilizzato nella ricerca è ben rappresentativa della longevità della specie: i valori dei latterini analizzati sono compresi fra un minimo di 0,333 e un massimo di 4,00 anni, con un'età media pari a 2,07 anni. Per un subcampione di 1255 esemplari è stata misurata anche la lunghezza standard (LS), i cui valori oscillano fra un minimo di 2,40 e un massimo di 2,80 cm, per una media di 5,92 cm.

Maggiori informazioni sulla composizione del campione si possono ricavare dall'analisi dei grafici riportati nelle figure 4.1-3 che riportano gli istogrammi di frequenza dei parametri biometrici presi in considerazione dalla ricerca.

Per quanto riguarda la lunghezza totale (Fig.4.1), nel campione analizzato sono ben rappresentati soprattutto gli esemplari aventi dimensioni comprese fra 4,00 e 9,00 cm, mentre meno abbondanti sono le classi degli individui con dimensioni comprese fra 3 e 4 cm e fra 9 e 10 cm. Nelle taglie più piccole la composizione del campione risente della selettività degli attrezzi utilizzati per il campionamento (Bagenal, 1985; Pompei *et al.*, 2012); la carenza delle classi di maggiori dimensioni, invece, è legata alle caratteristiche biologiche della specie che difficilmente raggiunge dimensioni superiori a 10 cm (Leonardos e Sinis, 2000; Andreu-Soler *et al.*, 2002; Bartulovic *et al.*, 2004; Chrisafi *et al.*, 2007).

RISULTATI

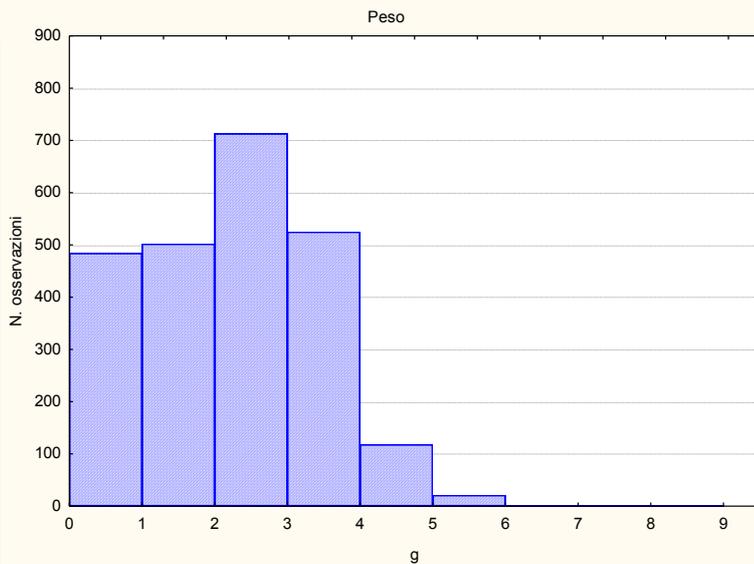


Fig.4.2 - Istogramma di frequenza del peso.

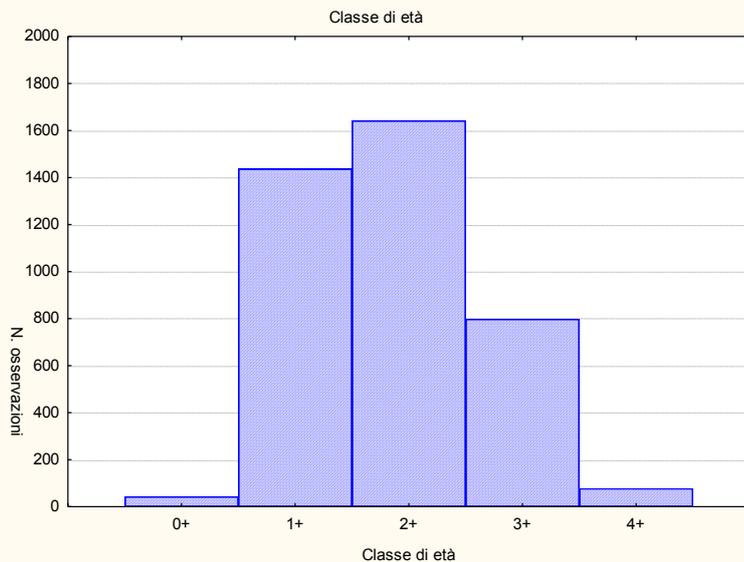


Fig.4.3 - Istogramma di frequenza dell'età.

Più omogenea è la composizione del campione dal punto di vista della distribuzione del peso (Fig.4.2): molto ben rappresentate sono tutte le classi da 0 a 4 g, mentre nelle taglie ancora superiori le frequenze si riducono drasticamente e in modo progressivo.

Per quanto riguarda le classi di età, ancora una volta risultano sottorappresentati nel campione gli esemplari più piccoli, costituiti in questo caso dai giovani nati nell'anno (0+), mentre le coorti più abbondanti sono composte dagli esemplari 1+ e 2+; con l'invecchiamento le frequenze diminuiscono anche se la classe 3+ risulta ancora molto numerosa, mentre nettamente più scarsi sono gli individui 4+.

4.1.1 - Composizione del campione disaggregato per sesso

Il campione di sesso femminile è costituito da 583 esemplari (Tab.4.2), la cui lunghezza totale (LT) oscilla da un minimo di 3,5 cm ad un massimo di 10,10 cm, per un valore medio pari a 7,33 cm; il loro peso varia fra un minimo di 0,23 e un massimo di 6,88 g, per un valore medio di 2,72 g; anche l'età del campione di sesso femminile utilizzato nella ricerca è ben rappresentativa della longevità della specie: i valori

sono infatti compresi fra un minimo di 0,5 e un massimo di 4,00 anni, con un'età media pari a 2,56 anni.

Per quanto riguarda il campione maschile, esso è composto di 411 esem-

	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
LT (cm)	583	7.329	3.500	10.100	1.314
Peso (g)	583	2.721	0.229	6.876	1.289
Età (anni)	583	2.563	0.500	4.000	0.795

Tab.4.2 - Statistica descrittiva delle femmine.

RISULTATI

	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
LT (cm)	411	6.658	3.300	8.800	1.209
Peso (g)	411	2.008	0.189	4.418	0.996
Età (anni)	411	2.171	0.417	4.000	0.729

Tab.4.3 - Statistica descrittiva del campione maschile.

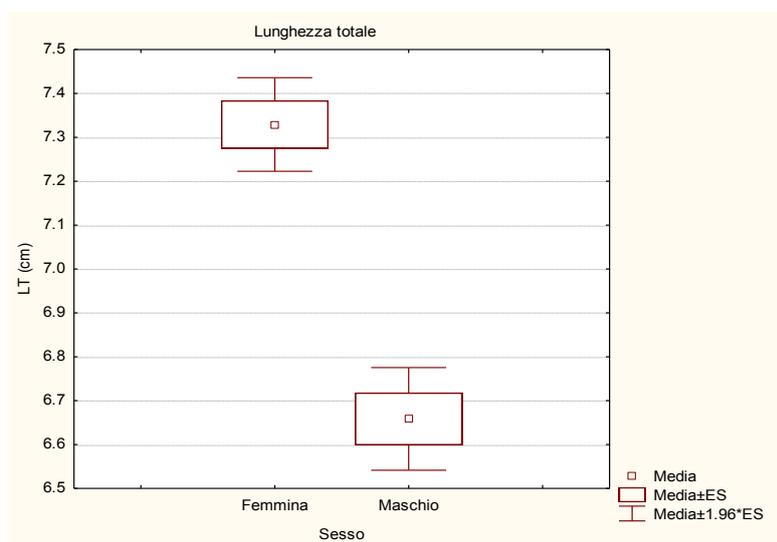


Fig.4.4 - LT: confronto fra i sessi.

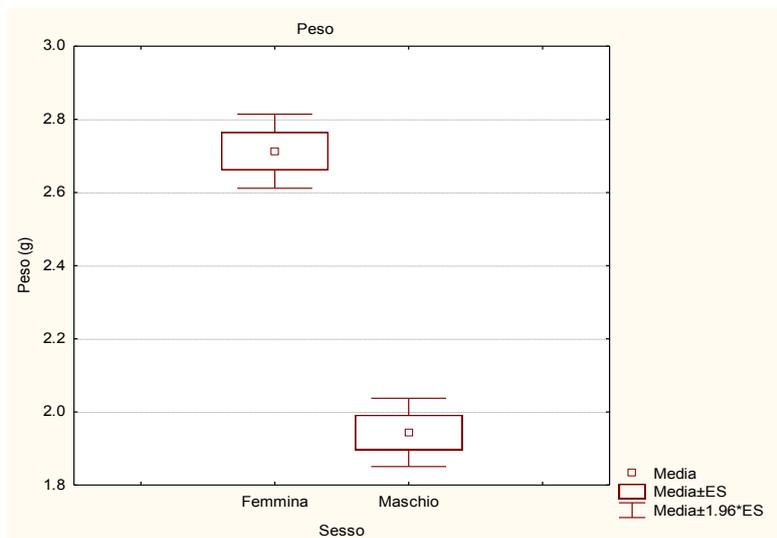


Fig.4.5 - Peso: confronto fra i sessi.

plari (Tab.4.3), aventi lunghezza totale (LT) che oscilla da un minimo di 3,3 cm ad un massimo di 8,8 cm, per un valore medio pari a 6,66 cm; il peso varia fra un minimo di 0,19 e un massimo di 4,42 g, per un valore medio di 2,01 g; l'età è compresa fra un minimo di 0,42 e un massimo di 4,00 anni, con una media pari a 2,17 anni.

Nei grafici delle figure 4.4-6 sono riportati i plot Box and Whiskers con il confronto fra i due sessi di LT, peso ed età. Le femmine risultano nettamente più anziane (Fig.4.6) e pertanto anche di taglia maggiore (Fig.4.4) e più pesanti (Fig.4.5) rispetto ai maschi; al *t-test* tali differenze risultano altamente significative per tutti i parametri confrontati (LT: $t = 67,08$; $p = 001$) (peso: $t = 109,60$; $p = 001$) (età: $t = 62,77$; $p = 001$).

4.1.2 - Rapporto fra i sessi

Nel campione analizzato il rapporto fra i sessi risulta altamente variabile in funzione dell'età (Fig.4.7). I ma-

schisti prevalgono nelle età più giovani, costituendo il 58,82% del totale dei giovani dell'anno 0+ (rapporto = 1 femmina ogni 1,43 maschi) e il 54,90% della classe 1+ (rapporto 1:1,22). Con l'avanzare dell'età le femmine divengono sempre più frequenti e predominano sui maschi a partire dalla 2+, nella quale questi ultimi rappresentano il 43,32% (rapporto 1:0,76); nella classe di età successiva (classe 3+) i maschi scendono ulteriormente al 37,07% (rapporto 1:0,59), per

RISULTATI

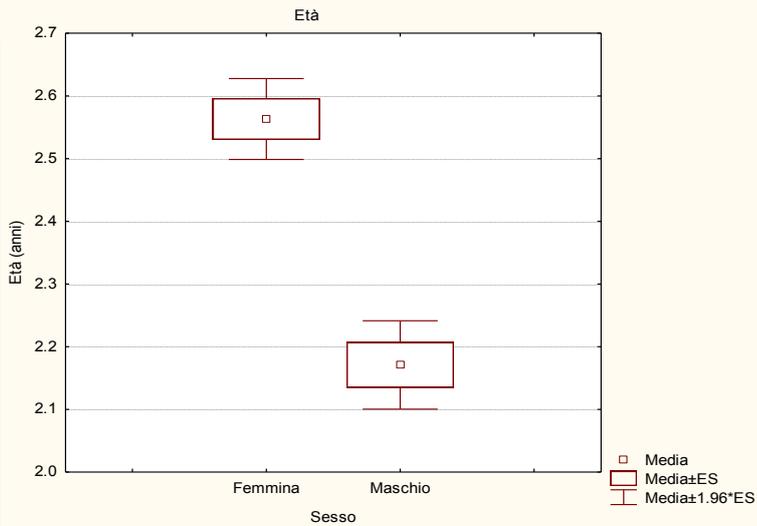


Fig.4.6 - Età: confronto fra i sessi.

scompare quasi del tutto fra gli esemplari ancora più anziani (classe 4+), dove assommano soltanto al 6,56% del totale (rapporto 1:0,07).

4.2 - Relazione lunghezza standard - lunghezza totale

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

$$LS = 0,0858 + 0,872 LT \quad (R^2 = 0,993,$$

$$r = 0,997, p = 0,001) \text{ (Fig.4.8).}$$

Nelle femmine l'equazione che mette in relazione le due grandezze è pari a:

$$LS = -0,0844 + 0,87224 LT \quad (R^2 = 0,993; r = 0,997; p = 0,001) \text{ (Fig.4.9);}$$

mentre nei maschi la stessa relazione è descritta dalla seguente equazione:

$$LS = -0,1003 + 0,8733 LT \quad (R^2 = 0,991; r = 0,995; p = 0,001) \text{ (Fig.4.9).}$$

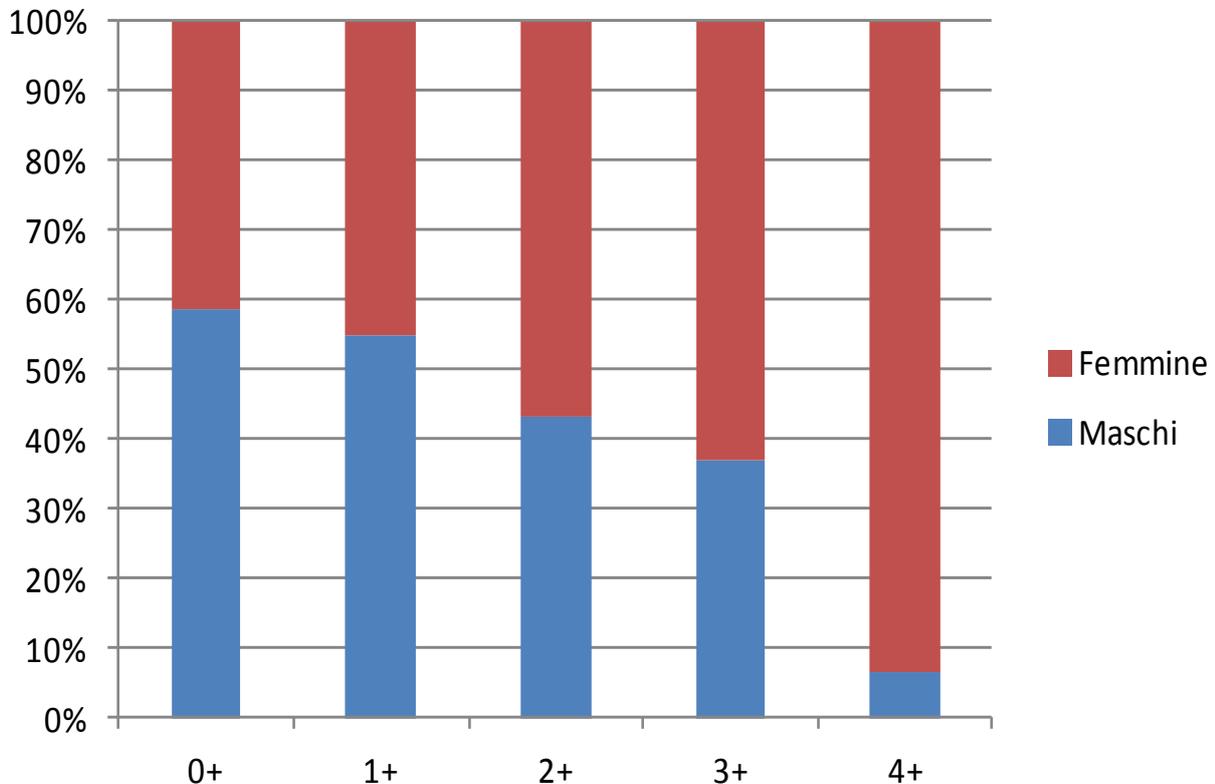


Fig.4.7 - Età: confronto fra i sessi.

RISULTATI

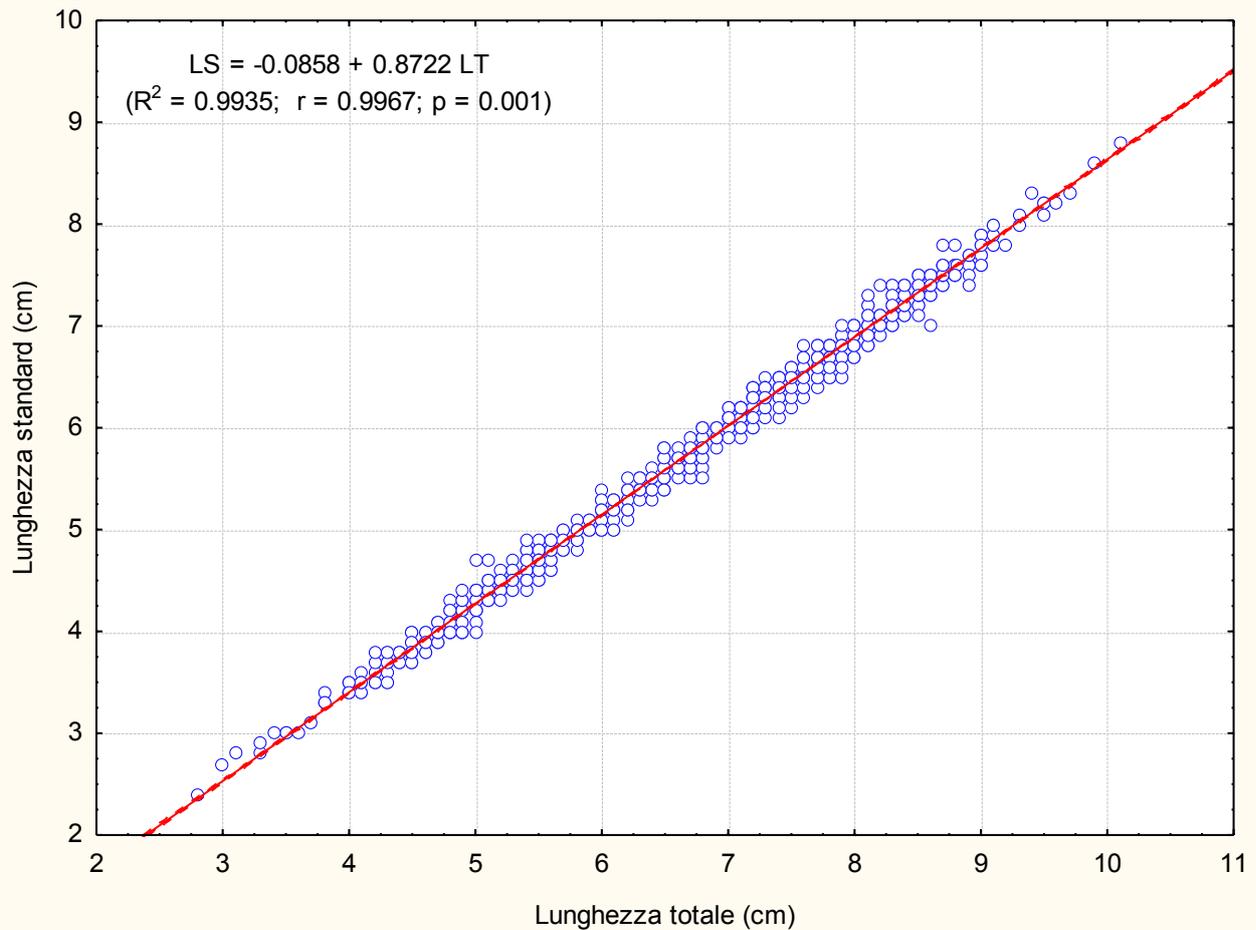


Fig.4.8 - Regressione LT-LS.

In tutti i casi la relazione che lega le due grandezze è direttamente proporzionale e altamente significativa.

Per verificare se nella popolazione di latterino del lago Trasimeno esistono differenze nelle regressioni calcolate nei due sessi è stato effettuato un confronto mediante analisi della covarianza (Ancova). L'analisi ha dimostrato che parità di lunghezza totale (media covariata = 7,048 cm) le femmine presentano una lunghezza standard media leggermente maggiore rispetto a quella tipica dei maschi (Fig.4.10); tali differenze non risultano tuttavia significative ($F = 1,554$, $p = 0,213$) al test statistico.

4.3 - Relazione lunghezza totale - peso

La relazione fra la lunghezza totale e il peso nel campione complessivo è definita dall'equazione seguente (Fig.4.11):

$$\text{Peso} = 0,0041 \text{ LT}^{3,2114} \quad (R^2 = 0,952).$$

Per quanto concerne i due sessi, la medesima relazione è definita dalle seguenti equazioni:

RISULTATI

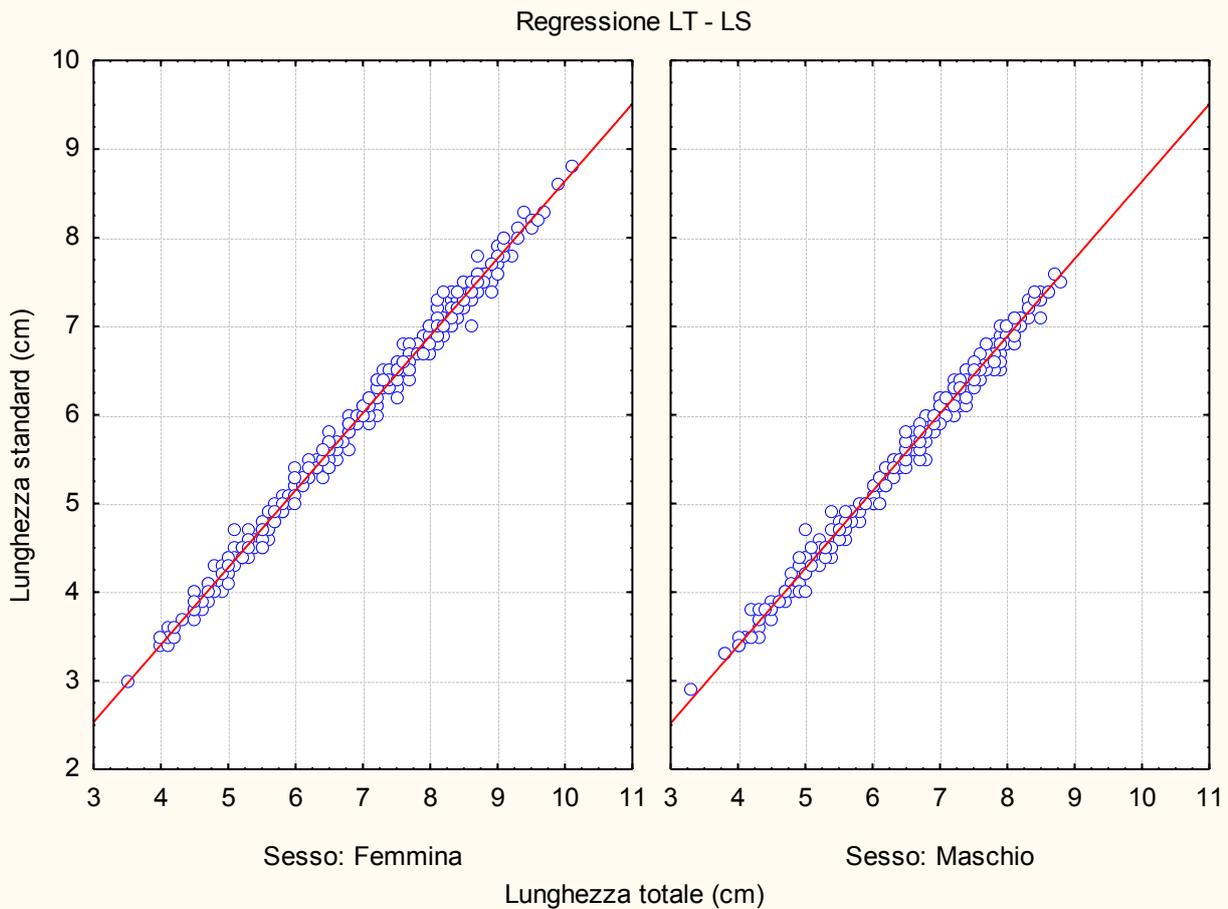


Fig.4.9 - Regressione LT - LS nel campione disaggregato per sesso.

$$\text{Peso} = 0,0047 \text{ LT}^{3,1392} (\text{R}^2 = 0,956)$$

per le femmine e

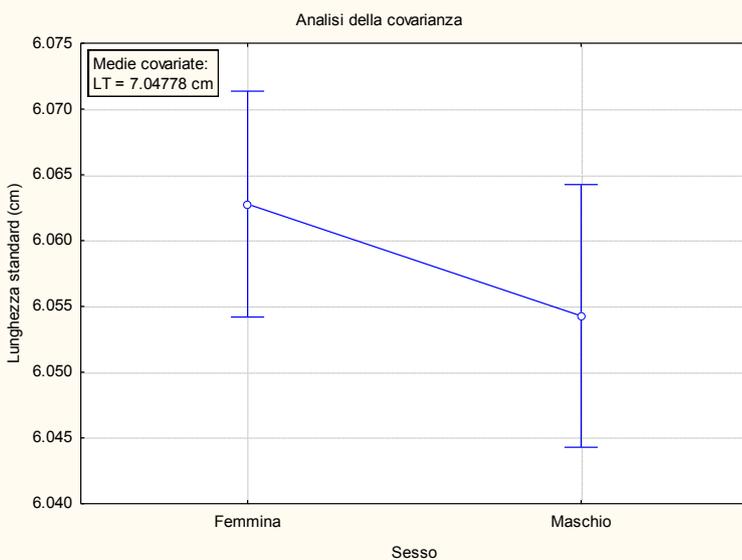


Fig.4.10 - Ancova: confronto fra i sessi nella regressione LT - LS.

$$\text{Peso} = 0,0043 \text{ LT}^{3,1685} (\text{R}^2 = 0,968)$$

per i maschi.

Il valore del coefficiente di regressione (b) risulta sempre nettamente superiore a 3, valore che indica la presenza di un accrescimento di tipo isometrico (Ricker, 1975): nel lattirino l'accrescimento avviene quindi con modalità allometriche positive ed è tale che la lunghezza aumenta in modo meno che proporzionale rispetto alle altre dimensioni dello

RISULTATI

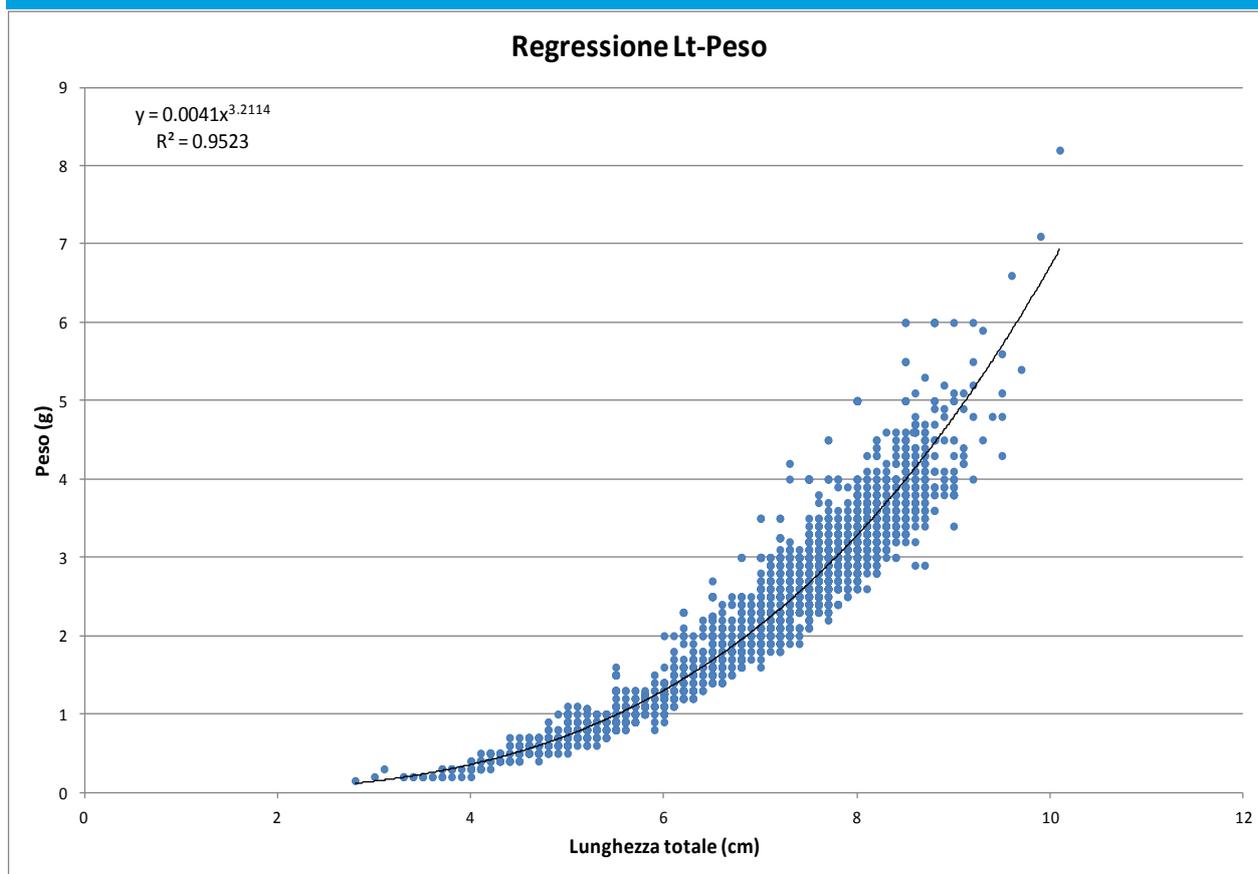


Fig.4.11 - Regressione LT - Peso nel campione complessivo.

spazio. Il valore del coefficiente di regressione è maggiore nei maschi ($b = 3,169$) rispetto alle femmine ($b = 3,139$).

Il calcolo della regressione LT- P_T 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. Le differenze fra le due regressioni sono mostrate nella figura 4.12, mentre i risultati dell'analisi della covarianza sono illustrati nella figura 4.13. E' possibile osservare come le femmine risultino avere, a parità di lunghezza totale (media del logaritmo delle lunghezze covariate = 0,840 cm), un logaritmo del peso medio più elevato rispetto a quello dei maschi. Le differenze nei due sessi sono risultate altamente significative all'analisi della covarianza ($F = 18,933$; $p = 0,001$).

4.4 - Retrocalcolo

Il retrocalcolo è stato effettuato su 218 individui, costituiti da 108 femmine, 98 maschi e 12 immaturi.

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

RISULTATI

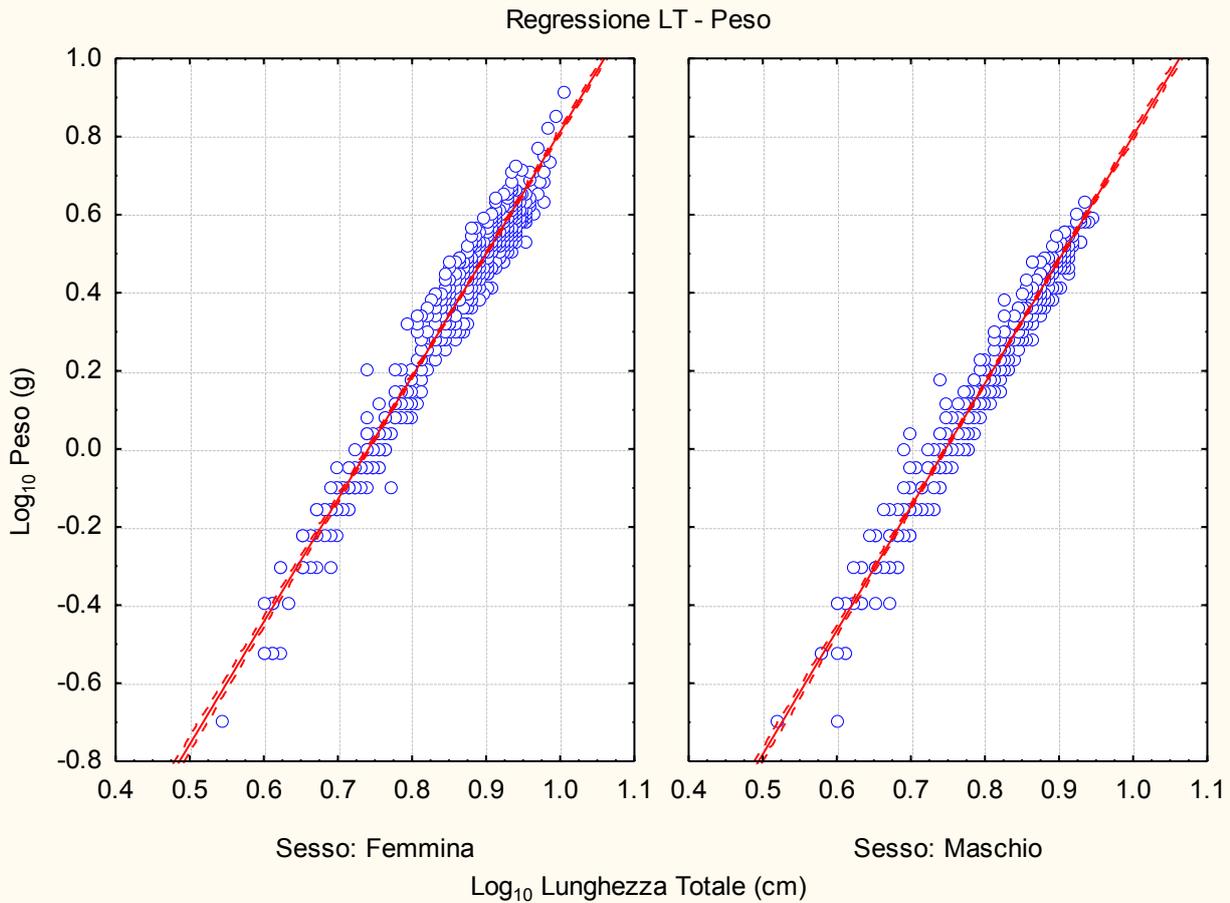


Fig.4.12 - Regressioni lunghezza totale - peso nel campione disaggregato per sesso.

$$LT = 1,614 + 60,053 R_s \quad (R^2=0,836; r = 0,915; p = 0,001) \quad (\text{Fig.4.14}).$$

La regressione tra la lunghezza standard e il raggio della scaglia per il campione maschile

è risultata pari a:

$$LT = 1,090 + 65,005 R_s \quad (R^2=0,785; r = 0,886; p = 0,001) \quad (\text{Fig.4.14}).$$

Il confronto fra i valori medi di lunghezza totale raggiunti nei due sessi a parità di covariata (R_s medio = 0,091 cm) ha evidenziato come le femmine risultino di taglia leggermente maggiore rispetto ai maschi (Fig.5.15); le differenze emerse, tuttavia, non sono risultate significative

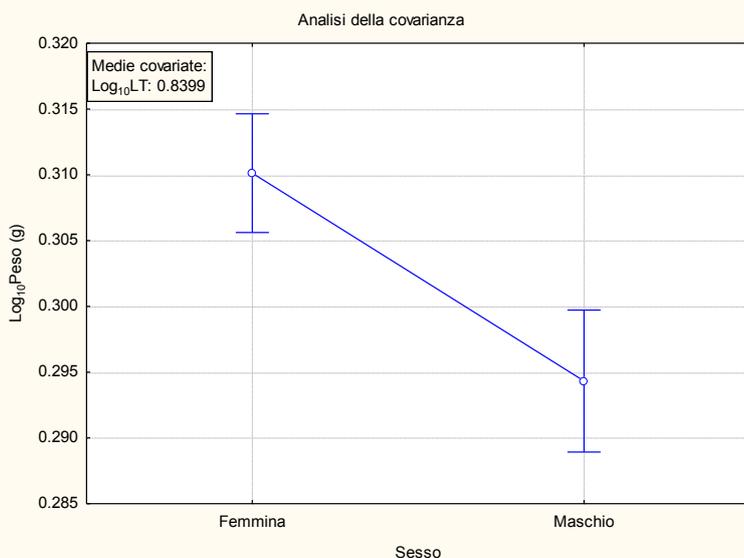


Fig.4.13 - Ancova: confronto fra i sessi nella regressione LT - peso.

al test statistico ($F = 1,002; p =$

RISULTATI

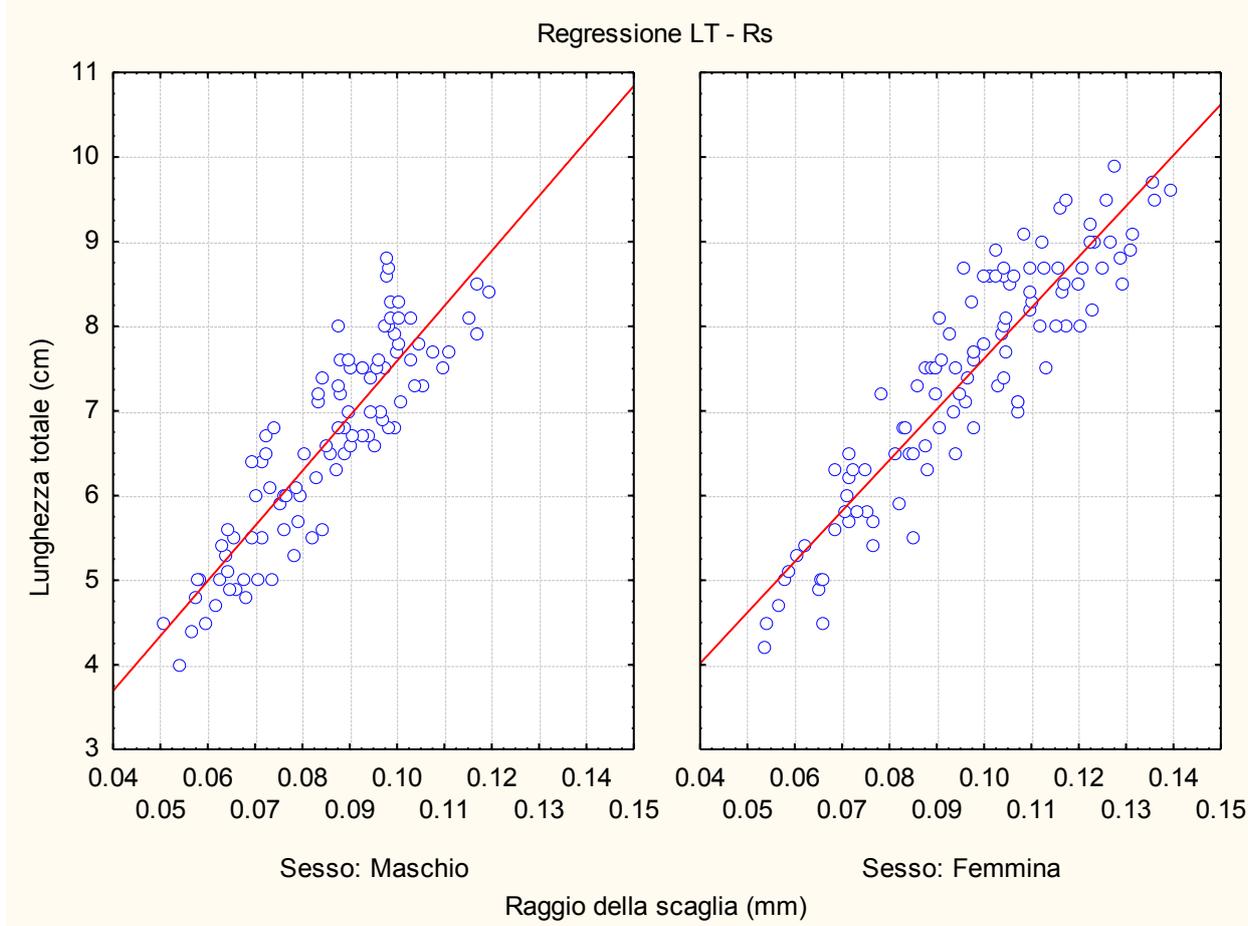


Fig.4.14 - Regressioni lunghezza totale - raggio della scaglia nel campione disaggregato per sesso.

0,318).

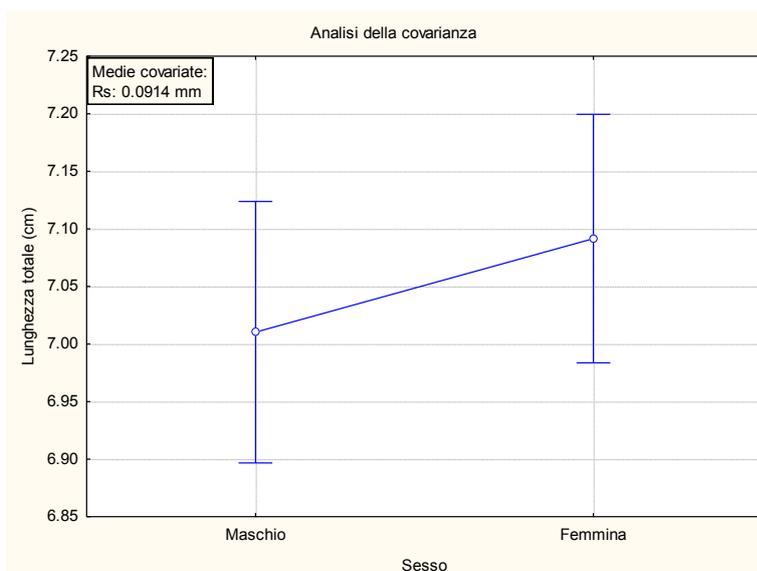


Fig.4.15 - Ancova: confronto fra i sessi nella regressione LT - Rs.

Tale risultato non giustifica quindi la separazione dell'analisi fra i due sessi e rende preferibile l'adozione di un unico modello valido per l'intero campione: la regressione tra la lunghezza standard e il raggio della scaglia per il campione complessivo è risultata pari a:

$$LT = 1,208 + 63,672 R_s \quad (R^2=0,840; \quad r = 0,917; \quad p = 0,001) \quad (\text{Fig.4.16}).$$

L'elevato valore del coefficiente di determinazione (R^2) testimonia la

RISULTATI

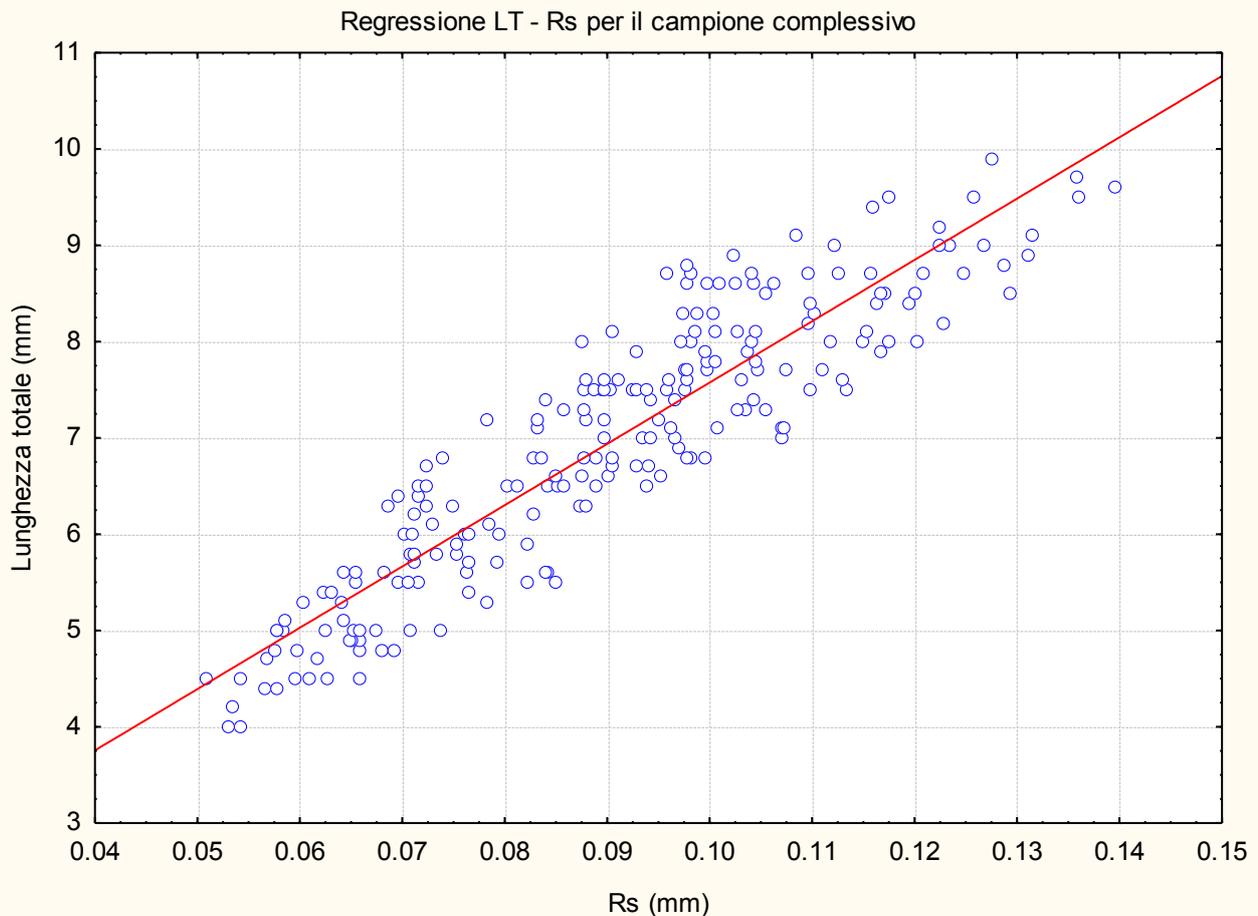


Fig.4.16 - Regressioni lunghezza totale - raggio della scaglia nel campione complessivo.

validità delle misure, giustifica l'adozione di un modello lineare per analizzare la relazione fra LT e Rs e legittima l'uso dell'equazione di Lee-Fraser nel retrocalcolo (Bagenal, 1978): infatti in questo caso l'equazione è lineare e dà origine ad una retta non passante per l'origine.

L'analisi delle scaglie utilizzate per il retrocalcolo ha permesso di evidenziare che il latterino tende a formare l'annulo in primavera (intorno al mese di aprile), in coincidenza con l'avvio del periodo riproduttivo. Le lunghezze raggiunte alle varie età e determinate mediante il retrocal-

Età	N.	Lunghezze medie all'età ± err.std (cm)			
		1	2	3	4
1	78	4.108±0.044			
2	92	4.288±0.029	6.132±0.043		
3	46	4.314±0.031	6.152±0.065	7.6950±0.069	
4	2	4.534±0.168	6.461±0.047	7.727±0.063	8.410±0.018
media	218	4.232±0.022	6.143±0.036	7.697±0.066	8.410±0.018

colo sono riportate nella tabella 4.4: le lunghezze totali medie dei latterini risultano di 4,23 cm al termine del primo anno di vita, di 6,14 cm a due anni, di 7,70 cm a tre anni e di 8,41 cm a quattro anni.

I valori medi retrocalcolati alle varie

Tab.4.4 - Lunghezze retrocalcolate nel campione totale.

RISULTATI

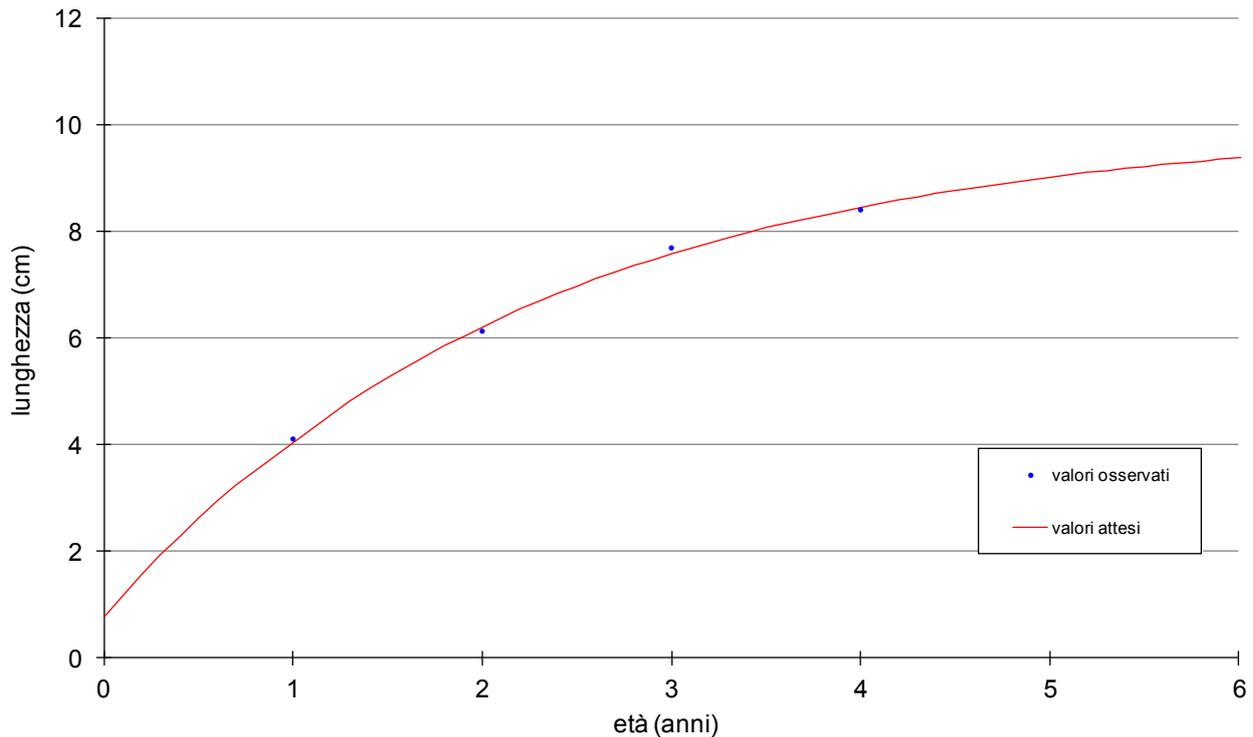


Fig.4.17 - Accrescimento teorico in lunghezza dai dati retrocalcolati.

età sono stati utilizzati nell'analisi dell'accrescimento teorico in lunghezza (Von Bertalanffy, 1938); nell'analisi sono stati utilizzati esclusivamente i valori relativi all'ultimo annulo (Lorenzoni *et al.*, 2002c): l'uso delle lunghezze retrocalcolate di tutti gli annuli è abbastanza comune negli studi di accrescimento, ma nelle popolazioni in cui insiste il fenomeno di Lee ciò può portare ad una sotto o sovrastima dei parametri dell'equazione (Vaughan e Burton, 1994).

Nel caso del latterino del Trasimeno l'equazione trovata è pari a:

$$LT_t = 10.031 \{1 - e^{-0.443(t+0.180)}\} \quad (R^2 = 0,998) \text{ (Fig.4.17).}$$

Il valore di Φ' , parametro che permette di confrontare accrescimenti diversi (Pauly e Munro, 1984; Abella *et al.*, 1994), è pari a 1,649.

4.5 - Fenomeno di Lee

Età	Lunghezze degli esemplari (n)		Lunghezze degli esemplari (n+1)		Z	p
	N.	Media ± err. std	N.	Media ± err. std		
1	78	4.108±0.044	140	4.300±0.021	3.797	0.001
2	92	6.132±0.043	48	6.165±0.063	0.527	0.598
3	46	7.695±0.069	2	7.727±0.063	0.206	0.836

L'analisi del fenomeno di Lee è stata effettuata per il campione complessivo, senza distinzione fra i sessi; i risultati sono riportati nella tabella 4.5. Il confronto fra le lunghezze totali retrocalcolate alle va-

Tab.4.5 - Analisi del fenomeno di Lee.

RISULTATI

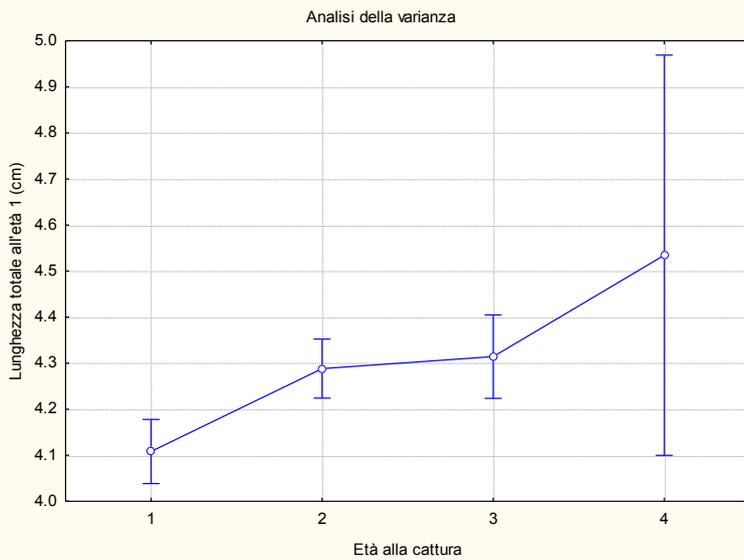


Fig.4.18 - Analisi della varianza: confronto fra le lunghezze retrocalcolate al primo annulo in esemplari di età diverse.

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 (classe 0+) che avvantaggia quelli di maggiori dimensioni (Lorenzoni *et al.*, 2002b e 2002c). 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 ((Bagenal, 1985; Pompei *et al.*, 2012).

L'analisi della varianza condotta confrontando le lunghezze retrocalcolate al primo annulo (L_1) degli esemplari aventi età progressivamente più elevate ($n = 1, 2, 3$ e 4) ha evidenziato come le lunghezze medie degli esemplari più anziani risultino progressivamente crescenti (Fig. 4.18), con differenze che sono risultate altamente significative al test statistico ($F = 6,790$; $p = 0,001$). Questo risultato appare particolarmente importante ai fini degli obiettivi della ricerca, poiché evidenzia come la popolazione di latterino del lago Trasimeno possa essere considerata afflitta da un problema di forte competizione intraspecifica per le risorse, che causa l'esistenza di una mortalità differenziale che penalizza gli esemplari non in grado di accedere ad un'adeguata quantità di alimento: tale competizione, quindi, riduce la capacità di accrescersi degli esemplari svantaggiati che a loro volta saranno caratterizzati da una probabilità di sopravvivenza meno elevata soprattutto nel periodo invernale, quando le condizioni ambientali appaiono più fortemente penalizzanti soprattutto per chi non ha avuto modo di provvedere ad immagazzinare una sufficiente scorta di riserve energetiche. Tale risultato sembra inoltre confutare l'ipotesi che la pesca

rie età (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 negli individui più vecchi ($n+i$). Le differenze fra i valori medi risultano altamente significative all'*U test* di Mann-Whitney per la classe di età 1 ($p = 0,001$), mentre non appaiono statisticamente significative per le età successive ($p > 0,05$); ciò induce ad ipotizzare l'esistenza di un fenomeno di Lee inverso, le cui origini sono da

RISULTATI

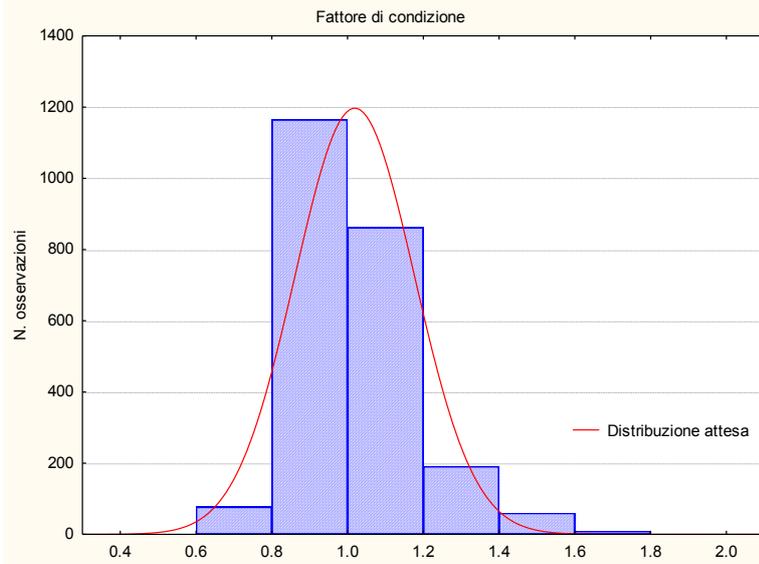


Fig.4.19 - Istogramma di frequenza del fattore di condizione nel campione complessivo.

lunghezza minori a tutte le età (L_n) negli individui più vecchi ($n+i$).

4.6 - Fattore di condizione.

	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
maschi	410	0.975	0.569	1.535	0.113
femmine	581	1.008	0.654	1.638	0.138
tutti	2366	1.019	0.569	1.935	0.158

Tab.4.6 - Statistica descrittiva del fattore di condizione (K).

La tabella 4.6 riporta la statistica descrittiva per il campione complessivo e per quello disaggregato per sesso del fattore di condizione (K); il valore medio del campione complessivo è pari a 1,019, mentre l'intervallo di variazione è molto ampio oscillando fra un valore minimo di 0,569 e un massimo di 1,935; la deviazione standard è pari a 0,158. L'istogramma della figura 4.19 riporta la distribuzione delle osservazioni del campione complessivo: è possibile osservare come il maggior numero degli esemplari presenti un fattore di condizione

Età	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
0+	7	0.942	0.730	1.217	0.172
1+	92	0.999	0.742	1.251	0.122
2+	189	1.077	0.654	1.638	0.157
3+	236	0.979	0.716	1.249	0.109
4+	57	0.928	0.780	1.244	0.106

Tab.4.7 - Statistica descrittiva del fattore di condizione (K) disaggregato per età nelle femmine.

prossimo alla media, con la massima concentrazione dei dati compresa fra i valori di 0,8 e 1,2. Dal fattore di condizione disaggregato per sesso risulta che le femmine (K = 1,008) sono in condizioni mediamente migliori rispetto ai maschi

possa nel contempo costituire nel lago Trasimeno una pressione almeno altrettanto forte rispetto alla competizione intraspecifica: in presenza di una mortalità selettiva indotta dalla pesca professionale o più in generale dalla presenza di predatori naturali si sarebbe dovuto osservare l'emergere del fenomeno di Lee diretto, consistente in un vantaggio selettivo per gli esemplari di più ridotte dimensioni, con l'esistenza nel retrocalcolo di valori medi di lunghezza

minori a tutte le età (L_n) negli individui più vecchi ($n+i$).

La tabella 4.6 riporta la statistica descrittiva per il campione complessivo e per quello disaggregato per sesso del fattore di condizione (K); il valore medio del campione complessivo è pari a 1,019, mentre l'intervallo di variazione è molto ampio oscillando fra un valore minimo di 0,569 e un massimo di 1,935; la deviazione standard è pari a 0,158. L'istogramma della figura 4.19 riporta la distribuzione delle osservazioni del campione complessivo: è possibile osservare come il maggior numero degli esemplari presenti un fattore di condizione

RISULTATI

Età	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
0+	10	0.950	0.789	1.128	0.108
1+	112	0.997	0.569	1.483	0.141
2+	146	0.982	0.760	1.535	0.120
3+	138	0.955	0.784	1.123	0.071
4+	4	0.916	0.883	0.987	0.048

Tab.4.8 - Statistica descrittiva del fattore di condizione (K) disaggregato per età nei maschi.

($K = 0,975$)(Tab. 4.6); i maschi presentano, inoltre, anche valori leggermente meno variabili rispetto alle femmine: l'intervallo in cui K è compreso per le femmine oscilla da 0,654 a 1,638, mentre quello dei maschi oscilla tra 0,569 e 1,535. Al t-test le differenze fra i valori medi calcolati

nei due sessi sono risultate altamente significative ($t = 15,867$; $p = 0,001$).

La tabella 4.7 riporta i valori di K per il campione di sesso femminile disaggregato per classe di età: il valore medio più alto, pari a 1,077, è raggiunto dalla classe 2+, mentre il valore

	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
maschi	376	0.930	0.560	1.525	0.112
femmine	502	0.947	0.642	1.611	0.116
tutti	880	0.940	0.560	1.611	0.115

Tab.4.9 - Statistica descrittiva del fattore di condizione somatico (Ks).

medio più basso si osserva per gli esemplari 4+, nei quali K è pari a 0,928.

Per quanto riguarda i maschi, i risultati dell'analisi di statistica descrittiva sono riportati nella tabella 4.8: anche in questo caso il valore medio

di K più basso è tipico della classe di età 4+, in cui risulta pari a 0,916, mentre la condizione migliore caratterizza in questo sesso gli esemplari 1+ per i quali il valore medio è pari a 0,997. Le differenze fra le classi di età nei valori medi di K sono risultate altamente significative nelle femmine ($F = 22,411$; $p = 0,001$) e significative nei maschi ($F = 2,775$; $p = 0,026$).

4.6.1 - Fattore di condizione somatico

Il fattore di condizione somatico (Ks) 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 suo ciclo riproduttivo (Pompei *et al.*, 2012).

La tabella 4.9 riporta i dati relativi alla statistica descrittiva del campione complessivo e del campione disaggregato per sesso. Il valore medio di Ks per il campione complessivo è pari a 0,940, con un intervallo di variazione che oscilla fra un minimo di 0,560 ed un massimo di 1,611; la deviazione standard è pari a 0,115. Il fattore di condizione somatico presenta nelle femmine un valore medio superiore a quello dei maschi, essendo pari a 0,947 nelle prime e a 0,930

RISULTATI

Età	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
0+	6	0.954	0.715	1.200	0.173
1+	86	0.992	0.728	1.241	0.118
2+	153	0.993	0.642	1.611	0.128
3+	217	0.911	0.687	1.214	0.087
4+	40	0.876	0.714	1.180	0.086

Tab.4.10 - Statistica descrittiva del fattore di condizione somatico (Ks) disaggregato per età nelle femmine.

Età	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
0+	9	0.961	0.782	1.120	0.097
1+	104	0.971	0.560	1.372	0.135
2+	132	0.946	0.739	1.525	0.107
3+	127	0.879	0.701	1.052	0.071
4+	4	0.847	0.769	0.959	0.090

Tab.4.11 - Statistica descrittiva del fattore di condizione somatico (Ks) disaggregato per età nei maschi.

nei secondi; le osservazioni sono comprese in un range variabile fra 0,642 e 1,611 nelle femmine e fra 0,560 e 1,525 nei maschi.

Di notevole importanza è il dato che emerge dal confronto tra i sessi nel

fattore di condizione somatico: analogamente a quanto osservato per i

valori di K, anche la condizione so-

matica è migliore nelle femmine

rispetto ai maschi, con differenze

nei valori medi che al *t*-test sono

risultate statisticamente significative

($t = 5,265$; $p = 0,02$). Ciò evidenzia

come le discrepanze fra i due sessi

non siano soltanto la conseguenza di

un maggiore investimento riproduttivo negli ovari rispetto ai testicoli, ma permangono anche avendo escluso il contributo delle gonadi alla biomassa individuale.

La tabella 4.10 riporta i valori dell'indice di condizione somatica per il campione di sesso femminile disaggregato per classe di età: l'andamento è molto simile a quanto osservato per K e il valore medio più alto di Ks, pari a 0,993, è raggiunto dalla classe 2+, mentre il valore medio più basso si osserva per gli esemplari 4+ per i quali la media è pari a 0,876.

Per quanto riguarda i maschi, i risultati dell'analisi di statistica descrittiva sono riportati nella tabella 4.11. Anche in questo caso esiste una perfetta corrispondenza con quanto visto a proposito della condizione generale: ancora una volta il valore medio più basso fra tutti quelli osservati è tipico della classe di età 4+, in cui risulta pari a 0,847, mentre la condizione somatica migliore caratterizza gli esemplari 1+, nei quali si osserva un valore medio pari a 0,971. Le differenze nei valori medi di Ks fra le classi di età sono risultate altamente significative tanto nelle femmine ($F = 20,899$; $p = 0,001$), quanto nei maschi ($F = 12,945$; $p = 0,001$).

4.6.2 Confronto fra condizione e condizione somatica

Dal confronto della condizione generale con la condizione somatica è possibile trarre importanti informazioni relativamente all'investimento riproduttivo e al ciclo di maturazione delle

RISULTATI

Confronto fra le classi di età nel campione disaggregato per sesso

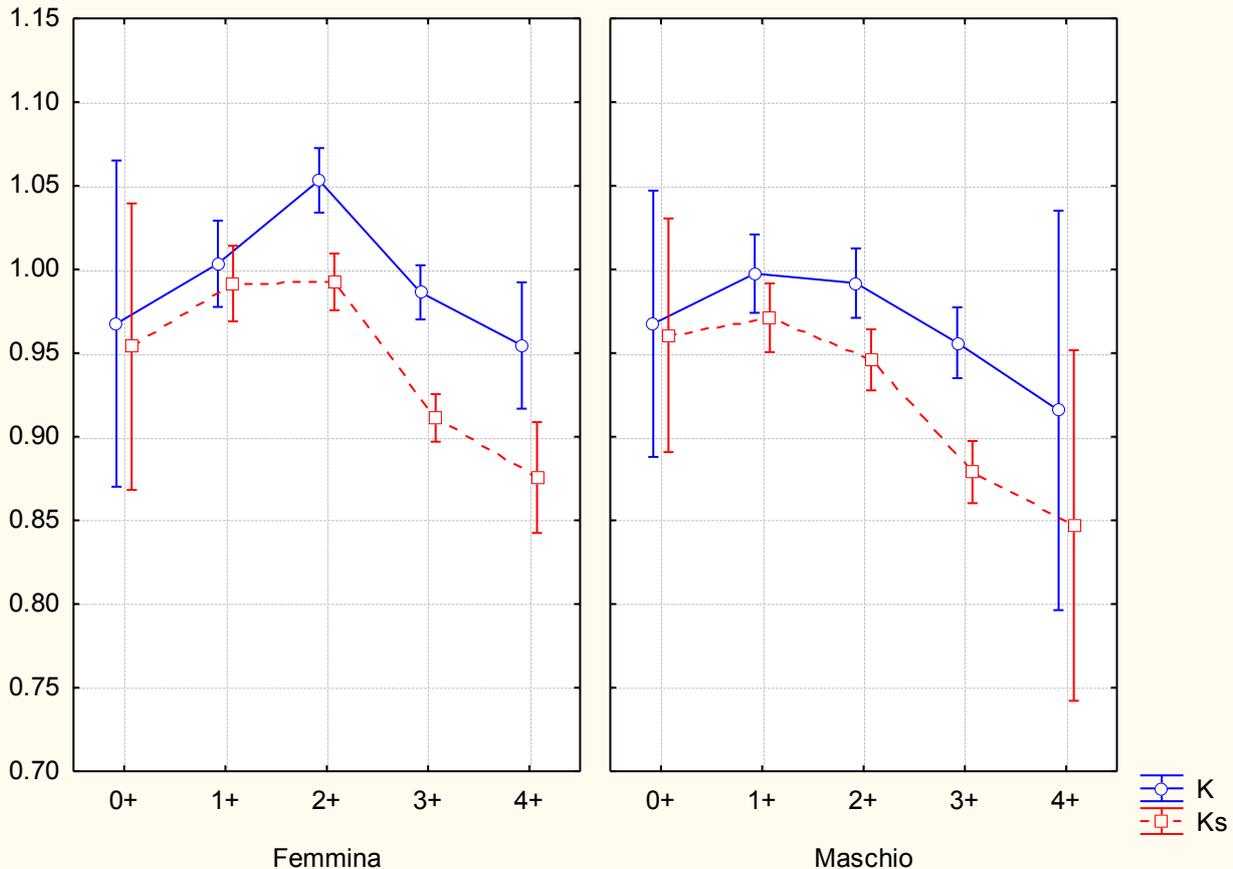


Fig.4.20 - Confronto fra i sessi dell'andamento della condizione (K) e nella condizione somatica (Ks) nel campione disaggregato per classe di età.

gonadi. I valori medi di K e Ks, riportati nelle tabelle 4.6 e 4.9, evidenziano come il primo parametro risulti nettamente superiore al secondo nel campione complessivo, in quello di sesso maschile e in quello femminile, con differenze che sono risultate altamente significative al *t*-test (complessivo: $t = 13,657$; $p = 0,001$)(maschi: $t = 5,697$; $p = 0,000$)(femmine: $t = 7,794$; $p = 0,000$).

Particolarmente utile si è rivelato anche il confronto fra i valori di K e Ks nelle varie classi di età nel campione disaggregato per sesso; i risultati del confronto sono illustrati nel grafico della figura 4.20, mentre i valori medi calcolati sono riportati nelle tabelle 4.7-8 per quanto riguarda il fattore di condizione (K) e nelle tabelle 4.10-11 per il fattore di condizione somatico (Ks). L'analisi permette di evidenziare come l'investimento riproduttivo, dato nel grafico dalla spazio che separa le spezzate di K e Ks, sia elevato in entrambi i sessi e vada generalmente crescendo con l'età, con un incremento nelle femmine più pronunciato nella classe 2+ rispetto alle età precedenti. Per il resto i due andamenti sono abbastanza simili: la condizione somatica cresce nelle

RISULTATI

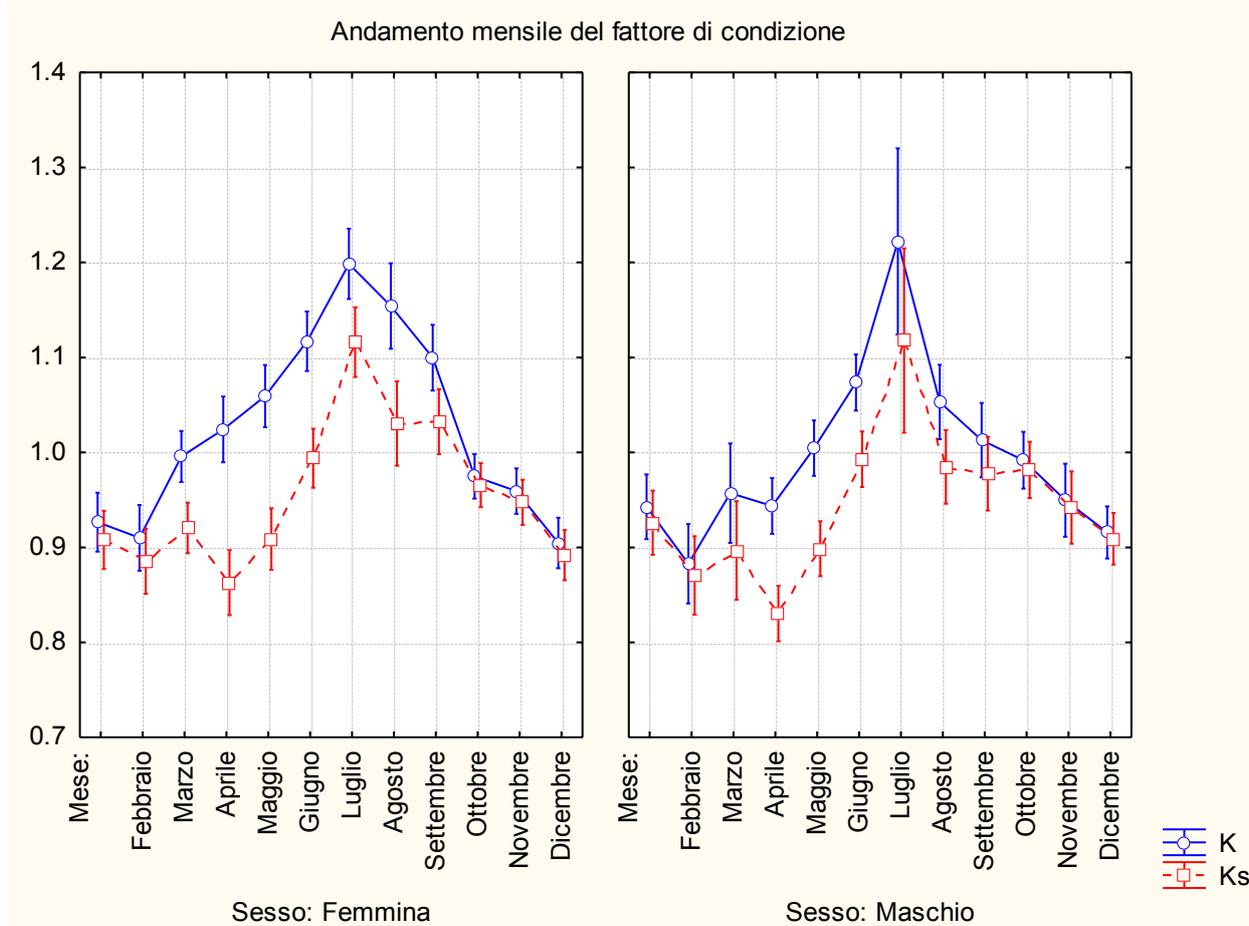


Fig.4.21 - Andamento mensile della condizione (K) e della condizione somatica (Ks) nel campione disaggregato per sesso.

femmine dalla classe 0+ alla successiva 1+, rimane stabile nell'anno seguente e poi decresce progressivamente e in modo molto rapido nelle classi successive; nei maschi l'andamento è molto simile, ad eccezione del fatto che dopo un incremento rispetto ai giovani dell'anno (0+) il decremento nella condizione somatica si registra già a partire dalla classe 2+. Nel confronto fra i valori medi le differenze fra le classi di età ed il sesso non sono risultate statisticamente significative né per K ($F = 1,616$; $p = 0,168$), né per Ks ($F = 0,575$; $p = 0,681$). Alla luce di quanto emerso dall'analisi del fenomeno di Lee, effettuata nel paragrafo precedente, sembra ipotizzabile che gli effetti negativi della competizione intraspecifica vadano accentuandosi con l'accrescimento e siano particolarmente evidenti in entrambi i sessi soprattutto nelle classi di età più anziane (3+ e 4+).

Particolarmente utile e interessante si è rivelato anche il confronto fra i valori di K e Ks nei vari mesi dell'anno nel campione disaggregato per sesso (Fig.4.21), mediante il quale è stato possibile trarre fondamentali indicazioni sullo sviluppo ponderale delle gonadi maschili e fem-

RISULTATI

minili e quindi sul ciclo riproduttivo della popolazione. Dall'analisi dei grafici è innanzi tutto possibile osservare come, a parte un investimento riproduttivo leggermente maggiore nelle femmine, le differenze fra i sessi sono in generale molto contenute, con due andamenti mensili che sono praticamente sovrapponibili. Si evidenzia anche come in entrambi i sessi la condizione somatica permane molto bassa in tutto il periodo invernale e nella parte iniziale della primavera, da dicembre fino ad aprile, mese in cui in assoluto lo stato di benessere degli individui è al minimo annuale. E' evidente che in questo periodo, alle criticità della stagione invernale dovute alle basse temperature e alla scarsa abbondanza di cibo, si sovrappone anche l'allocazione di energia dovuta allo sviluppo delle gonadi che inizia proprio a partire da febbraio, mese dal quale il divario fra i valori medi di K e di K_s comincia ad aumentare. Luglio è il mese in cui entrambi i parametri sono al massimo livello, in parte come conseguenza dell'investimento riproduttivo, ma anche evidentemente per la capacità di avere accumulato una buona scorta di riserve energetiche grazie all'abbondanza di plancton che caratterizza il lago Trasimeno nei mesi primaverili; da luglio in poi la condizione generale inizia a calare progressivamente e con continuità fino a raggiungere i minimi invernali. In questa fase la condizione somatica ha un andamento parzialmente diversificato rispetto alla condizione generale: fra luglio e agosto si osserva una netta diminuzione dello stato di benessere della popolazione, ma nei mesi seguenti i valori medi di K_s rimangono abbastanza stabili e ciò a differenza di quanto osservato per K : solo a partire da settembre nelle femmine, e da ottobre nei maschi, la condizione somatica riprende il proprio declino fino ai minimi annuali di aprile.

Nei latterini del lago Trasimeno il massimo incremento delle gonadi, denunciato dalla distanza che separa l'andamento di K da quello di K_s , si realizza a marzo; il volume delle gonadi aumenta ulteriormente nel mese successivo, rimane abbastanza stabile fino a maggio, mentre a partire da questo mese inizia a declinare lentamente fino a luglio. Da luglio in poi la riproduzione continua ancora, ma le gonadi risultano meno sviluppate rispetto ai mesi precedenti: tale disparità sembra caratterizzare maggiormente i testicoli, con differenze nel volume delle gonadi fra i due periodi che sono quindi più accentuate nei maschi. A settembre c'è ancora la coda finale della riproduzione, che a ottobre risulta definitivamente conclusa: da questo mese fino a febbraio gli andamenti di K e K_s sono quasi perfettamente sovrapponibili, a testimoniare che le gonadi permangono in fase quiescente.

All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi mensili sono risultate altamente significative sia per K ($F = 36,43$; $p = 0,001$), sia per K_s ($F = 22,49$; $p = 0,001$). Sempre

RISULTATI

all'anova altamente significative risulta anche la differenza fra i valori medi mensili di K nei due sessi ($F = 2,95$; $p = 0,001$), mentre non altrettanto avviene per Ks ($F = 0,99$; $p = 0,452$): ciò dimostra che evidentemente l'investimento riproduttivo non è propriamente uguale nei due sessi, mentre il ciclo stagionale incide sulla condizione somatica allo stesso modo nei due sessi.

4.7 - Indice Gonado-Somatico (G.S.I.)

	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
femmine	502	5.609	0.203	29.092	5.799
maschi	376	5.057	0.034	25.801	4.915
tutti	878	5.373	0.034	29.092	5.442

Tab.4.12 - Statistica descrittiva del GSI.

La tabella 4.12 mostra la statistica descrittiva dell'indice gonado-somatico (GSI) nei due sessi e per il campione complessivo. Il valore medio del GSI risulta solo leggermente maggiore nelle femmine rispetto ai

maschi: nelle prime è pari a 6,61 e oscilla tra un minimo di 0,20 e un massimo di 29,09, mentre nei secondi ha valore medio di 5,06 con un intervallo di variazione che risulta compreso tra un minimo di 0,03 e un massimo di 25,80.

In figura 4.22 è riportato il grafico Box and Whiskers che evidenzia le differenze esistenti fra i due sessi. Al t -test, comunque, il confronto fra maschi e femmine nel valore medio di tale parametro non ha rilevato la presenza di differenze significative ($t = 2,214$; $p = 0,137$): l'investimento riproduttivo nel latterino è mediamente elevato in entrambi i sessi e le gonadi nella loro massima estensione raggiungono poco meno del 30% dell'intera massa corporea.

Le variazioni mensili dell'indice gonado-somatico nei due sessi sono riportate nel grafico della figura 4.23, nella quale è possibile osservare come gli andamenti siano abbastanza simili,

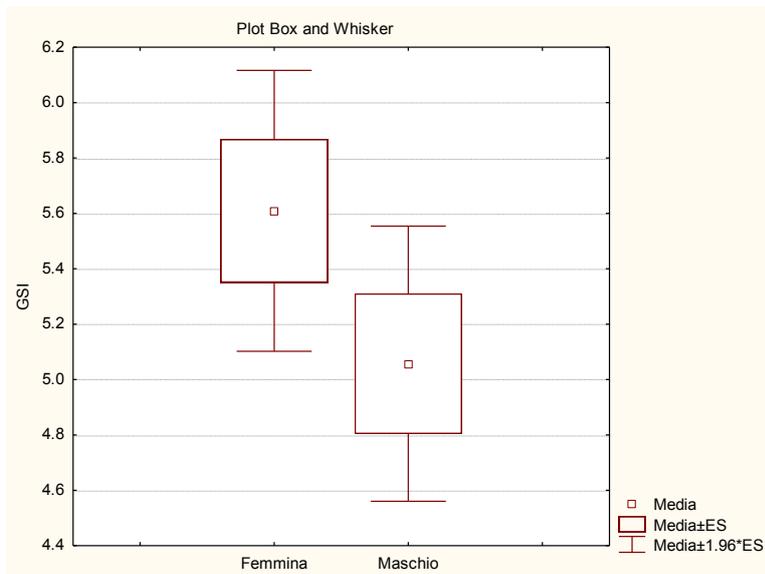


Fig.4.22 - Confronto fra i sessi nel GSI.

se si eccettua la presenza di valori medi più accentuati nel GSI delle femmine durante i periodi di massimo sviluppo degli ovari e il comportamento nei mesi estivi di luglio e agosto. Da ottobre a febbraio lo stadio sviluppo delle gonadi in entrambi i sessi è quasi nullo ed è solo a partire da febbraio che il GSI inizia ad aumentare: in questo periodo la crescita è molto rapida fino a rag-

RISULTATI

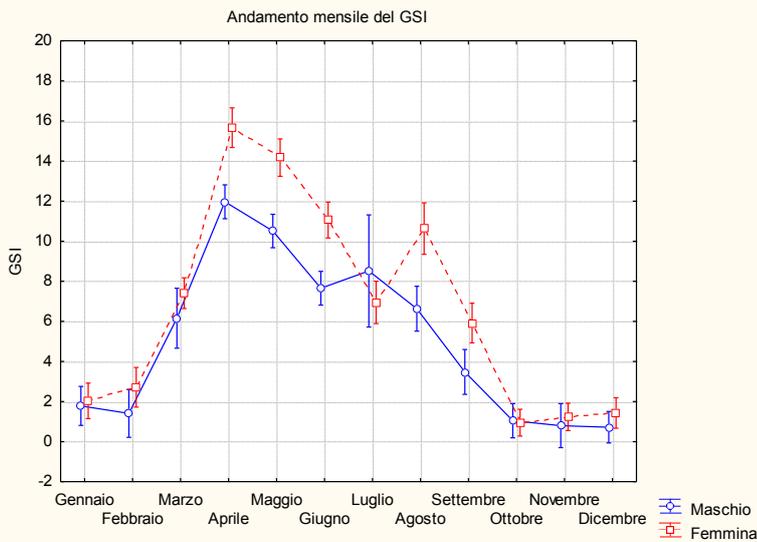


Fig.4.23 - Andamento mensile del GSI nei due sessi.

giungere ad aprile il valore medio più alto in assoluto, pari a poco meno del 16% della massa corporea totale nelle femmine e al 12% nei maschi. A maggio e nei mesi successivi l'indice gonado-somatico inizia a calare, riducendo i propri valori medi: successivamente tale tendenza si inverte e a giugno nei maschi e a luglio nelle femmine si osserva un secondo massimo relativo nel GSI, molto più pronunciato nelle femmine,

tanto da fare registrare in questo sesso la presenza di una massa degli ovari ancora pari al 10% del peso corporeo. Il letterino si riproduce in un arco temporale molto prolungato e le uova

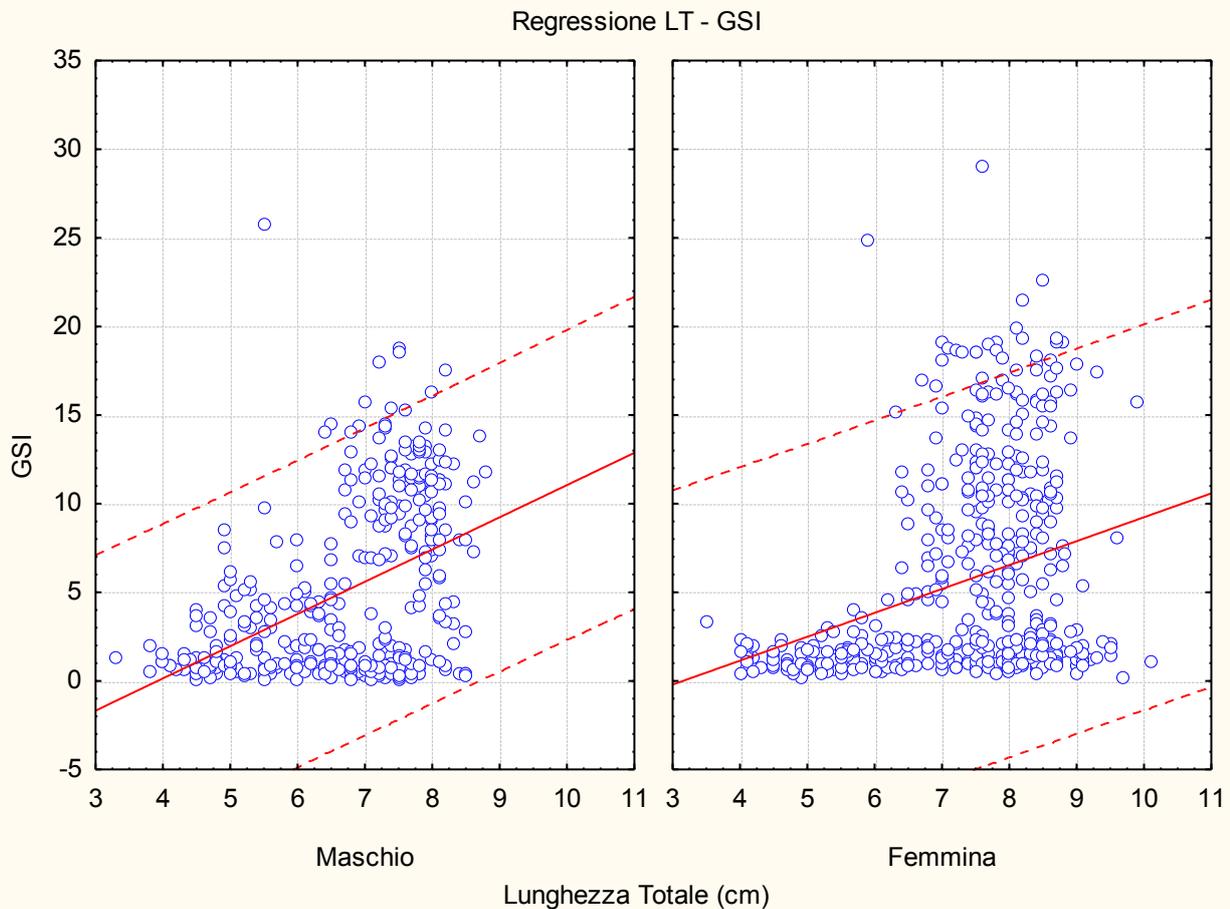


Fig.4.24 - Regressione LT - GSI nel campione disaggregato per sesso.

RISULTATI

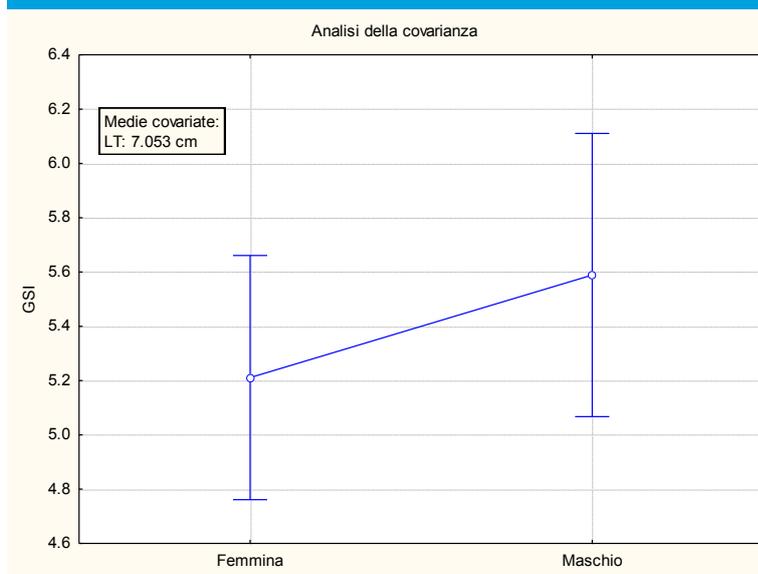


Fig.4.25 - Regressione LT-GSI: confronto fra i sessi.

maturano un poco per volta: è comunque possibile che nonostante questa modalità continua di deposizione, in questa fase stagionale si abbia un secondo picco di sviluppo delle uova, meno importante di quello primaverile ma comunque tale da far incrementare di nuovo i valori del GSI. Nei mesi successivi la riproduzione continua ancora e le gonadi continuano progressivamente a svuotarsi del loro contenuto fino a raggiungere i minimi valori nel GSI

che sono registrati a ottobre, quando in entrambi i sessi la riproduzione è sicuramente conclusa e le gonadi entrano in stato di quiescenza, che manterranno fino al mese di febbraio. Il valore del GSI nei mesi di settembre e ottobre nella popolazione del latterino del lago Trasimeno cala di circa il 5% nelle femmine e del 2,5% nei maschi, passando rispettivamente dal 6% e dal 3,5% all'1% circa dell'intera massa corporea.

All'analisi della varianza fattoriale le differenze fra i valori medi del GSI sono risultate altamente significative nel confronto del campione disaggregato per mese di campionamento ($F = 200,205$; $p = 0,001$), nel confronto nel campione disaggregato per sesso ($F = 49,011$; $p = 0,001$) e nel confronto nel campione disaggregato per mese e per sesso ($F = 5,555$; $p = 0,001$).

La relazione esistente fra l'indice gonado-somatico e la lunghezza totale (in cm) è stata calcolata separatamente nei due sessi ed i risultati riportati nella figura 4.24. La relazione trovata per il campione femminile è di tipo lineare ed è risultata pari a:

$$GSI = -4,254 + 1,349 LT \quad (R^2 = 0,097; r = 0,312; p = 0,001).$$

Anche per i maschi la relazione è di tipo lineare, in questo caso descritta dalla seguente equazione:

$$GSI = -7,134 + 1,818 LT \quad (R^2 = 0,200; r = 0,447; p = 0,001).$$

In entrambi i casi la correlazione fra le due variabili è positiva e altamente significativa: si evidenzia quindi come nel latterino del Trasimeno all'aumentare delle dimensioni dei pesci esista la tendenza ad un incremento nel valore del GSI, che avviene in modo pressoché identico nei

RISULTATI

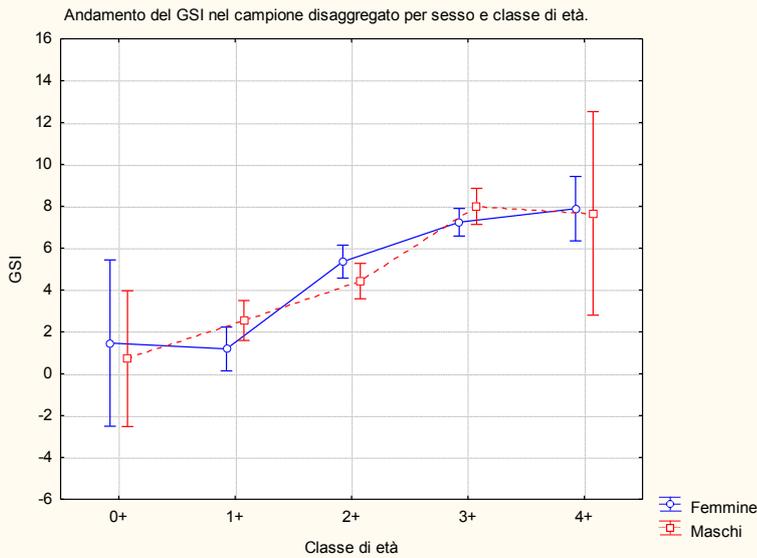


Fig.4.26 - Andamento del GSI nel campione disaggregato per sesso e classe di età.

del GSI nelle varie classi di età. Il comportamento del GSI (Fig.4.26) è molto simile nei due sessi e mostra una chiara tendenza ad aumentare nel proprio valore medio in funzione dell'età. Il valore medio del GSI è molto basso e prossimo all'unità in entrambi i sessi nei giovani dell'anno (0+) e nella classe 1+ tende a rimanere costante nelle femmine, mentre aumenta leggermente nei maschi; nelle età successive esiste in entrambi i sessi una chiara tendenza all'incremento dell'investimento riproduttivo, tanto che nei maschi il picco massimo nel valore medio del GSI viene raggiunto nella classe 3+, alla quale fa seguito un leggero decremento, mentre nelle femmine la tendenza all'aumento è continua e prosegue fino alla classe 4+, che raggruppa gli esemplari più anziani dell'intera popolazione.

All'analisi della varianza fattoriale le differenze fra i valori medi del GSI sono risultate altamente significative nel confronto del campione disaggregato per classe di età ($F = 44,060$; $p = 0,001$); la stessa significatività non è stata osservata nel confronto nel campione disaggregato per sesso ($F = 0,003$; $p = 0,954$) e nel confronto nel campione disaggregato per classe di età e per sesso ($F = 1,844$; $p = 0,118$). Si conferma quindi come l'investimento riproduttivo tenda ad aumentare costantemente in funzione dell'età (e quindi della taglia), ma anche come ciò avvenga in modo perfettamente corrispondente sia nei maschi che nelle femmine.

4.8 - Biologia riproduttiva

4.8.1 - Periodo riproduttivo

Vengono considerate mature le gonadi, sia maschili che femminili, che hanno raggiunto il

due sessi. All'analisi della covarianza, infatti, le differenze fra le regressioni calcolate nei due sessi non sono risultate statisticamente significative ($F = 1,129$; $p = 0,288$): a parità di lunghezza totale (7,053 cm) i maschi dimostrano di possedere un GSI leggermente più elevato delle femmine (Fig.4.25).

Per chiarire ancora più in dettaglio la relazione che lega l'indice gonadosomatico alla taglia dei riproduttori è stato anche analizzato l'andamento

RISULTATI

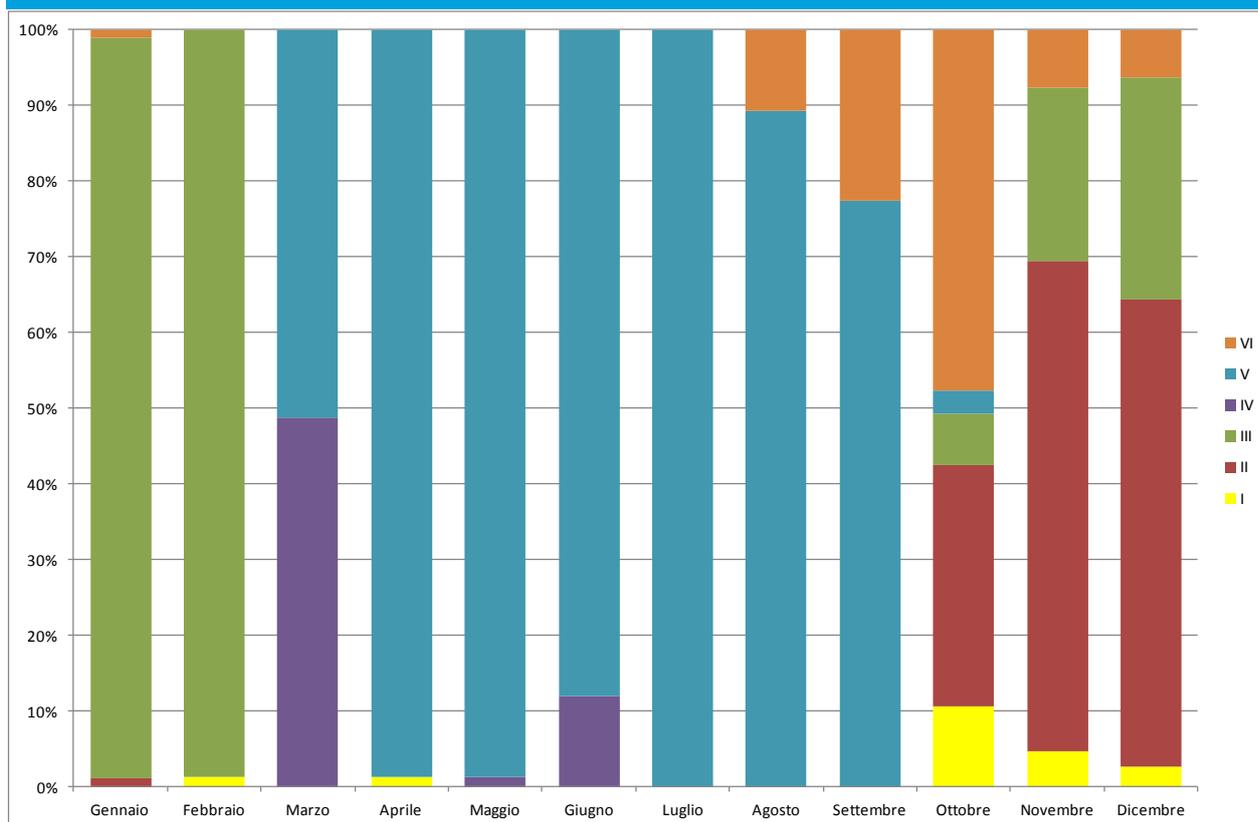


Fig.4.27 - Periodo riproduttivo nel campione complessivo.

IV stadio; al V stadio gli individui stanno compiendo la loro riproduzione, mentre al VI stadio la riproduzione è già avvenuta. La figura 4.27 riporta le osservazioni sul numero degli individui con gonadi ai diversi stadi di maturazione durante tutto l'anno di campionamento: l'analisi è stata condotta senza tenere conto della distinzione del sesso, visti i risultati delle analisi precedenti che hanno evidenziato una sostanziale omogeneità nelle modalità riproduttive dell'intera popolazione di latterino del lago Trasimeno. Si osserva che nei primi mesi dell'anno (gennaio e febbraio) la gran parte del campione analizzato presenta gonadi al III stadio, quindi si deve ancora preparare per la riproduzione; a gennaio una piccolissima quota del campione ha gonadi ancora quiescenti (II stadio = 1,08%) o appena svuotate (VI stadio = 1,08%), mentre a febbraio l'1,23% presenta gonadi al I stadio (gonadi immature): si tratta in questo caso di alcuni individui, nati dagli eventi riproduttivi delle stagioni precedenti che non hanno ancora raggiunto la maturità sessuale. A marzo la maturazione delle gonadi avviene molto rapidamente e in questo mese tutti gli esemplari analizzati hanno gonadi mature (IV stadio = 48,84%) o si stanno già riproducendo (V stadio = 51,16%). In aprile e in maggio la riproduzione è al culmine: il 98,68% degli esemplari nel primo caso e il 98,77% nel secondo si sta attivamente riproducendo (V stadio). Ad aprile a queste quote si deve aggiungere una percentuale pari all'1,32% di esemplari ancora immatu-

RISULTATI

ri (I stadio), mentre a maggio c'è l'1,23% degli individui che presenta gonadi al IV stadio (gonadi mature): si tratta molto probabilmente degli ultimi giovani nati nell'anno precedente (1+), probabilmente maschi, che stanno rapidamente crescendo e che, recuperando rapidamente le dimensioni adatte, si apprestano a raggiungere la maturità sessuale e a riprodursi per la prima volta. A giugno la quota nella popolazione degli esemplari in riproduzione è ancora largamente maggioritaria (V stadio = 87,95%), ma cresce ulteriormente rispetto al mese precedente la percentuale degli individui che presenta gonadi mature, ma non ancora in grado di riprodursi (IV stadio = 12,05%). A luglio il 100% della popolazione è in riproduzione e presenta gonadi al V stadio di maturazione; in questo mese le analisi precedenti avevano dimostrato l'esistenza di un secondo picco riproduttivo: a questo punto è chiaro che ciò è probabilmente dovuto al fatto che agli esemplari più anziani si unisce anche il contributo dei alcuni giovani che avendo raggiunto ora la piena maturità sessuale si accingono a riprodursi per la prima volta in questo periodo. La riproduzione prosegue ancora ad agosto, settembre e in piccola parte anche a ottobre, ma le proporzioni degli esemplari in riproduzione (V stadio) tende progressivamente a diminuire, ricoprendo rispettivamente percentuali pari al 189,36%, 77,42% e 3,03%; contemporaneamente cresce la quota degli esemplari con gonadi svuotate e che quindi hanno cessato di riprodursi (VI stadio): a agosto sono il 10,64%, valore che incrementa al 22,58% di settembre e al 47,73% di ottobre. A ottobre nella popolazione fanno anche la loro comparsa con abbondanze di un certo rilievo anche gli esemplari al I (individui immaturi = 10,61%), al II (individui con gonadi quiescenti = 31,81%) e al III stadio (individui con gonadi in maturazione = 6,82%), assenti in precedenza. A novembre e dicembre nessun individuo presenta gonadi mature (IV stadio = 0,00%) o è in riproduzione (V stadio = 0,00%), mentre sono contemporaneamente presenti gli individui di tutte le altre categorie, con un andamento che risulta progressivamente decrescente per gli esemplari immaturi (I stadio: novembre = 4,76%; dicembre = 2,68%), così come anche per gli individui con gonadi quiescenti (II stadio: novembre = 64,76%; dicembre = 61,61%), mentre appare in incremento negli individui che hanno gonadi in maturazione (III stadio: novembre = 22,86%; dicembre = 29,46%). In questo periodo finale dell'anno, evidentemente, la popolazione sta avanzando nella progressione della nuova fase riproduttiva, grazie anche al contributo degli ultimi nati (0+) che si riprodurranno per la prima volta nella successiva stagione. La riproduzione, quindi, nella popolazione del lago Trasimeno avviene in modo continuo e si sviluppa durante un periodo molto lungo, che si estende da marzo a ottobre. A settembre, mese in cui si propone di anticipare l'inizio del prelievo da parte dei pescatori di professione, una quota consistente della

RISULTATI

popolazione è ancora interessata dalle attività riproduttive, pari ad oltre il 77% del totale. La maturità sessuale, inoltre, sembra essere raggiunta già durante il corso del secondo anno di vita (1+), ma solo negli individui nati precocemente ad inizio primavera, mentre viene procrastinata all'anno successivo (2+) negli individui di nascita più tardiva.

4.8.2 - Fecondità assoluta (F)

	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
Fecondità assoluta (n. uova)	112	557.527	87.000	2205.000	394.914

Tab.4.13 - Statistica descrittiva della fecondità assoluta.

La tabella 4.13 mostra la statistica descrittiva del numero delle uova prodotte dalle femmine con gonadi in maturazione (IV e V stadio); la

particolarità del latterino è quella di avere negli ovari gameti a diversi stadi di sviluppo che vengono, quindi, depositi in più riprese: si sono contate per il calcolo della fecondità, tutte le uova presenti negli ovari, mentre per il diametro si sono considerate le uova che all'interno di ogni campione avevano già raggiunto la maturità, ben riconoscibili per il loro differente colore e dimensioni. Sulla base dell'analisi è stato possibile rilevare che la fecondità assoluta delle femmine è mediamente pari a $557,537 \pm 37,317$ uova; il numero delle uova prodotte è tuttavia molto

variabile con valori che oscillano fra un minimo pari a 87 e un massimo pari a 2205 uova, con una deviazione standard di 394,914. Dal grafico della figura 4.28, che rappresenta l'istogramma di frequenza della fecondità assoluta è possibile verificare anche come il numero più elevato di femmine produce un numero di uova compreso fra 200 e 400, ma frequenti sono tutte le classi comprese fra 0 e 800 uova; abbastanza frequenti sono comunque anche le femmine con

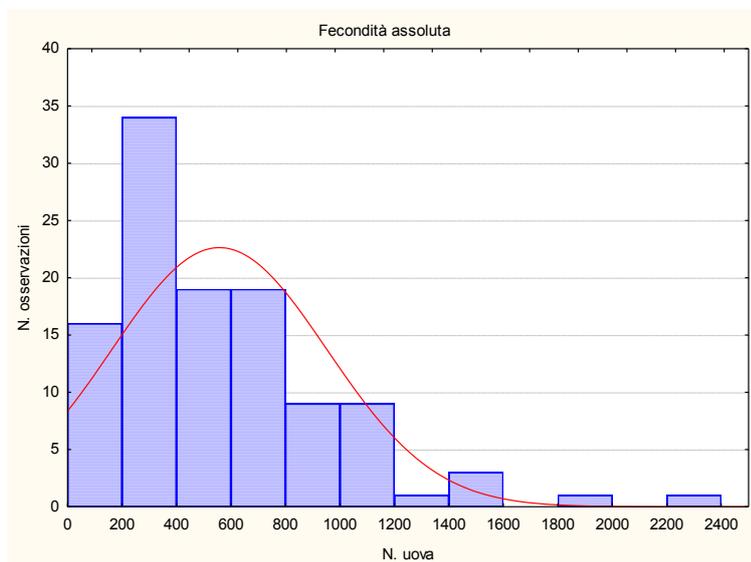


Fig.4.28 - Istogramma di frequenza della fecondità assoluta.

valori di fecondità assoluta compresi entro le 1200 uova, mentre al sopra di tale limite le osservazioni risultano rare.

La relazione esistente tra la lunghezza totale (in cm) ed il numero di uova prodotte è di tipo

RISULTATI

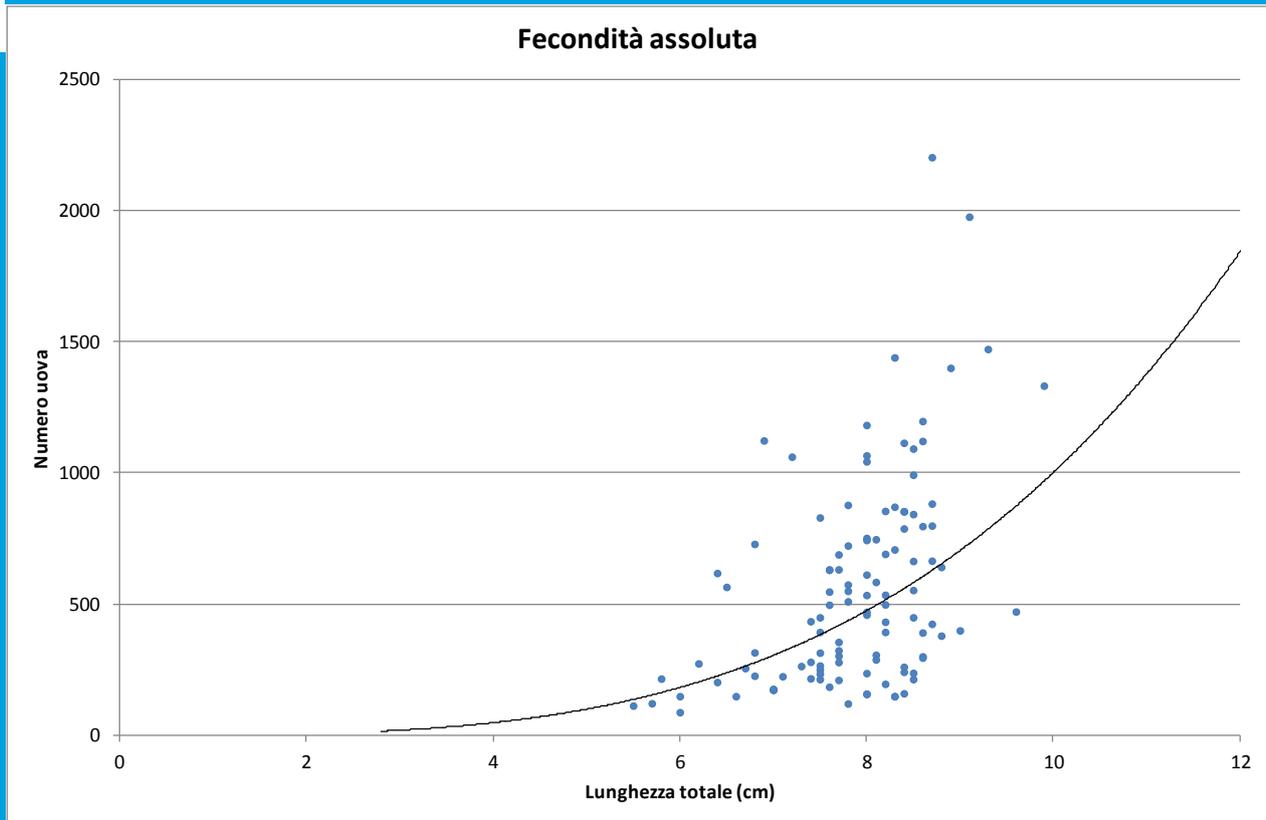


Fig.4.29 - Relazione Lt - F.

moltiplicativo e risulta pari a:

$$F = 0,446 LT^{3,351} (R^2 = 0,262; r = 0,466; p = 0,001) \text{ (Fig.4.29).}$$

L'analisi evidenzia come la variabilità delle uova prodotte è molto elevata anche negli esemplari aventi la stessa taglia: ciò è probabilmente dovuto alle particolari modalità riproduttive

della specie che, essendo a sviluppo asincrono, porta le uova a maturazione in stadi successivi e presenta contemporaneamente nell'ovario uova con caratteristiche molto diverse: esemplari catturati in periodi stagionali diversi, avendo portato a compimento parte dello sforzo riproduttivo, possono pertanto presentare negli ovari numeri di uova molto diversi. La relazione che lega le due

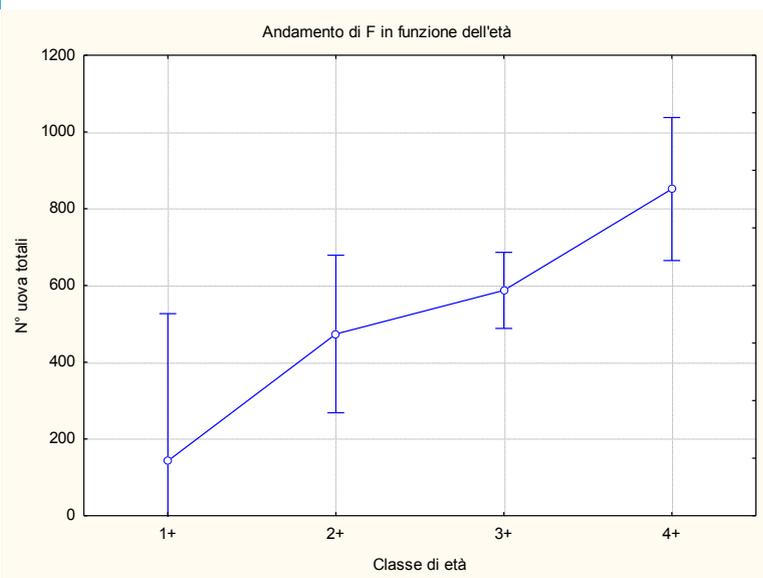


Fig.4.30 - Andamento della fecondità assoluta nel campione disaggregato per classe di età.

RISULTATI

risulta altamente significativa ($p = 0,001$) dal punto di vista statistico, segno evidente che la fecondità assoluta cresce in modo direttamente proporzionale alla taglia delle femmine.

Il campione sul quale è stata condotta l'analisi relativa alla fecondità assoluta è stato poi disaggregato per classe di età; si contano 4 classi di età a partire dalla classe 1+, che è la prima che in questo sesso raggiunge la maturità sessuale e per la quale, quindi, è stato possibile effettuare il conteggio delle uova. Dall'osservazione del grafico in figura 4.30 si nota come il numero medio delle uova prodotte dalle femmine cresca progressivamente in relazione all'età delle stesse: un esemplare appartenente alla classe 1+ presenta mediamente nell'ovario 136 ± 161 uova, valore che più che raddoppia nell'anno successivo (384 ± 68 uova), mentre l'incremento prosegue ulteriormente, ma con minore rapidità anche nelle età 3+ (587 ± 47 uova) e 4+ (831 ± 82 uova). All'analisi della varianza le differenze osservate nella fecondità assoluta media nel campione disaggregato per classe di età sono risultate altamente significative ($F = 4,781$; $p = 0,001$).

4.8.3 - Fecondità relativa (Fr)

	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
Fecondità relativa (n. uova/g)	112	166.034	36.098	537.805	106.062

La tabella 4.14 mostra la statistica descrittiva della fecondità relativa espressa come numero di uova prodotte dal-

Tab.4.14 - Statistica descrittiva della fecondità relativa.

le femmine mature in rapporto al loro peso corporeo espresso in grammi. La variabilità delle osservazioni è anche in questo caso molto alta: il valore medio è pari a $166,034 \pm 10,022$ uova/g e l'intervallo di variazione è compreso tra un minimo pari a 36 e un massimo pari a 538 uova/g.

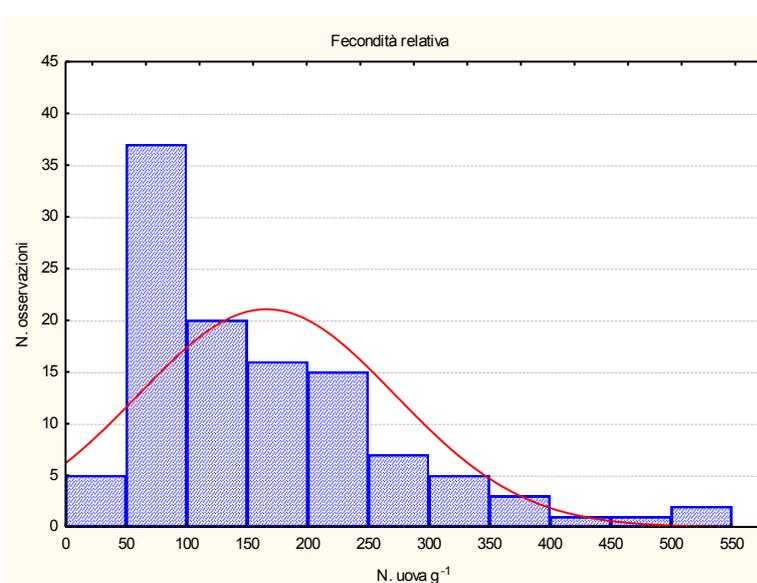


Fig.4.31 - Istogramma di frequenza della fecondità relativa.

Dal grafico della figura 4.31, che rappresenta l'istogramma di frequenza della fecondità relativa, è possibile verificare come il numero più elevato di femmine produca un numero di uova per unità di peso corporeo compreso fra 50 e 100, ma molto frequenti sono tutte le classi comprese fra 50 e 250 uova/g; al di sopra delle 250 uova/g le osservazioni divengono progressivamente sempre meno abbondanti, così come anche la

RISULTATI

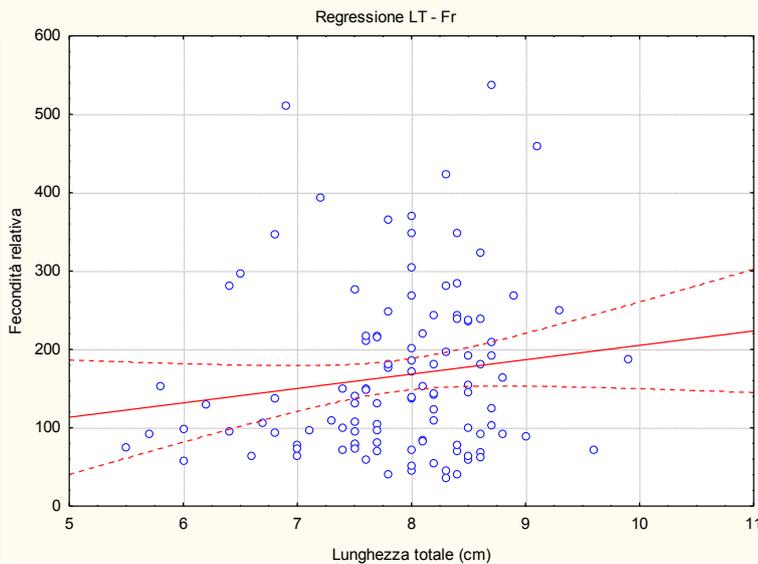


Fig.4.32 - Regressione LT - Fr.

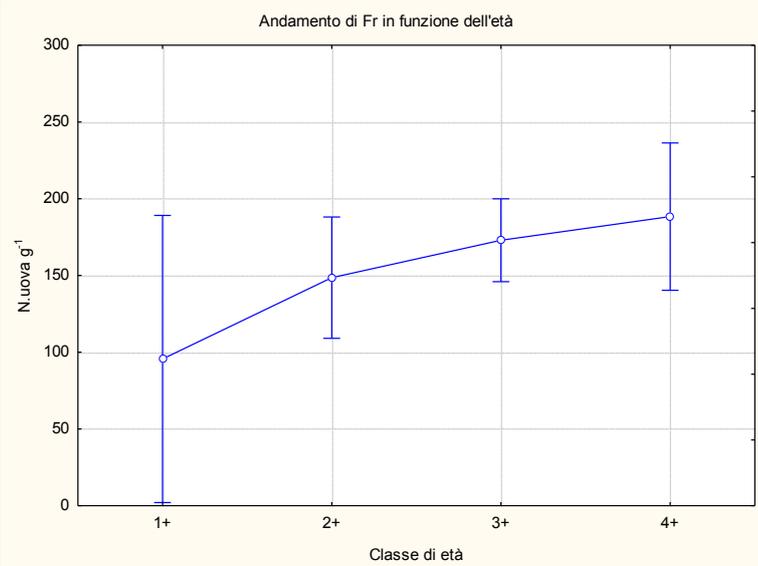


Fig.4.33 - Andamento della fecondità relativa nel campione disaggregato per classe di età.

classe di fecondità relativa 0-50 uova/g è stata rilevata in un numero molto ridotto di femmine.

La relazione esistente tra la lunghezza totale (in cm) e la fecondità relativa è di tipo lineare e risulta pari a:

$$Fr = 21,624 + 18,354 LT \quad (R^2 = 0,019; r = 0,140; p = 0,141)$$

(Fig.4.32).

Anche in questo caso la variabilità delle uova prodotte per unità di peso corporeo delle femmine è molto elevata anche a parità di taglia e a giustificazione di ciò valgono le stesse considerazioni già fatte per la fecondità assoluta. La relazione che lega la fecondità relativa alle dimensioni delle femmine appare positiva, ma non risulta questa volta statisticamente significativa all'analisi di correlazione ($p = 0,141$).

Il campione di sesso femminile sul quale è stata condotta l'analisi relativa alla fecondità relativa è stato anche disaggregato per classe di età:

anche in questa analisi a partire dalla classe 1+ si contano 4 classi di età (Fig.4.33), nelle quali l'incremento delle uova prodotte per unità di peso corporeo è meno pronunciato rispetto a quanto osservato nella fecondità assoluta. Infatti, l'incremento è particolarmente rapido nel passaggio dalla classe 1+ ($95,596 \pm 47,199$ n°uova/g) alla classe 2+ ($148,600 \pm 19,945$ n°uova/g), mentre successivamente la fecondità relativa continua a crescere in modo progressivo pur rallentando la propria intensità: 3+ = $172,969 \pm 13,625$ n°uova/g e 4+ = $188,364 \pm 24,213$ n°uova/g. Tali differenze nei valori medi della fecondità relativa tra le diverse classi di età, tuttavia, non sono ri-

RISULTATI

sultate statisticamente significative ($F = 1,367$; $p = 0,259$) all'analisi della varianza.

4.8.5 - Diametro delle uova (δ)

La tabella 4.15 riporta la statistica descrittiva del diametro delle uova, espresso in cm; sono state osservate e misurate 97 uova il cui diametro medio è pari a $0,101 \pm 0,004$ cm, con deviazione standard pari a 0,036 cm. La variabilità del campione è discretamente elevata, come indicano

	N. valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
Diametro delle uova (cm)	97	0.101	0.030	0.172	0.036

i valori del minimo e del massimo, pari rispettivamente a 0,030 e 0,172 cm.

Tab.4.15 - Statistica descrittiva del diametro delle uova.

Dal grafico della figura 4.34,

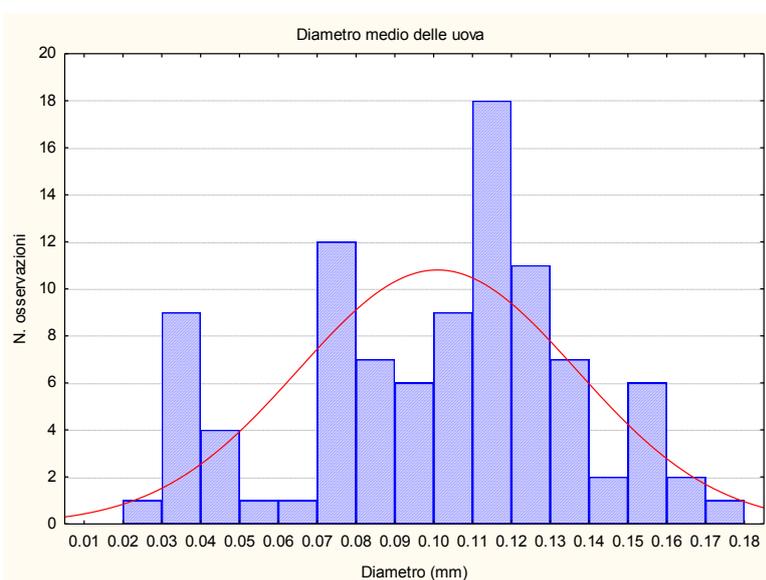


Fig.4.34 - Istogramma di frequenza del diametro medio delle uova.

che rappresenta l'istogramma di frequenza del diametro delle uova è possibile osservare come questo parametro presenti una distribuzione plurimodale, probabilmente condizionata dal fatto che i diversi esemplari, in funzione della taglia ma anche del periodo di nascita, producono uova con caratteristiche molto eterogenee fra loro. Il numero più elevato di femmine possiede uova con diametri compresi fra 0,11 e 0,12 cm, ma molto comuni sono tutte le classi con valori compresi fra 0,09 e 0,13 cm; al di sotto e al di sopra di tale intervallo le osservazioni divengono progressivamente più scarse, pur presentando dei picchi di abbondanza relativamente più elevata nelle classi 0,03-0,04 cm, 0,07-0,08 cm e 0,15 e 0,16 cm.

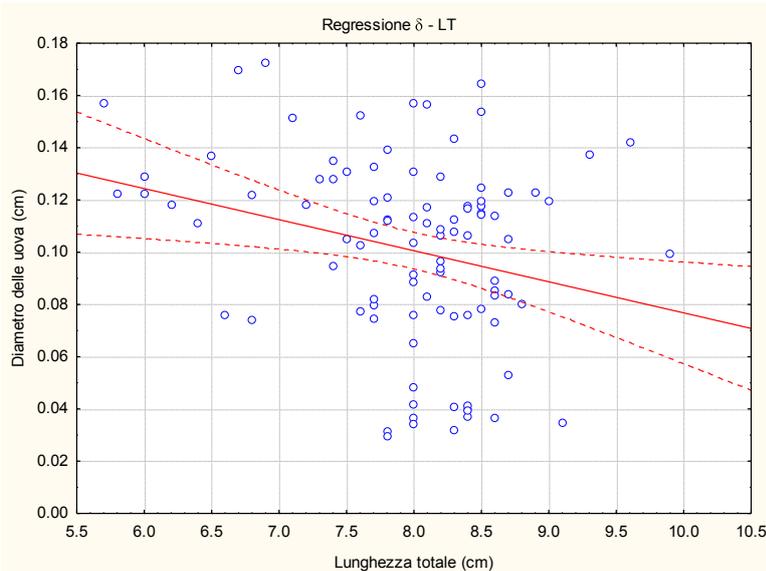


Fig.4.35 - Regressione LT - δ

La relazione esistente tra la lunghezza totale (in cm) e il diametro delle

RISULTATI

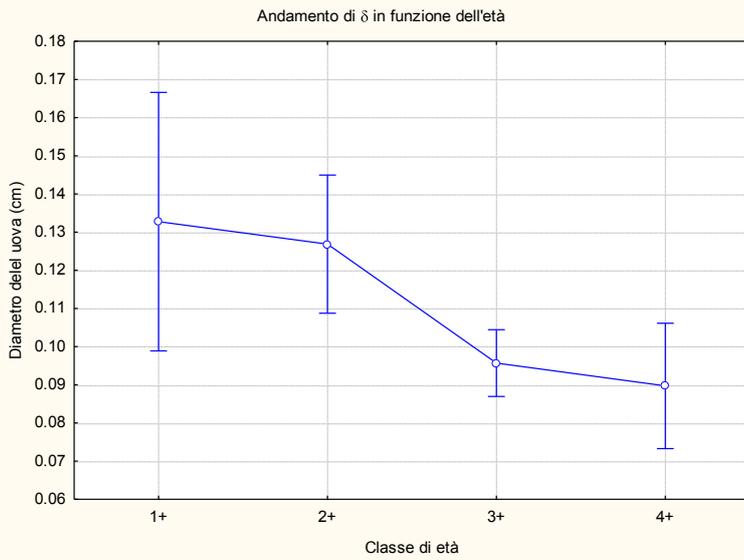


Fig.4.36 - Andamento del diametro medio delle uova nel campione disaggregato per classe di età.

all'analisi di correlazione ($p = 0,011$): ciò significa che femmine più grandi producono uova qualitativamente peggiori rispetto agli esemplari più piccoli.

Per confermare l'esistenza di differenze nel diametro delle uova prodotte dagli esemplari alle diverse età, il campione è stato disaggregato in funzione della classe di età: anche in questa analisi si contano 4 classi di età a partire dalla classe 1+ (Fig.4.36), nelle quali si osserva una riduzione nelle dimensioni delle uova che avviene in modo continuo a tutte le età, ma che appare più marcata soprattutto nel passaggio dalla classe 2+ ($0,127 \pm 0,008$ cm) alla classe 3+ ($0,096 \pm 0,005$ cm). Tali differenze nei valori medi del diametro delle uova in funzione dell'età delle femmine che le hanno prodotte sono risultate altamente significative ($F = 4,944$; $p = 0,003$) all'analisi della varianza.

uova è di tipo lineare e risulta pari a:

$$\delta = 0,196 - 0,012 LT \quad (R^2 = 0,067; r = -0,259; p = 0,011) \quad (\text{Fig.4.35}).$$

Anche in questo caso la variabilità nel diametro delle uova prodotte da femmine aventi la stessa taglia è molto elevata, come si evince dalla scarsa varianza giustificata dal modello. In questo caso la relazione che lega le dimensioni medie delle uova alla taglia delle femmine risulta negativa e statisticamente significativa

**STUDIO DEL CICLO RIPRODUTTIVO DEL LATTERINO, *Atherina boyeri*
(RISSO, 1810) NEL LAGO TRASIMENO**

A cura di:

Baharam Sayyaf Dezfuli, Luisa Giari, Alice Lui, Samantha Squerzanti.

Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie - Sezione Biologia & Evoluzione - Università di Ferrara.

Via Luigi Borsari - 44100 - Ferrara

e-mail: dzb@unife.it - <http://docente.unife.it/dzb/>

INTRODUZIONE

1- OBIETTIVO DELLA RICERCA

Scopo di questa ricerca è documentare e ricostruire, attraverso uno studio istologico delle gonadi, le fasi del ciclo biologico di *Atherina boyeri* nel Lago Trasimeno. Mese per mese sono state osservate al microscopio ottico le modificazioni dell'apparato riproduttore di esemplari maschi e femmine, di diverse taglie, campionati per un intero anno.

2- INTRODUZIONE

La riproduzione dei pesci è legata a diversi fattori ambientali tra i quali temperatura, fotoperiodo, stagione, ciclo lunare, nutrizione, presenza di agenti stressogeni, come le sostanze tossiche (Leatherland *et al.*, 2010; Migaud *et al.*, 2010; Pankhurst e King, 2010; Takemura *et al.*, 2010). I pesci teleostei sono caratterizzati da una grande varietà di strategie riproduttive (Munro *et al.*, 1990; Rocha *et al.*, 2008; Dufour *et al.*, 2010) che comprendono la tipica e diffusa condizione dei sessi separati, l'ermafroditismo contemporaneo (sufficiente) o successivo con l'inversione di sesso, casi di partenogenesi (ginogenesi), riproduzione continua o stagionale, singoli o molteplici rilasci di gameti, schiusa delle uova in bocca oppure nell'ambiente esterno (Balon, 1975 e 1981; Potts e Wootton, 1984; Blazer, 2002).

La famiglia *Atherinidae* è nota a partire dall'Eocene inferiore e comprende specie generalmente di taglia piccola o media distribuite in prevalenza nelle acque marine litorali e anche nelle acque interne della fascia tropicale e temperata (Gandolfi *et al.*, 1991). La famiglia è formata da circa 30 generi con oltre 150 specie. *Atherina boyeri* Risso, 1810 è indigena delle acque salmastre italiane, ma in grado di colonizzare anche le acque dolci lacustri (Cottiglia, 1980). Le popolazioni di *A. boyeri* sono state studiate in diverse lagune del Mediterraneo: in Italia (Boscolo, 1970; Mantilacci *et al.*, 1990), in Francia (Kohler, 1976), in Israele (Gon e Ben-Tuvia, 1983), in Spagna (Fernandez-Delgado *et al.*, 1988). Anche le popolazioni lacustri del latterino sono state oggetto di alcune ricerche, per esempio, nel lago Trasimeno (Moretti *et al.*, 1959) e nel mare di Aral (Markevich, 1977). Per quanto concerne la Gran Bretagna, i dati sull'ecologia di *A. boyeri* nella laguna di Aberthaw sono stati confrontati da Barnes (1989) con quelli di altre 41 lagune britanniche.

A. boyeri fu introdotta accidentalmente nel lago Trasimeno nel 1920 (Moretti *et al.*, 1959); negli anni '80, il pescato del latterino ammontava a circa 240 tonnellate e costituiva oltre il 20% del pescato totale del lago (Mearelli *et al.*, 1987). Nel 2011 sono stati pescati 49748 kg di latterini, pari al 68% del pescato totale del Trasimeno (Lorenzoni, comunicazione personale). In passato si è cercato di riprodurre la specie mediante condizionamento eco-fisiologico (Gelli *et al.*,

INTRODUZIONE

2003). Questa specie risulta di grande importanza sotto il profilo economico e conoscerne il ciclo riproduttivo fornirà informazioni molto utili agli Enti incaricati di pianificare ed indicare alle cooperative i periodi di pesca e la quantità di pescato.

L'istologia risulta essere uno strumento molto importante nello studio della salute riproduttiva dei pesci. L'analisi istologica viene utilizzata di routine per determinare il sesso, identificare lo stadio dello sviluppo, documentare eventuali casi di intersessualità, evidenziare tumori, verificare la presenza di parassiti o di altre anomalie gonadiche e quantificare l'atresia del tessuto gonadico (Blazer, 2002). Allo scopo di determinare il ciclo biologico del latterino nel lago Trasimeno, questa ricerca si è basata sull'indagine istologica delle gonadi di pesci raccolti mensilmente. Prima di presentare i risultati ottenuti è opportuno fare un breve cenno su gonadi e gametogenesi dei teleostei. Nonostante la grande varietà e complessità che caratterizza la riproduzione dei teleostei, la morfologia delle gonadi e delle cellule germinali si rivelano piuttosto uniformi (Nagahama, 1983).

Gonade femminile

Nei teleostei di norma gli ovari sono organi pari, che possono presentare vari gradi di asimmetria. Le gonadi femminili sono formati da follicoli, derivati dall'epitelio germinale, contengono oogoni, che si svilupperanno in oociti e infine in cellule uovo mature, circondati dall'epitelio follicolare (Guraya, 1986; Selman e Wallace, 1989). Anche tessuto di supporto o stroma, tessuto vascolare e tessuto nervoso costituiscono la gonade insieme al tessuto germinale. Sono stati descritti tre tipi di sviluppo dell'ovario: sincrono, in cui tutti gli oociti si sviluppano contemporaneamente; sincrono per gruppi, in cui si assiste alla maturazione sincrona di due coorti di oociti, una in fase di crescita primaria e l'altra in fase di crescita secondaria; asincrono, nel quale gli oociti si trovano a diversi stadi di sviluppo (Wallace Selman, 1981; Tyler e Sumpter, 1996). Le modificazioni istologiche che hanno luogo durante il normale ciclo riproduttivo sono state documentate in numerose specie di pesci (Rodriguez *et al.*, 1995; Grier, 2000; Lucano - Ramirez, 2001).

Gonade maschile

Nella maggior parte dei teleostei, la gonade maschile è formata da una coppia di testicoli, ognuno composto da numerosi lobuli. I due testicoli sono separati da una sottile membrana connettivale. Le cellule germinali del testicolo sono: spermatogoni, spermatociti, spermatidi e spermatozoi.

MATERIALI E METODI

3 - MATERIALI E METODI

3.1 -Campionamenti

Il personale della Cooperativa dei Pescatori di San Feliciano ha provveduto ad effettuare 12 campionamenti con una cadenza mensile per un intero anno, da gennaio a dicembre 2012. Subito dopo la pesca, *in loco*, parte dei latterini veniva fissata in formalina neutra tamponata (10%) per lo studio del ciclo riproduttivo. A tale fine, ciascun campione di latterini era costituito da circa 30 individui. Successivamente, i campioni venivano inviati all'Università di Ferrara per le varie fasi della procedura istologica.

3.2 -Procedure istologiche (inclusione, taglio e colorazione dei campioni)

Di tutti i latterini è stata registrata la lunghezza totale. Sono stati processati 435 esemplari per lo studio annuale del ciclo biologico. Dopo avere effettuato un'incisione ventrale, tutti i visceri sono stati rimossi dal corpo, isolando le gonadi. Queste sono state processate secondo le classiche metodiche di istologia: disidratate in una serie crescente di alcool etilici (70 – 80 – 90 – 100%) ed incluse in paraffina (Diawax, 56-58 °C, Diapath). Tutti i blocchi in paraffina sono stati tagliati al microtomo rotativo (Leica RM 2145): le sezioni, dello spessore di 5 µm, sono state colorate con la colorazione isto-morfologica totale Ematossilina-Eosina che consente una visione d'insieme dell'architettura dei tessuti, compreso quello gonadico.

3.3 - Osservazione dei campioni

I vetrini permanenti sono stati osservati al microscopio ottico a diversi ingrandimenti (da 4x a 100X immersione) per stabilire lo stadio di maturazione della gonade. Le fotografie sono state realizzate con un analizzatore dell'immagine Nikon eclipse 80i (NIKON, Giappone).

RISULTATI

4 - RISULTATI

Lo studio istologico delle gonadi è stato condotto su 435 esemplari di *Atherina boyeri* per un anno solare (Gennaio 2012-Dicembre 2012). Sono stati registrati i dati relativi alle dimensioni (lunghezza totale), rapporto sessi e stadio di maturazione delle gonadi, suddivisi per mese. Gli individui di *A. boyeri* esaminati presentavano una lunghezza variabile fra 4.2 e 8.9 cm (7.1 ± 0.95 cm, media \pm deviazione standard).

L'indagine ha evidenziato che il rapporto sessi era quasi sempre a favore delle femmine, ad eccezione dei mesi di gennaio e febbraio, in cui il rapporto era di 1:1, e del mese di giugno, in cui si osservava una prevalenza di maschi (Grafico 1). L'osservazione istologica delle gonadi dei latterini ha evidenziato il succedersi di quattro stadi principali del ciclo riproduttivo ovvero:

Gonade immatura

Gonade in sviluppo/maturazione

Gonade matura

Gonade in degenerazione.

A. boyeri è una specie gonocorica e la gonade risulta essere di tipo asincrono, cioè caratterizzata dalla presenza contemporanea di gameti in diversi stadi di sviluppo. In entrambi i sessi esiste solo la gonade destra.

L'ovario è costituito da un'unica struttura connettivale centrale. Si distinguono due princi-

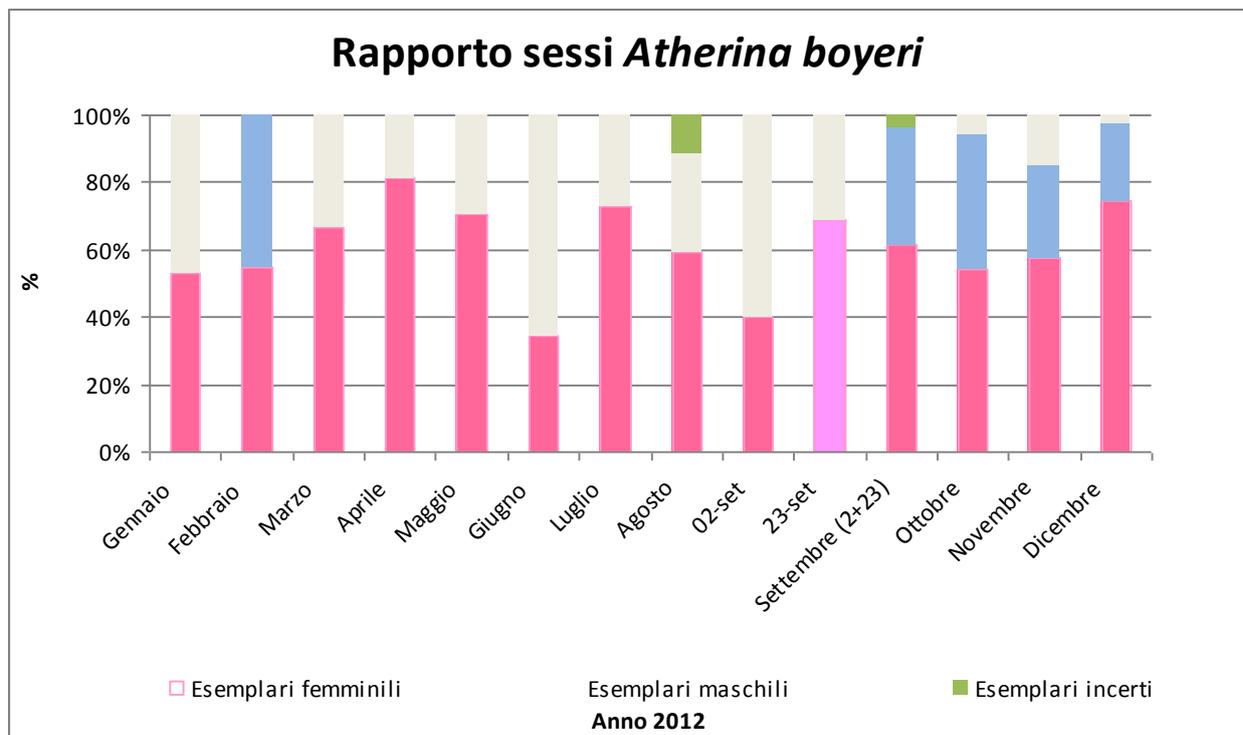


Grafico 1 - Rapporto fra i sessi.

RISULTATI

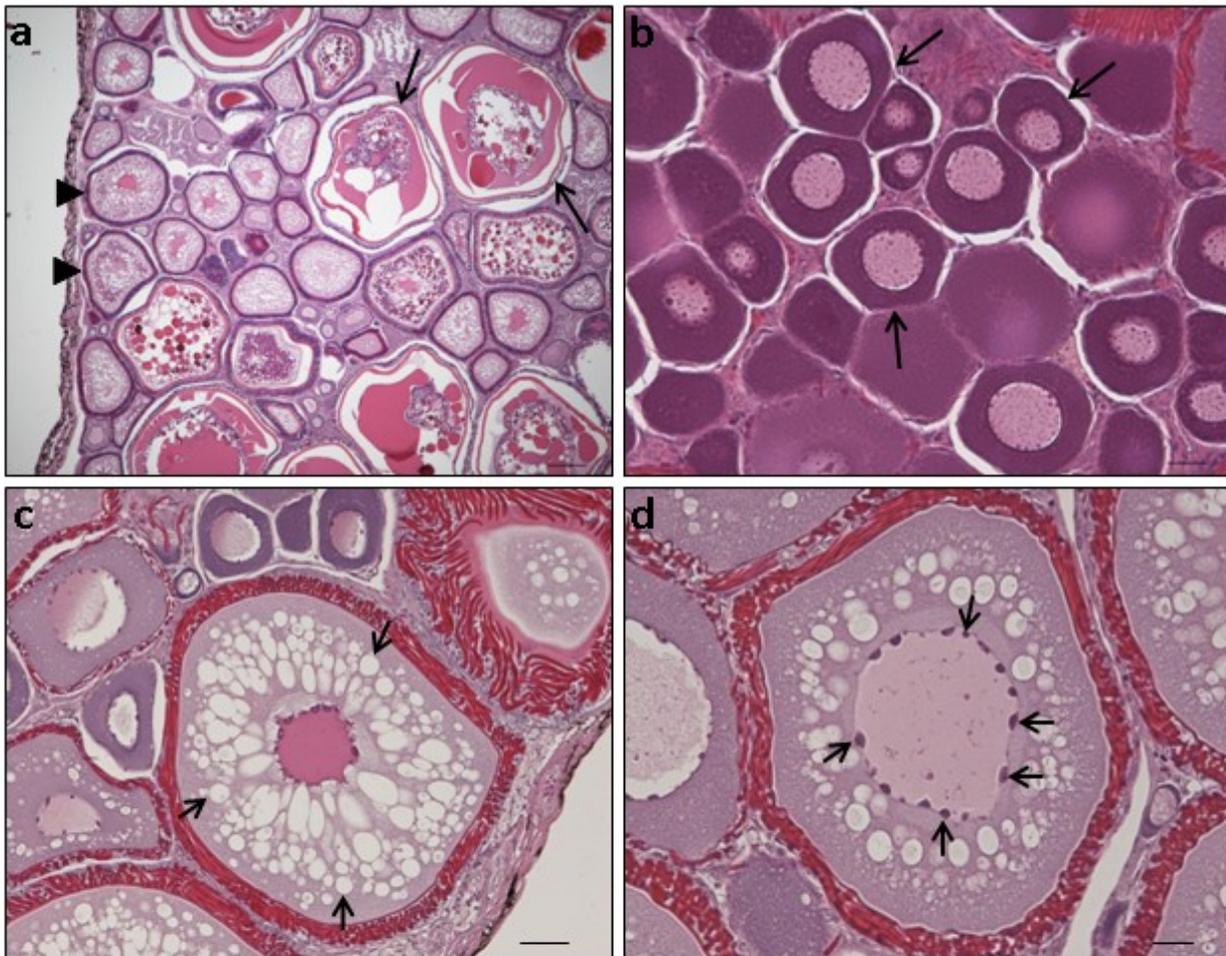


Fig. 1. Sezioni di gonadi femminili. (a) Gonade di una femmina matura ove si notano i gameti maturi (freccie) e immaturi (teste di freccie), barra = 200 µm. (b) Fase di previtellogenesi: numerosi oociti allo stadio della cromatina nucleolare (freccie), barra = 20 µm. (c) Oociti perinucleolari: rispetto alla fase precedente, il citoplasma è maggiore ed è riempito da globuli di tuorlo e granuli (freccie), barra = 50 µm. (d) Un oocita all'inizio della vitellogenesi: sono evidenti numerosi nucleoli (freccie), barra = 20 µm.

pali fasi nello sviluppo del follicolo: previtellogenesi (o stadio di crescita primaria) e vitellogenesi (o stadio di crescita secondaria) (Fig.1a).

Nella gonade allo stadio di previtellogenesi si osservano:

- oociti allo stadio della cromatina nucleolare (CN), con un grande nucleo centrale, un solo nucleolo basofilo, poco citoplasma (Fig.1b).

- oociti allo stadio perinucleolare (PN), riconoscibili per la presenza di una maggiore quantità di citoplasma (Fig.1c) e di un nucleo più grande contenente molti nucleoli.

Durante la fase di previtellogenesi gli alveoli corticali sono alla periferia del citoplasma

RISULTATI

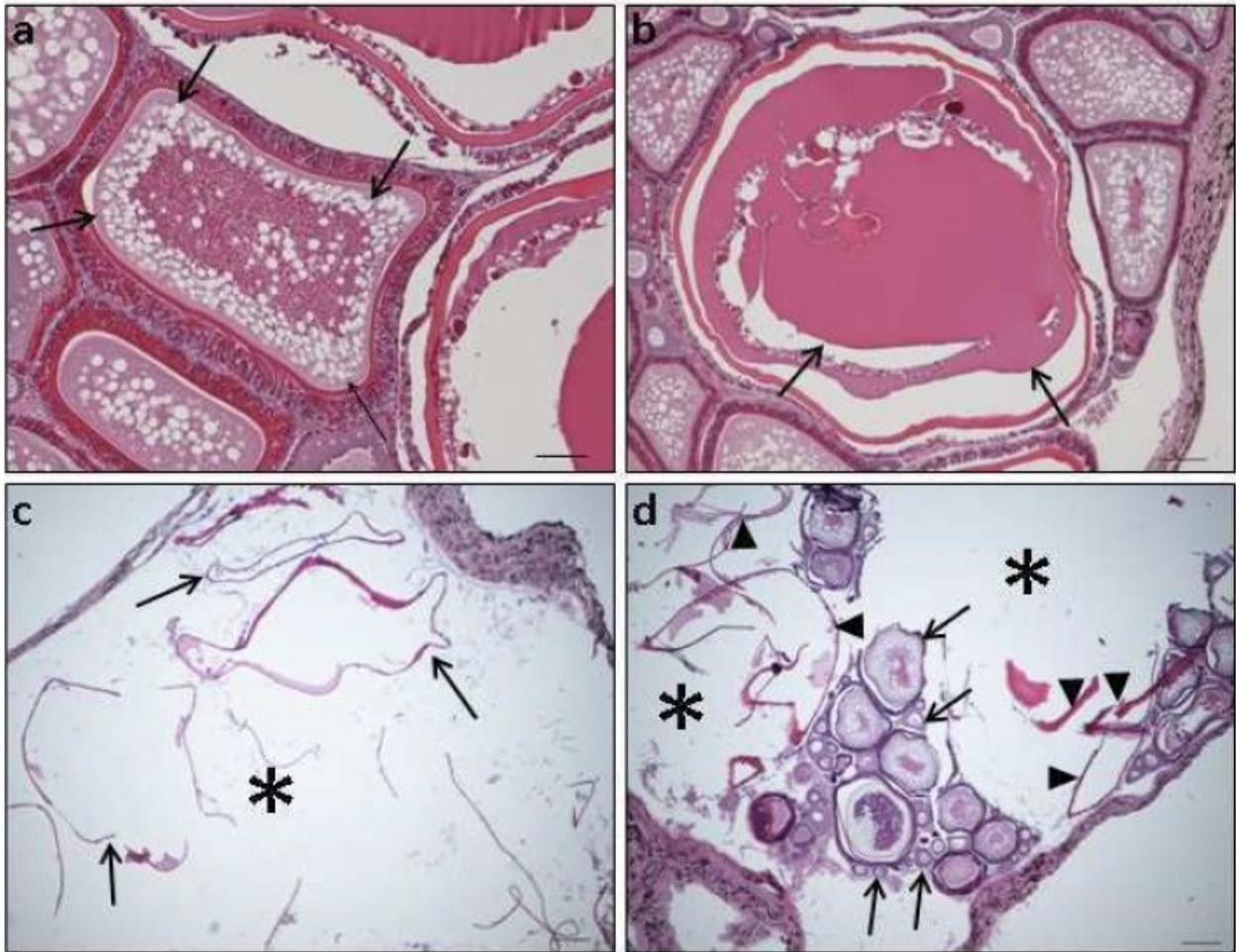


Fig. 2. Sezioni di gonadi femminili. (a) Oocita in vitellogenesi: il citoplasma è pieno di globuli di tuorlo e granuli (freccie), barra = 50 µm. (b) Un oocita maturo: i globuli di tuorlo si fondono insieme a dare una massa ialina-omogenea (freccie), barra = 100 µm. (c) La sezione mostra un follicolo vuoto (asterisco) a seguito dell'ovulazione: si notano alcuni residui cellulari (freccie), barra = 200 µm. (d) Gonade di femmina matura (mese di settembre) per la maggior parte vuota (asterischi) con qualche oocita immaturo (freccie) e oociti in degenerazione (teste di freccia), barra = 200 µm.

(Fig.1c). Nei primi stadi di vitellogenesi gli alveoli corticali sono ancora prominenti, ma i globuli di tuorlo e i granuli diventano più appariscenti (Fig.1d). Al procedere della vitellogenesi gli alveoli corticali vengono relegati alla periferia dell'oocita e il citoplasma è riempito di globuli di tuorlo e granuli (Fig.2a). Durante la maturazione, i globuli di tuorlo si fondono insieme per apparire come una massa ialina-omogenea (Fig.2b). Dopo l'espulsione delle uova (l'ovulazione) nella cavità ovarica e/o in quella addominale, i follicoli appaiono vuoti (Fig.2c). La figura 2d mostra una gonade nel mese di settembre, con qualche raro oocita immaturo e residui di oociti in

RISULTATI

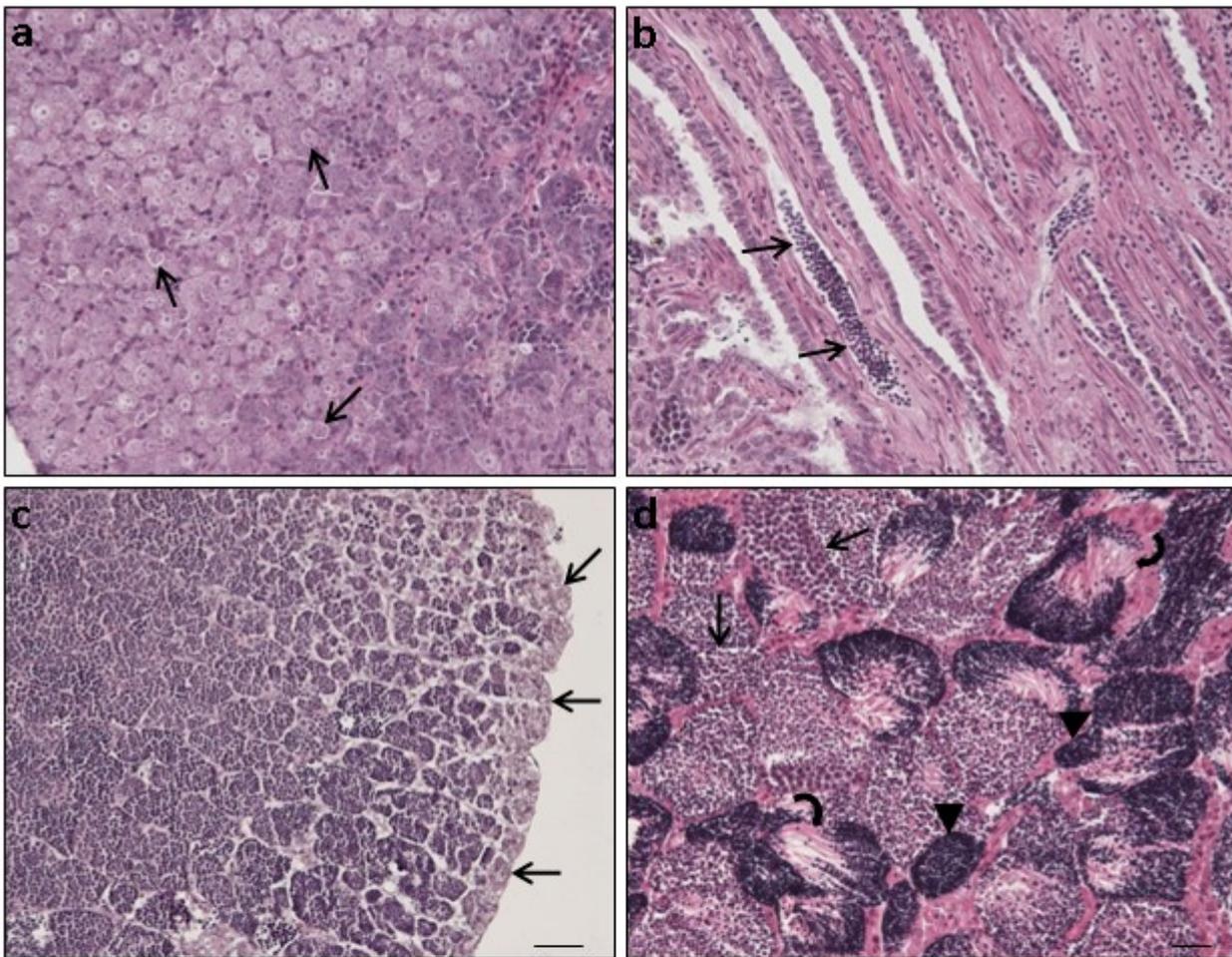


Fig. 3. Sezioni di gonadi maschili (a) Immagine di un testicolo indifferenziato, si notano solo spermatogoni (freccie), barra = 20 μ m. (b) Un testicolo a riposo, vuoto: sono evidenti piccoli gruppi di spermatidi (freccie) nel lume del lobulo, barra = 20 μ m. (c) Spermatogenesi iniziale: spermatociti alla periferia della gonade (freccie) e spermatidi che riempiono il tessuto gonadico, barra = 50 μ m. (d) Spermatogenesi mediana: il testicolo contiene una simile quantità di spermatociti (freccie), spermatidi (testa di freccie) e spermatozoi (freccie curve), barra = 20 μ m.

degenerazione.

I principali stadi di maturazione dei testicoli osservati negli esemplari maschi di latterino sono:

- testicoli indifferenziati, tipici degli individui di piccola taglia, in cui si nota la presenza solo degli spermatogoni (Fig.3a);

- pre-spermatogenesi detta anche fase dei testicoli a riposo ove si riscontrano solo spermatogoni ed eventualmente alcuni residui di spermatidi nel lume dei lobuli (Fig.3b);

RISULTATI

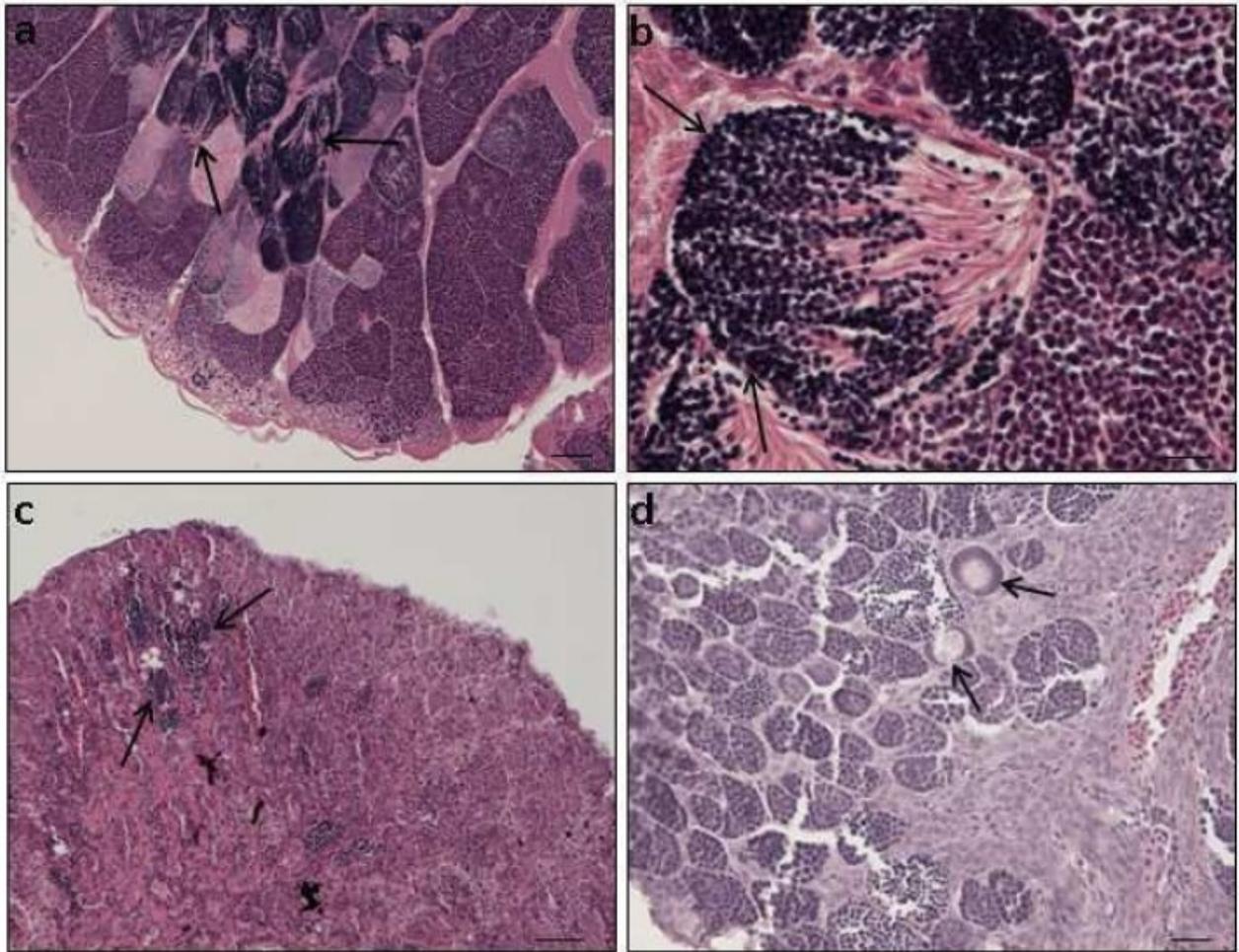


Fig. 4. Sezioni di gonadi maschili. (a) Spermatogonesi avanzata: tutte le fasi di maturazione sono presenti nella gonade, con predominanza degli spermatozoi maturi (freccie), barra = 20 μm . (b) Particolare di un gruppo di spermatozoi maturi (freccie): sono visibili i lunghi flagelli, barra = 10 μm . (c) Post-riproduzione, testicolo definito spento, in cui sono presenti pochi spermatozoi (freccie), barra = 50 μm . (d) Un caso di gonade intersex: nel testicolo sono presenti alcuni gameti femminili in pre-vitellogenisi (freccie), barra = 20 μm .

- spermatogenesi iniziale, ove sono frequenti spermatociti e spermatidi (Fig.3c) e rari gli spermatozoi;
- spermatogenesi mediana, in questa fase il testicolo contiene una quantità uguale di spermatociti, spermatidi e spermatozoi (Fig.3d);
- spermatogenesi avanzata, in cui è possibile trovare cellule germinali in tutte le fasi di sviluppo ma con una netta dominanza degli spermatozoi maturi (Figg.4a, b).
- post-riproduzione, si tratta della fase che segue il rilascio dei gameti, in cui il testicolo, definito spento, può ancora contenere pochi spermatozoi (Fig.4c).

RISULTATI

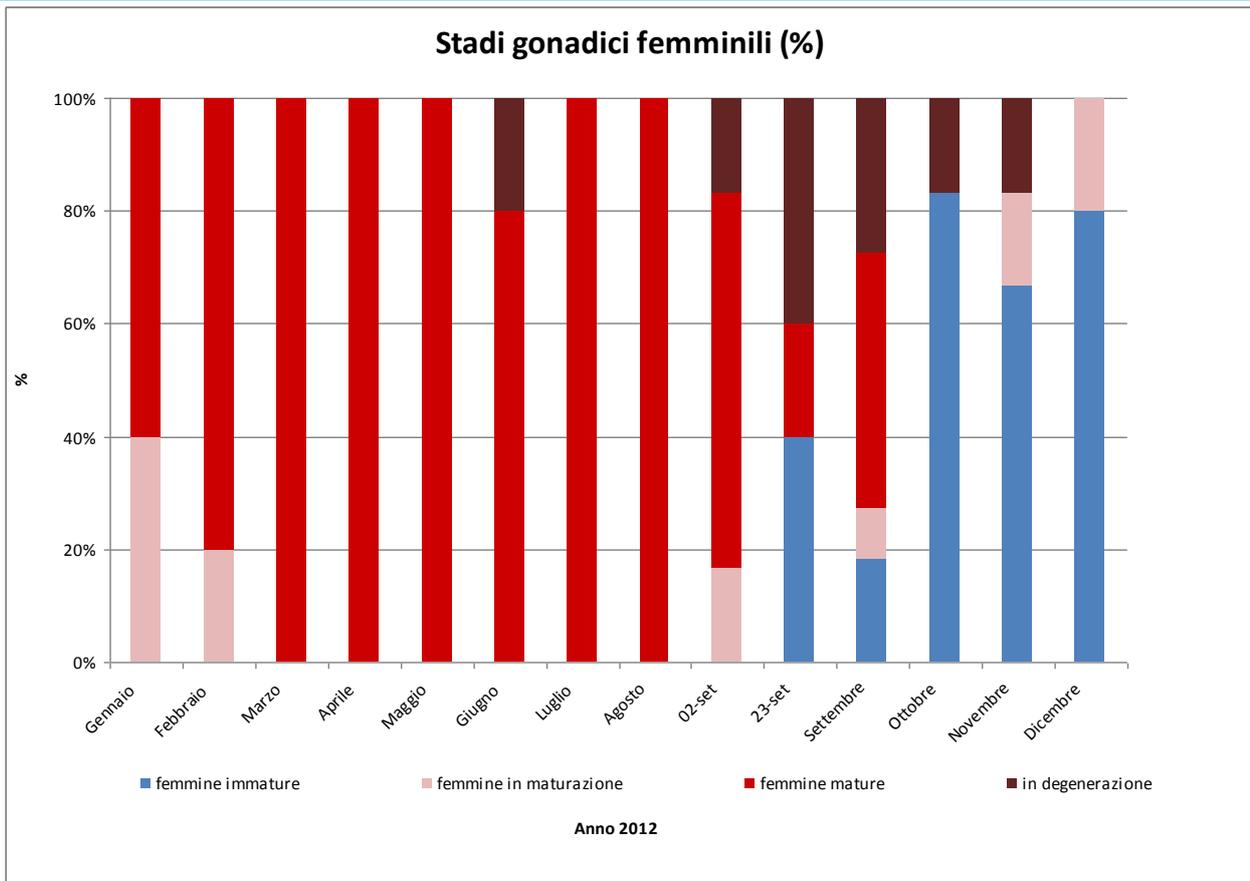


Grafico 2a - Stadi gonadici femminili.

In pochi esemplari maschi, si sono riscontrati casi di gonade intersex, con presenza di alcuni gameti femminili in previtellogenesi nel tessuto testicolare (Fig.4d).

Di seguito vengono riportati i risultati dell'indagine istologica delle gonadi dei due sessi dettagliati per mese (Grafico 2a, b):

Gennaio: sono stati esaminati 30 latterini: 16 femmine e 14 maschi. Il rapporto sessi di questo mese risultava prossimo al valore di 1:1. Tra le femmine, 6 erano in via di maturazione mentre 10 risultavano mature (con molti oociti maturi e alcuni in via di sviluppo). Tra i maschi, 11 esemplari apparivano immaturi mentre i restanti 3 erano in via di maturazione.

Febbraio: dei 31 esemplari esaminati, 17 erano femmine e 14 maschi. Il rapporto sessi risultava vicino al valore di 1:1. Delle 17 femmine, 3 erano in via di maturazione mentre le restanti erano mature. Tre esemplari maschi risultavano immaturi, mentre 11 erano in via di maturazione.

Marzo: il campione era composto da 24 latterini di cui 16 femmine, 6 maschi e 2 esemplari di cui non è stato possibile determinare il sesso. Tutte le femmine sono risultate mature mentre tra i maschi c'erano 1 individuo immaturo, 4 in via di maturazione ed 1 maturo. Il rapporto di

RISULTATI

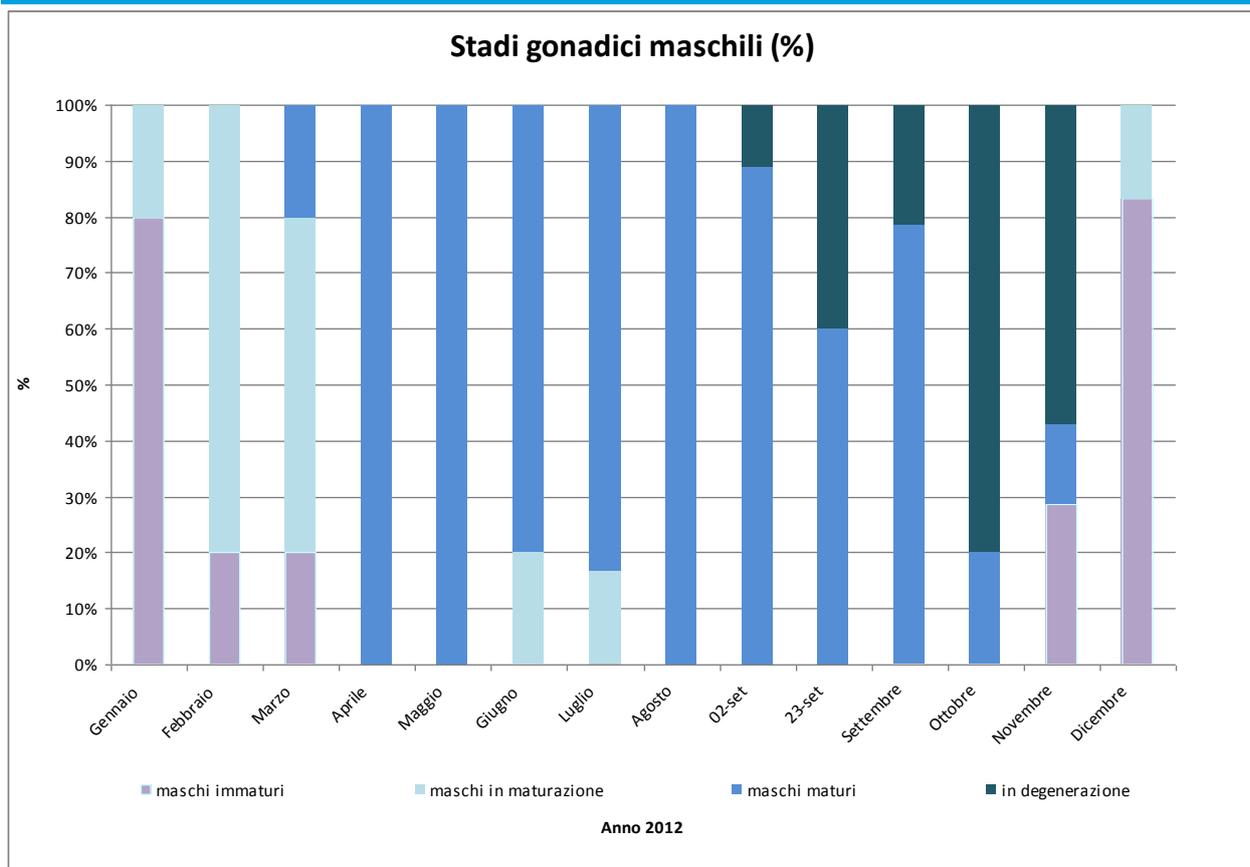


Grafico 2b - Stadi gonadici maschili.

sessi era nettamente a favore delle femmine.

Aprile: i latterini esaminati erano 37, dei quali 30 femmine, con gonade matura e in alcuni casi con oociti in degenerazione, e 7 maschi con testicoli maturi.

Maggio: tutti i 24 esemplari esaminati (17 femmine e 7 maschi) risultavano completamente maturi. Il rapporto sessi era sbilanciato in senso femminile.

Giugno: sono stati valutati 29 latterini di cui 10 femmine e 19 maschi. Otto femmine erano mature (con molti oociti maturi) e 2 avevano la gonade in degenerazione. Quattro maschi risultavano in via di maturazione mentre i restanti 15 erano maturi. Il rapporto sessi di questo mese era a favore dei maschi.

Luglio: 27 pesci erano femmine con gonadi mature e 10 esemplari erano maschi, di cui 2 con la gonade in via di maturazione e 8 maturi.

Agosto: i 27 individui processati erano tutti, sia maschi (10) sia femmine (16), maturi. Le gonadi femminili presentavano, oltre agli oociti maturi, alcuni oociti in via di maturazione. Il rapporto sessi era a favore delle femmine.

Settembre: sono stati effettuati due campionamenti, uno ad inizio mese (2 settembre) e uno

RISULTATI

a fine mese (23 settembre).

Il campione di inizio settembre comprendeva 15 esemplari di cui 6 femmine e 9 maschi. Tra le 6 femmine, 1 risultava in maturazione, 4 erano mature con oociti a diversi stadi di sviluppo e 1 aveva la gonade vuota e/o in degenerazione. I maschi risultavano in maggioranza maturi (8 esemplari su 9) mentre 1 aveva la gonade spenta o in fase degenerativa.

Il campione di fine Settembre era costituito da 42 esemplari: 29 femmine, 11 maschi e 2 di dubbia determinazione. Tra le femmine ve n'erano 11 immaturo, 6 mature (con la gonade contenente molti oociti maturi e pochissimi gameti immaturi) e 12 in fase degenerativa. Degli 11 maschi, 2 erano immaturi, 4 maturi e 5 con gonadi in degenerazione.

Ottobre: su un totale di 35 esemplari esaminati, 19 erano femmine, 14 maschi e 2 incerti. Tra le femmine, 16 erano immaturo e 3 con la gonade era in degenerazione. Gli esemplari maschili erano 5 immaturi, 3 maturi e 6 in fase degenerativa.

Novembre: sono stati esaminati 61 latterini di cui 35 femmine e tra queste 23 immaturo, 6 mature e 5 con la gonade era in degenerazione. I maschi erano 17: di questi 5 esemplari risultavano completamente immaturi, solo 2 erano maturi e gli altri 10 con la gonade spenta e/o in degenerazione.

Dicembre: gli esemplari valutati erano 43, dei quali 32 femmine, 10 maschi e 1 di difficile determinazione del sesso. Tra le femmine, 26 sono apparse immaturo e 6 in maturazione. Dei 10 maschi, 8 erano completamente immaturi e 2 in maturazione con pochi spermatozoi maturi.

CONCLUSIONI

CONCLUSIONI

I risultati di questa ricerca mettono in evidenza che la popolazione di latterino del lago Trasimeno si riproduce dalla primavera fino all'autunno. Da gennaio a marzo sono stati trovati pochi gameti maturi nelle gonadi, da aprile ad agosto invece negli esemplari adulti di ambedue i sessi la maggiore parte dei gameti era matura. All'inizio di settembre la gonade degli individui adulti conteneva ancora gameti maturi da rilasciare, mentre alla fine dello stesso mese, circa la metà dei maschi e delle femmine avevano le gonadi ormai vuote-spenite. Spesso, nelle gonadi femminili spente, sono stati riscontrati pochi gameti in buono stato e molti residui di oociti in degenerazione. Da ottobre a dicembre le gonadi sono apparse immature in entrambi i sessi.

Per quanto concerne il fenomeno di intersessualità, questa condizione si verifica più comunemente nella gonade maschile, in cui si possono riscontrano alcuni gameti femminili. Alcune ricerche attribuiscono i casi di intersex alla presenza di estrogeni ed interferenti endocrini nelle acque (Purdom *et al.*, 1994; Jobling *et al.*, 1998). I motivi dell'incidenza naturale di casi di gonade intersesso in molte specie di pesci non sono noti. Per poter attribuire a fattori ambientali la causa dell'intersesso nei pesci selvatici bisogna disporre di numerosi dati e fare specifiche indagini per giungere a conclusioni attendibili (Strüssmann e Nakamura, 2002).

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare la Dott.ssa Samantha Squerzanti per avere svolto l'ottimo lavoro di preparazione delle sezioni istologiche.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Balon, E. K. (1975). Reproductive guilds of fishes: a proposal and definitions. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 32: 821–864.
- Balon, E. K. (1981). Additions and amendments to the classification of reproductive styles in fishes. *Env. Biol. Fish.* 6: 377–389.
- Barnes, R. S. K. (1989). The costal lagoons of Britain: An overview and conservation appraisal. *Biol. Cons.* 49: 295–313.
- Blazer, V. S. (2002). Histopathological assessment of gonadal tissue in wild fishes. *Fish Physiol. Biochem.* 26: 85–101.
- Boscolo, L. (1970). Osservazioni sulla biologia e sulla pesca dell'*Atherina boyeri* Risso 1810 (Osteichthyes Atherinidae) vivente nelle acque dell'alto Adriatico. *Boll. Pesca Piscicola Idrobiol.* 25: 61-79.
- Cottiglia, M. (1980). Pesci lagunari. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane. (C. Sacchi, ed.). CNR, 141 pp.
- Dufour, S., Sébert, M.-E., Weltzien, F.-A., Rousseau, K. & Pasqualini, C. (2010). Neuroendocrine control by dopamine of teleost reproduction. *J. Fish Biol.* 76: 129–160.
- Fernández-Delgado, C., Hernando, J., Herrera, M. & Bellido, M. (1988). Life history patterns of the sandsmelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 in the estuary of the Guadalquivir River, Spain. *Estuar Coast. Mar. Sci.* 27: 697-706.
- Gandolfi, G., Zerunian, S., Torricelli, P. & Marconato, A. (1991). I pesci delle acque interne, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, pp. 277-292; 327-330.
- Gelli, F., Cicero, M., Melotti, P., Roncarati A., Pregnolato, L., Savorelli, F., Palazzi, D. & Casazza, G. (2003). Riproduzione controllata del latterino (*Atherina boyeri* Risso, 1810) mediante condizionamento ecofisiologico. *Biol. Mar. Med.* 10: 1-6.
- Gon, O. & Ben-Tuvia, A. (1983). The biology of Boyer's sandsmelt, *Atherina boyeri* Risso, in the Bardawil Lagoon on the Mediterranean coast of Sinai. *J. Fish Biol.* 22: 537–547.
- Grier, H. (2000). Ovarian germinal epithelium and folliculogenesis in the common snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei: Centropomidae). *J. Morphol.* 243: 265–281.
- Guraya, S. S. (1986). The Cell and Molecular Biology of Fish Oogenesis. In: *Monographs in Developmental Biology* Vol. 18, 223 pp. Edited by H.W. Sauer. Karger, Basel.
- Jobling, S., Nolan, M., Tyler, C.B., Brighty, G. & Sumpter, J.P. (1998). Widespread sexual disruption in wild fish. *Environ. Sci. Technol.* 32: 2498–2506.
- Kohler, A. (1976). Observations biologique et biométriques sur *Atherina boyeri* Risso dans l'étangs du Prévost à Palavas (Hérault). *Vie et Milieu, Serie A.* 26: 157-174.
- Leatherland, J. F., Li, M. & Barkataki, S. (2010). Stressors, glucocorticoids and ovarian function in teleosts. *J. Fish Biol.* 76: 86–111.
- Lucano-Ramirez, G., Cruz, M. V. S., Ruiz-Ramirez, S. & López-Murilla, T. (2001). Histology of the oocytes of *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae). *Ciencias Marinas* 27: 335–349.
- Markevich, A. (1977). Some morphological indices of the silverside, *Atherina mochon pontica* in the Aral Sea in connection with the age structure of its population. *J. Ichthy.* 17: 618-626.
- Mearelli, M., Giovinazzo, G. & Mantilacci, L. (1987). Andamento e gestione della pesca nel Lago Trasimeno. *Atti*

BIBLIOGRAFIA

2° convegno AIAD. Torino, 227-237.

- Migaud, H., Davie, A. & Taylor, J. F. (2010). Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. *J. Fish Biol.* 76: 27–68.
- Mantilacci, L., Mearelli, M., Giovinazzo, G. & Lorenzoni, M. (1990). Accrescimento e alimentazione del latterino (*Atherina boyeri* Risso) del lago Trasimeno. *Riv. Idrobiol.* 29: 309-327.
- Moretti, G., Gianotti, F. & Giganti, A. (1959). Il latterino nel Trasimeno. *Riv. Biol.* 51: 3-38.
- Munro, A. D., Scott, A. P. & Lam, T. J. (eds.). (1990). Reproductive Seasonality in Teleosts: Environmental Influences. CRC Press, Inc., Baton Raton, FL. 254 pp.
- Nagahama, Y. (1983). The functional morphology of teleost gonads, pp 223-269. In: *Fish Physiology* vol III. Reproduction and growth, bioluminescence, pigments and poisons. Hoar W. S. & Randall D. J. (eds). Academic Press New York & London.
- Pankhurst, N. W. & King, H. R. (2010). Temperature and salmonid reproduction: implications for aquaculture. *J. Fish Biol.* 76: 69–85.
- Potts, G. W. & Wootton, R. J. (eds). (1984). Fish Reproduction: Strategies and Tactics. Academic Press, New York. 410 pp.
- Purdom, C. E., Hardiman, P. A., Bye, V. J., Eno, N. C., Tyler, C. R. & Sumpter, J. P. (1994). strogenic effects of effluents from sewage treatment works. *Chem. Ecol.* 8: 275–285.
- Rocha, M. J., Arukwe, A. & Kapoor, B. G. (eds.) (2008). Fish reproduction. Science Publishers, Enfield, New Hampshire. 632 pp.
- Rodriguez, J. N., Oteme, Z. J. & Hem, S. (1995). Comparative study of vitellogenesis of two African catfish species *Chrysichthys nigrodigitatus* (Claroteidae) and *Heterobranchus longifilis* (Clariidae). *Aquat. Living Res.* 8: 291–296.
- Selman, K. & Wallace, R. A. (1989). Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. *Zool. Sci.* 6: 211–231.
- Strüssmann, C. A. and Nakamura, M. (2002). Morphology, endocrinology, and environmental odulation of gonadal sex differentiation in teleost fishes. *Fish Physiol. Biochem.* 26: 13–29.
- Takemura, A., Rahman, M. S. & Park, Y. J. (2010). External and internal controls of lunar-related reproductive rhythms in fishes. *J. Fish Biol.* 76: 7–26.
- Tyler, C. R. & Sumpter, J. P. (1996). Oocyte growth and development in teleosts. *Rev. Fish Biol. Fish.* 6: 287–318.
- Wallace, R. A. & Selman, K. (1981). Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21: 325–343.

**ANALISI DEL PESCATO DEL LATTERINO, *Atherina boyeri* (RISSO, 1810)
NEL LAGO TRASIMENO NEGLI ANNI 2011-2012**

A cura di:

Massimo Lorenzoni, Raffaele Barocco, Antonella Carosi, Daniela Giannetto, Laura Pompei

Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale - Sezione di Biologia Animale ed Ecologia - Università di Perugia.

Via Elce di Sotto - 06100 - Perugia

INTRODUZIONE

1- INTRODUZIONE

La pesca professionale riveste un'importanza primaria per il lago Trasimeno, in quanto rappresenta una rilevante attività economica dato che il lago ospita una delle comunità di pescatori professionali più numerose fra tutte le acque interne italiane. Nonostante queste peculiarità, e a differenza di quanto è avvenuto per la pesca professionale in ambiente marino, nella gestione delle risorse delle acque interne non si è ancora giunti allo sviluppo di pratiche in grado di conciliare le esigenze di conservazione con lo sfruttamento economico (Lorenzoni *et al.*, 2007), operando secondo quanto previsto dal Codice di Condotta per la Pesca Responsabile e con le Linee Guida Tecniche sulla Pesca Responsabile nelle Acque Interne (FAO, 1995, 1997a, 1997b). Il problema da superare è quello di individuare il tipo ed i livelli di monitoraggio che devono essere attivati per elaborare modelli di gestione volti al mantenimento di elevati standard di produzione ittica e basati su un processo di sfruttamento sostenibile (Lorenzoni *et al.*, 2010). L'eliminazione del sovra sfruttamento delle risorse ittiche, che è alla base del declino degli stock delle popolazioni di interesse commerciale, crea le premesse per fare della pesca nelle acque interne un'attività redditizia e costante. Non ci può essere infatti mercato per attività che non garantiscono livelli di produzione costanti e di qualità e in assenza di queste condizioni poche sarebbero le garanzie e le prospettive per chi esercita tale attività.

La Regione Umbria, attraverso l'emanazione di leggi che regolamentano la pesca sportiva e professionale, ha sempre identificato negli ecosistemi acquatici e nella fauna ittica una componente essenziale del patrimonio regionale e riconosce il valore sociale svolto dalla pesca professionale per la salvaguardia del patrimonio di tradizioni, conoscenze e risorse. Appare fondamentale, altresì, continuare a sostenere il basilare ruolo che la pesca di professione può svolgere nella salvaguardia delle specie ittiche autoctone e nel mantenimento o ripristino di alcuni fondamentali equilibri naturali del lago Trasimeno minacciati dalle attività umane (Lorenzoni e Ghetti, 2012). Tra i fattori di rischio, infatti, che più di altri insistono negativamente sulle biocenosi del lago, è sicuramente da annoverare la presenza di alcune specie esotiche particolarmente invasive, tra le quali il carassio dorato (*Carassius auratus*), la dreissena (*Dreissena polymorpha*), la nutria (*Myocastor coypus*) ed il gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*) rappresentano probabilmente le minacce più immediate e pericolose. Il carassio dorato, introdotto in anni relativamente recenti, ha raggiunto nel Trasimeno un'abbondanza estremamente elevata (Lorenzoni *et al.*, 2007).; unitamente a dreissena, nutria e gambero rosso della Louisiana rappresenta una specie esotica invasiva in grado di indurre cambiamenti a livello ecosistemico (DAISIE, 2008), con

INTRODUZIONE

importanti ripercussioni su tutte le componenti ambientali del lago difficilmente prevedibili (Lorenzoni e Ghetti, 2012). Nella gestione di una specie esotica invasiva, l'eradicazione è sicuramente la strategia più idonea, ma le esperienze condotte in questo settore dimostrano che le possibilità di successo sono limitate ed in genere possibili solo nel caso di biotopi molto piccoli e solamente nei primi stadi di invasione (Ghetti *et al.*, 2007; Lorenzoni *et al.*, 2007). Gli sforzi sono spesso vani se l'eradicazione non è completa e se la reinvasione è possibile dai siti limitrofi. Le possibilità di successo di una tale strategia sono spesso molto limitate e in questi casi sembra preferibile, piuttosto, l'adozione di un piano di controllo dell'abbondanza delle popolazioni delle specie indesiderate, che le mantenga su valori numerici tali da rendere minimo il loro impatto. La pesca di professione può esercitare un ruolo fondamentale nel tentativo di limitare e contenere un incremento eccessivo di tali specie invasive; tale azione di riequilibrio può essere esercitata attraverso un prelievo diretto (carassio e gambero) o mediante azioni indirette di manipolazione delle catene alimentari (dreissena) (Lorenzoni e Ghetti, 2012).

Per quanto riguarda la conservazione delle specie ittiche autoctone, le proposte gestionali dovrebbero muoversi nell'ambito di un processo volto a valorizzare le risorse ittiche del lago, garantendo agli operatori lo sfruttamento economico della risorsa senza comprometterne il potenziale naturale. Fondamentale per raggiungere tali obiettivi è la conoscenza degli stock ittici presenti nel lago unitamente al monitoraggio dello sforzo pesca e del prelievo; la raccolta di tali informazioni andrebbe condotta mediante la collaborazione dei pescatori di professione e, per quanto riguarda la pesca sportiva, con l'introduzione dei libretti di pesca. Il ruolo dei pescatori è in questo contesto fondamentale, in quanto in un ambiente di elevata estensione spaziale come il lago Trasimeno può rappresentare uno dei mezzi più efficaci ed economici per monitorare in modo indiretto le abbondanze della fauna ittica. La raccolta di alcuni dati disponibili presso le cooperative dei pescatori di professione, quali prelievo ittico (quantitativi pescati) e sforzo pesca (numero degli attrezzi utilizzati e tempi di esposizione), può garantire la possibilità di seguire nel tempo l'andamento degli stock ittici, presupposto fondamentale per una gestione razionale delle risorse e del patrimonio naturale.

Il monitoraggio del pescato e dello sforzo pesca è quindi uno strumento molto utile per raggiungere l'obiettivo della messa a punto di un modello di analisi delle risorse ittiche finalizzato all'ottimizzazione del benessere economico dei pescatori di professione, della soddisfazione di quelli sportivi nell'uso del loro tempo libero e nel riequilibrio delle risorse ittiche, innescando importanti benefici per tutta l'economia del comprensorio del Trasimeno. In questa sede vengo-

INTRODUZIONE

no quindi presentati i risultati di uno studio che ha monitorato per due anni i dati del pescato e dello sforzo pesca della cooperativa dei pescatori di professione di San Feliciano con lo scopo di dimostrare, da una parte, l'estrema utilità di tale pratica e, dall'altra, di verificare l'andamento dell'abbondanza dello stock del latterino negli anni successivi all'entrata in vigore dell'anticipo a partire dal mese settembre della pesca di questa specie nel lago Trasimeno.

MATERIALI E METODI

2 - MATERIALI E METODI

L'abbondanza della fauna ittica può essere stimata con diversi metodi di indagine, appartenenti a due principali categorie:

- metodi indiretti
- metodi diretti

Per il lago Trasimeno, allo stato attuale, la stima delle abbondanze dello stock ittico può basarsi esclusivamente su metodi indiretti, che richiedono l'utilizzo dei dati raccolti direttamente presso le cooperative dei pescatori di professione. Questi metodi prevedono, oltre alla conoscenza delle catture commerciali, l'utilizzo di informazioni sullo sforzo di pesca (F) e la stima della cattura per unità di sforzo (CPUE: Catch Per Unit Effort).

Lo sforzo di pesca è una grandezza che può essere misurata in base a numerosi parametri, in funzione del sistema di pesca considerato. I dati necessari per conoscere e quantificare lo sforzo pesca possono essere molto vari, ma nel caso del lago Trasimeno si è data la priorità, per una serie di motivi di ordine vario, sul numero di attrezzi utilizzati per giornata di pesca.

Le catture per unità di sforzo di una rete da pesca i sono definite da:

$$CPUE = \frac{Y_i}{E_i}, i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

Se la rete da pesca 1 viene assunta come l'unità di pesca standard allora lo sforzo pesca standardizzato sarà dato da:

$$E_s = E_1 + \sum_{j=2}^N \frac{CPUE_j}{CPUE_1} \cdot E_1 \quad (2)$$

Le catture totali sono calcolabili sommando le catture dell'unità standard con le altre unità di pesca:

$$Y_s = Y_1 + \sum_{j=2}^N Y_j \quad (3)$$

mentre le catture standard per unità di sforzo sono calcolabili dalle equazioni (2) e (3) e cioè da:

$$CPUE_s = \frac{Y_s}{E_s} \quad (4)$$

Nel caso specifico del lago Trasimeno le CPUE saranno calcolate separatamente per cia-

MATERIALI E METODI

scuna tipologia di attrezzo impiegata (ad esempio, tofo da latterino, altana e giacchio): la stima delle catture per unità di sforzo è stata standardizzata sulla base della biomassa (CPUE B) degli individui catturati (Mascarenhas Alves *et al.*, 1998).

La raccolta dei dati è avvenuta nel periodo compreso fra il 1° Aprile 2011 e il 31 Marzo 2013, grazie alla collaborazione della cooperativa dei pescatori di professione di San Feliciano. Il pescato è stato monitorato mediante la raccolta dei dati di peso complessivo delle singole specie conferite giornalmente; nel contempo è stato valutato il numero di pescatori operanti giornalmente sul lago e raccolti i dati sulle caratteristiche dell'attrezzatura utilizzata (tipo di reti, maglie utilizzate, numero e tempi di posa) e verrà analizzata la composizione del pescato complessivo (peso totale delle catture per specie ittica).

RISULTATI

3 - RISULTATI

Famiglia	Nome comune	Nome Scientifico
<i>Anguillidae</i>	Anguilla	<i>Anguilla anguilla</i> Linnaeus, 1758
<i>Cyprinidae</i>	Alborella	<i>Alburnus arborella</i> (Bonaparte, 1841)
	Carassio dorato	<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758)
	Carpa o regina	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758
	Cavedano	<i>Squalius squalus</i> (Bonaparte, 1837)
	Scardola	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)
	Tinca	<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Esocidae</i>	Luccio	<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758
<i>Ictaluridae</i>	Pesce gatto	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)
<i>Atherinidae</i>	Latterino	<i>Atherina boyeri</i> (Risso, 1810)
<i>Percidae</i>	Persico reale	<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758
<i>Centrarchidae</i>	Persico trota	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepede, 1802)

Tab.3.1 - Elenco delle specie presenti nel pescato commerciale.

Il monitoraggio del pescato commerciale della cooperativa di pesca di San Feliciano è stato rilevato grazie alla collaborazione 26 pescatori di professione che hanno operato nei due anni di campionamento. Gli attrezzi utilizzati sono stati vari: giacchio, tofo da latterino, tofo e altane. Per quanto riguarda questo ultimo strumento di pesca le maglie usate, misurate da nodo a nodo, sono molto varie e riguardano un'ampia gamma di misure: 7, 22, 23, 24, 25, 28, 30, 32, 40, 45, 50, 70, 80, 90 e 100 mm.

Il monitoraggio ha permesso di rilevare che il pescato commerciale cattura 12 specie ittiche, appartenenti a 6 famiglie differenti (Tabella 3.1), delle quali la più rappresentata è quella dei Ciprinidi con 6 specie. Per quanto riguarda la provenienza delle specie censite, solo 5 sono autoctone, mentre le 7 rimanenti sono state introdotte dall'uomo, in modo volontario o meno, nel lago Trasimeno (Ghetti *et al.*, 2007). Oltre a queste specie ittiche, entra a far parte del pescato

Nome comune	Pescato (kg)
Anguilla	1937.85
Alborella	73.00
Carassio dorato	26632.00
Carpa o regina	11012.80
Cavedano	14.50
Scardola	26.00
Tinca	669.00
Luccio	332.40
Pesce gatto	923.00
Latterino	69537.20
Persico reale	12165.50
Persico trota	2665.60
Gambero rosso	2849.90

Tab.3.2 - Quantitativi pescati.

commerciale con quote non indifferenti anche un crostaceo decapode, il gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii* Girard, 1852: si tratta anch'essa di una specie esotica di discreta importanza commerciale, ma che è anche considerata una delle 100 specie invasive più pericolose al mondo (Lowe *et al.*, 2000).

Nel periodo preso in considerazione dalla ricerca sono stati pescati complessivamente 137894,73 kg di pesce (Tab.3.2), dei quali il latterino costituisce in assoluto la specie più abbondante, essendo stato oggetto di un prelievo di oltre 69537,20 kg, seguito dal carassio dorato (26632,00 kg) e quindi dal persico reale (12165,50 kg).

Per avere un'idea di come è cambiata nel tempo la composizione del pescato del lago Trasimeno i dati del prelievo ittico rilevato nel corso

RISULTATI

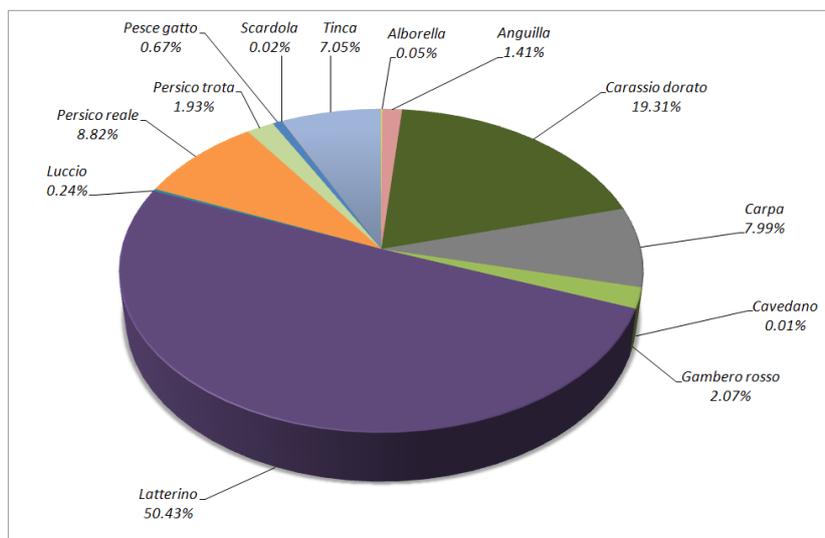


Fig.3.1 - Composizione del pescato nel periodo 2011-13.

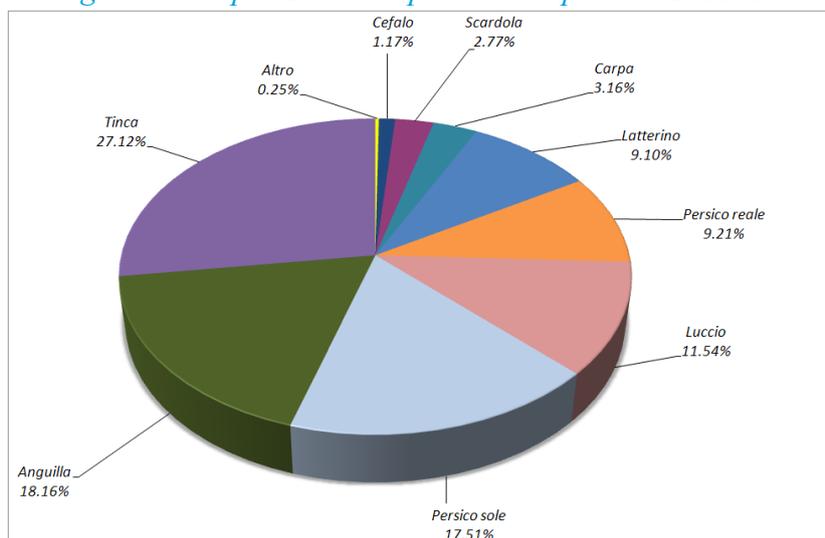


Fig.3.2 - Composizione del pescato nel periodo 1956-80.

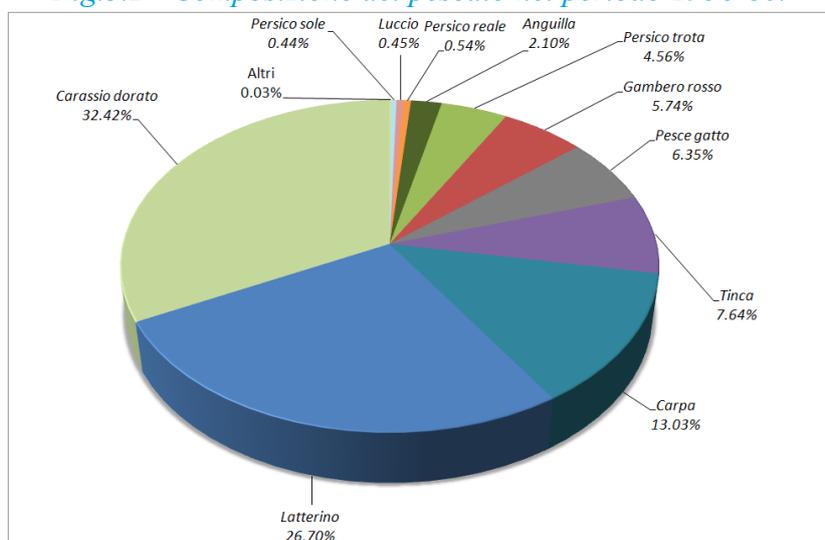


Fig.3.3 - Composizione del pescato nel periodo 2003-04.

dell'indagine (Fig.3.1) sono state confrontate con quelle effettuate nel periodo 1956-80 (Fig.3.2) e 2003-2004 (Fig.3.3). Quasi del tutto ininfluenza nel pescato del periodo 1856-80 (Mearelli *et al.*, 1990), negli anni successivi il lutterino è divenuto la specie più importante nel pescato commerciale delle locali cooperative, tanto da ricoprire attualmente oltre il 50% delle quote di pesce prelevate nel lago Trasimeno.

Il pescato complessivo dell'intero periodo di monitoraggio è stato analizzato disaggregandolo in due intervalli temporalmente omogenei che vanno dal maggio 2011 all'aprile 2012 (periodo 2011-2012) e dal maggio 2012 all'aprile 2013 (periodo 2012-2013). E' evidente che per interpretare in modo corretto e dettagliato le tendenze evolutive in atto nella composizione del pescato del lago Trasimeno occorre analizzare una maggiore quantità di informazioni, soprattutto estese su di un arco temporale più ampio; intanto alcune considerazioni posso-

RISULTATI

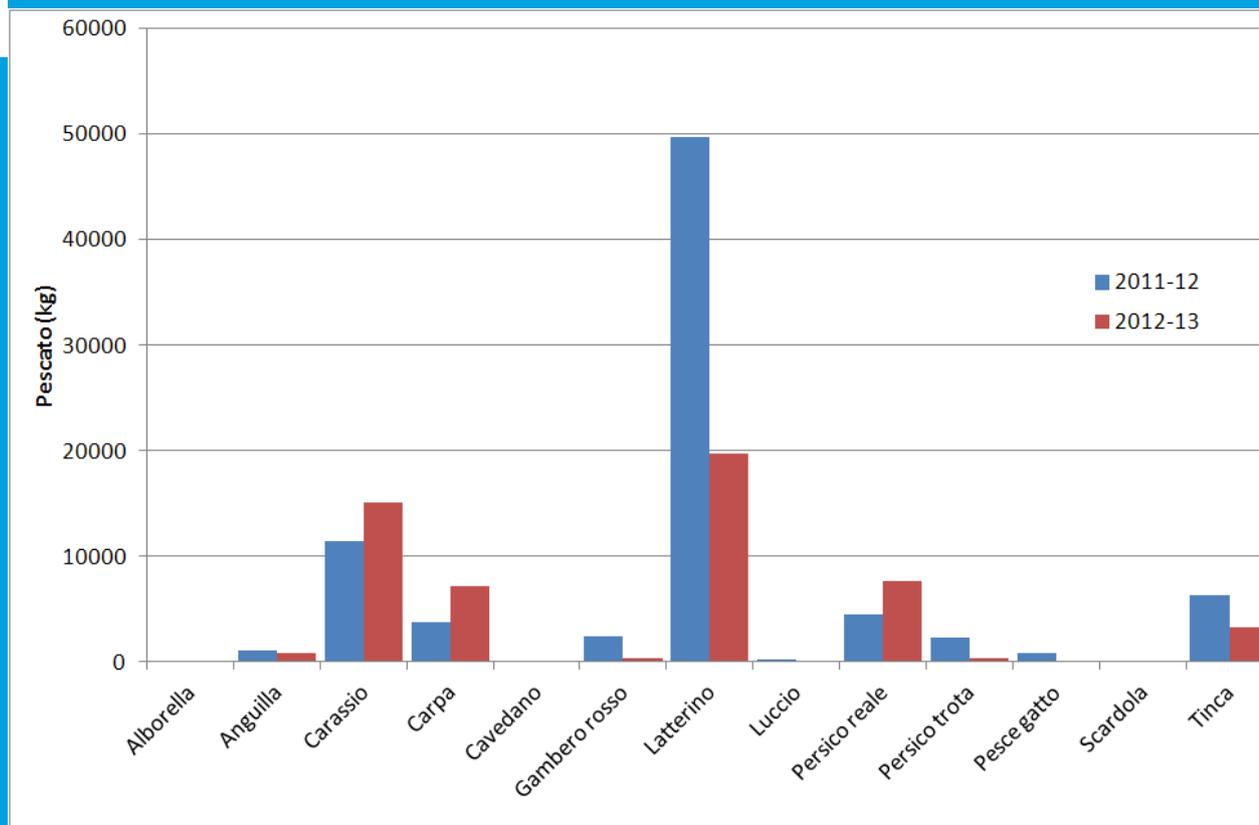


Fig.3.4 - Confronto fra il pescato disaggregato per specie nei periodi 2011-12 e 2012-13.

no forse essere desunte anche da questa prima analisi (Fig.3.4). Il pescato nel periodo maggio 2012 - aprile 2013 mostra una flessione abbastanza consistente rispetto all'analogo periodo dell'anno precedente: la resa del lago Trasimeno è stata di 60,748 t nel primo caso rispetto alle 77,146 t del secondo. Il latterino è la specie che più di altre ha contribuito a far diminuire il prelievo complessivo, per questa specie si è assistito ad un vero crollo delle abbondanze, con una quantità di pescato che nel 2012-13 si è praticamente dimezzata rispetto all'anno precedente: nel 2012-13 sono state catturate 19,789 t contro un quantitativo di 49,748 del 2011-12. Altre specie ittiche hanno subito nel 2012-13 un'analoga riduzione delle quote di pescato: anguilla, luccio, persico trota, pesce gatto, tinca e scardola, oltre al gambero rosso della Louisiana, sono tutti diminuiti nelle proprie abbondanze; le catture di tali specie al lago Trasimeno non apparivano comunque particolarmente elevate neanche nel periodo 2011-12, con l'eccezione della tinca, la sola a superare le 5 t di pescato nel 2011-12. Carassio dorato, persico reale e carpa, in assoluto le specie più catturate nel Trasimeno dopo il latterino, al contrario presentano un incremento tendenziale con valori di pescato che aumentano nel periodo 2012-13 rispetto a quanto conferito alla cooperativa di San Feliciano nell'anno precedente.

Se si confronta la capacità di cattura di attrezzi diversi nei confronti del latterino è possibi-

RISULTATI

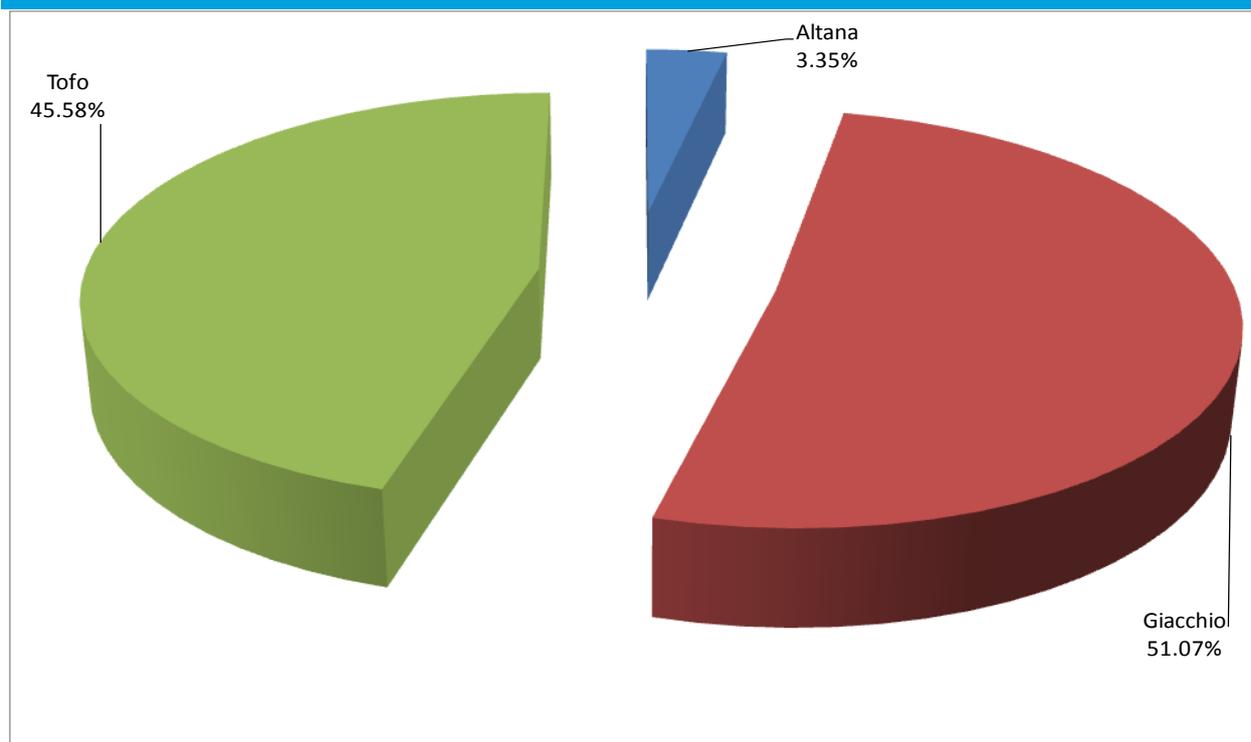


Fig.3.5 - Confronto fra attrezzi diversi nel pescato del latterino.

le dedurre che la quasi totalità del pescato di questa specie viene garantita da due soli tipi di reti, il giacchio, che con 35,51 t riveste una quota pari a oltre il 51% del totale, e il tofo che invece ha portato alla cattura di 31,69 t di latterino, pari al 45,58% del totale; le altane ricoprono una quota minima del pescato complessivo della cooperativa, pari a poco più del 3% (2,33 t).

Alcuni dettagli sull'andamento dell'abbondanza della popolazione di latterino del lago Trasimeno possono essere desunti dall'analisi dello sforzo pesca applicato ai quantitativi di pescato appena descritti e dal calcolo delle relative CPUE (Tab.3.3). E' possibile osservare come la riduzione dei quantitativi di latterino pescati nel periodo 2012-13 sia solo in parte dovuta all'applicazione di uno sforzo pesca meno importante: in effetti nel secondo degli anni di osservazione il numero di giacchi e di tofi utilizzati dai pescatori di professione è calato passando da 170 giacchi usati nel 2011-12 a 98 nel 2012-13 e da 13106 tofi nel 2011-12 a 12976 nel 2012-13. Solo per le altane con maglia da 6 e 7 mm il trend è stato di tipo diverso: al contrario dei gli

Attrezzo	Sforzo pesca		CPUE	
	2011-12	2012-13	2011-12	2012-13
altana	2600	14735	0.416	0.034
giacchio	170	98	142.526	115.118
tofo	13106	12976	3.562	0.724

attrezzi precedenti, le altane da latterino hanno visto un notevole incremento dello sforzo applicato, che è passato dal valore di 2600 m² di superficie complessiva delle reti usate nel periodo 2011-12 a quello di

Tab.3.3 - Confronto nello sforzo pesca e CPUE del latterino nei periodi 2011-12 e 2012-13.

RISULTATI

14735 m² nel periodo 2012-13.

A fronte di tali variazioni nello sforzo pesca, i valori delle CPUE di tutte le tipologie di attrezzatura usate per la cattura del latterino indicano un decremento dell'abbondanza di questa specie, cosa che deve essere associata ad una riduzione complessiva della popolazione presente nel lago Trasimeno. Le CPUE delle altane passano dal valore di 0,42 kg/m² del 2011-12 a quello di 0,03 kg/m² del 2012-13, per i tofi i quantitativi calano da 3,56 kg/attrezzo a 0,72 kg/attrezzo,

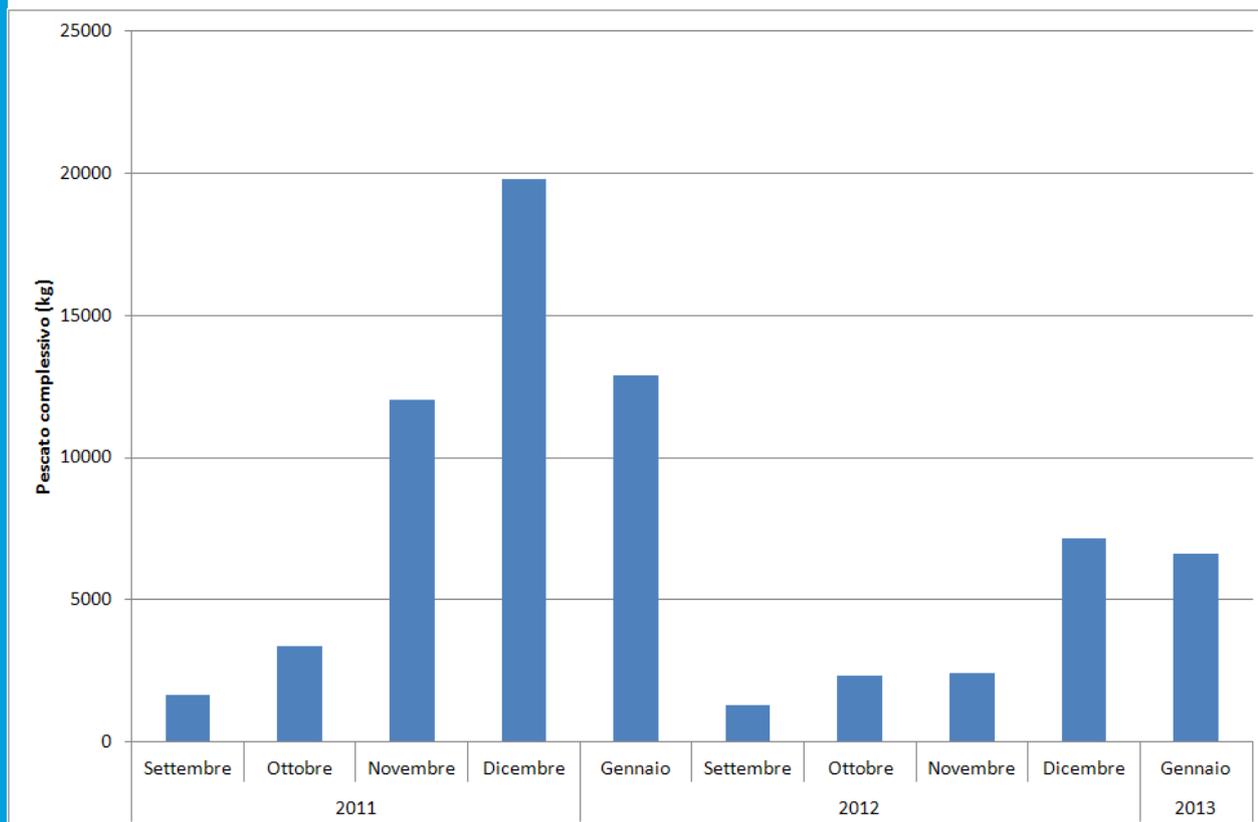


Fig.3.6 - Andamento mensile del pescato del latterino.

mentre meno eclatante è la riduzione osservata per il giacchio che passa da 142,53 kg/attrezzo del 2011-12 a 115,14 kg/attrezzo del 2012-13.

La figura 3.6 mostra l'andamento mensile del pescato complessivo conferito alla cooperativa di San Feliciano, in cui è possibile osservare la notevole differenza dal punto di vista quantitativo che caratterizza i due diversi periodi di monitoraggio: il 2011-12 si caratterizza per raggiungere valori di pescato nettamente superiori al 2012-13 in tutti i mesi in cui la pesca al latterino è permessa. In entrambi i periodi di monitoraggio si individua comunque lo stesso identico andamento: da settembre a dicembre si osserva un progressivo aumento nel pescato, che poi si riduce di nuovo nel successivo mese di gennaio. In settembre e ottobre (per entrambi gli anni di

RISULTATI

osservazione) e in novembre (solo per il 2012-13) il prelievo operato per il latterino è comunque minimo rispetto ai mesi successivi, nei quali effettivamente si concentra la massima parte del pescato complessivo; in particolare a settembre, mese in cui la popolazione è parzialmente ancora in fase riproduttiva, vengono pescati 1675 kg nel periodo 2011-12, pari soltanto al 3,37% del totale dell'intera stagione di pesca, mentre la quota del periodo 2012-13 è di 1294 kg, pari al 6,54% del totale. Le quantità di latterino prelevate dal lago Trasimeno in settembre, quindi, non sono particolarmente elevate, anche se si deve tenere conto del fatto che la cooperativa di San Feliciano non è la sola ad operare nel lago e quindi questi quantitativi devono essere considerati sicuramente sottostimati.

All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi del pescato sono risultate altamente significative nel confronto fra i mesi di campionamento ($F = 22,639$; $p = 0,001$) e fra i periodi di campionamento ($F = 19,565$; $p = 0,001$) e statisticamente significative nel confronto fra coppie di mesi nei due diversi periodi di campionamento ($F = 2,591$; $p = 0,038$). Al test post-hoc LSD di Fisher sono risultati altamente significativi i confronti fra i pescati dei mesi dei due diversi periodi di campionamento ($F < 0,01$), ad eccezione di settembre e ottobre che sono risultati non significativi.

La figura 3.7 mostra invece l'andamento mensile del pescato e dello sforzo pesca relativi

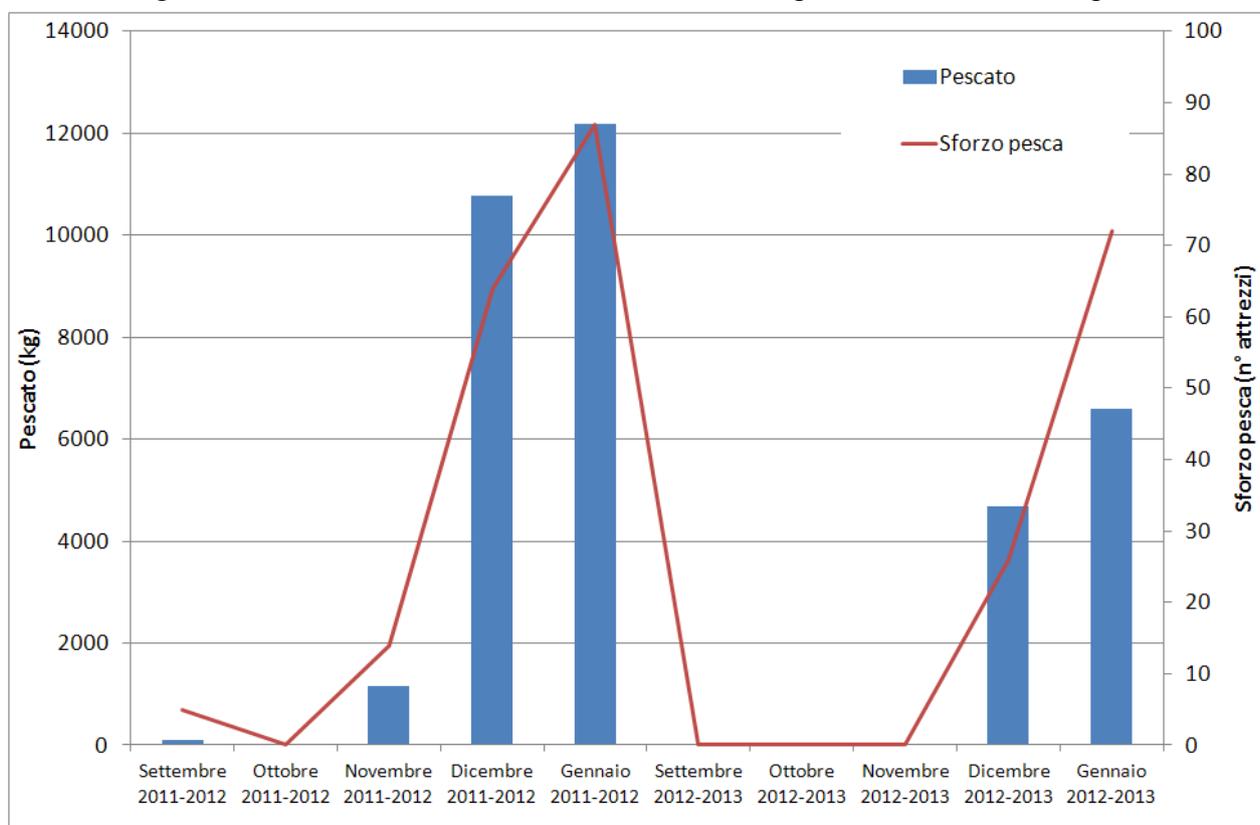


Fig.3.7 - Andamento mensile del pescato e dello sforzo pesca del giacchio.

RISULTATI

al solo ghiaccio: l'analisi dei dati evidenzia come il ghiaccio non venga usato con continuità in tutto il periodo di pesca e come i mesi in cui si realizzano le rese più elevate siano quelli di dicembre e gennaio, che rappresentano anche il periodo in cui l'attività di pesca con questo attrezzo risulta più intensa. Tra pescato e sforzo pesca c'è anche una buona corrispondenza, segno evidente che il pescato è fortemente dipendente dallo sforzo applicato, ad eccezione forse della fase finale della stagione di pesca del periodo 2012-13, quando ad un incremento molto consistente dello sforzo pesca, che quasi triplica i propri valori passando da 26 a 72 attrezzi, corrisponde un aumento del pescato che tuttavia non avviene in modo altrettanto abbondante: il prelievo di questo attrezzo, infatti, passa dai 4679 kg di dicembre 2012 ai 6605 kg di gennaio 2013, aumentando quindi solo del 50%. E' possibile che ciò sia la conseguenza di un effettivo depauperamento della risorsa.

All'analisi della varianza, comunque, le differenze fra i valori medi nei due periodi di tempo confrontati non sono risultate significative, né per il pescato ($F = 3,925$; $p = 0,051$), né per lo sforzo pesca ($F = 2,494$; $p = 0,117$).

Molto diverso è l'andamento mensile del pescato e dello sforzo pesca realizzato per il tofo da latterino, mostrato nella figura 3.8: in questo caso è possibile osservare come il crollo dei quantitativi della specie conferiti alla cooperativa di San Feliciano, evidente per tutti i mesi del

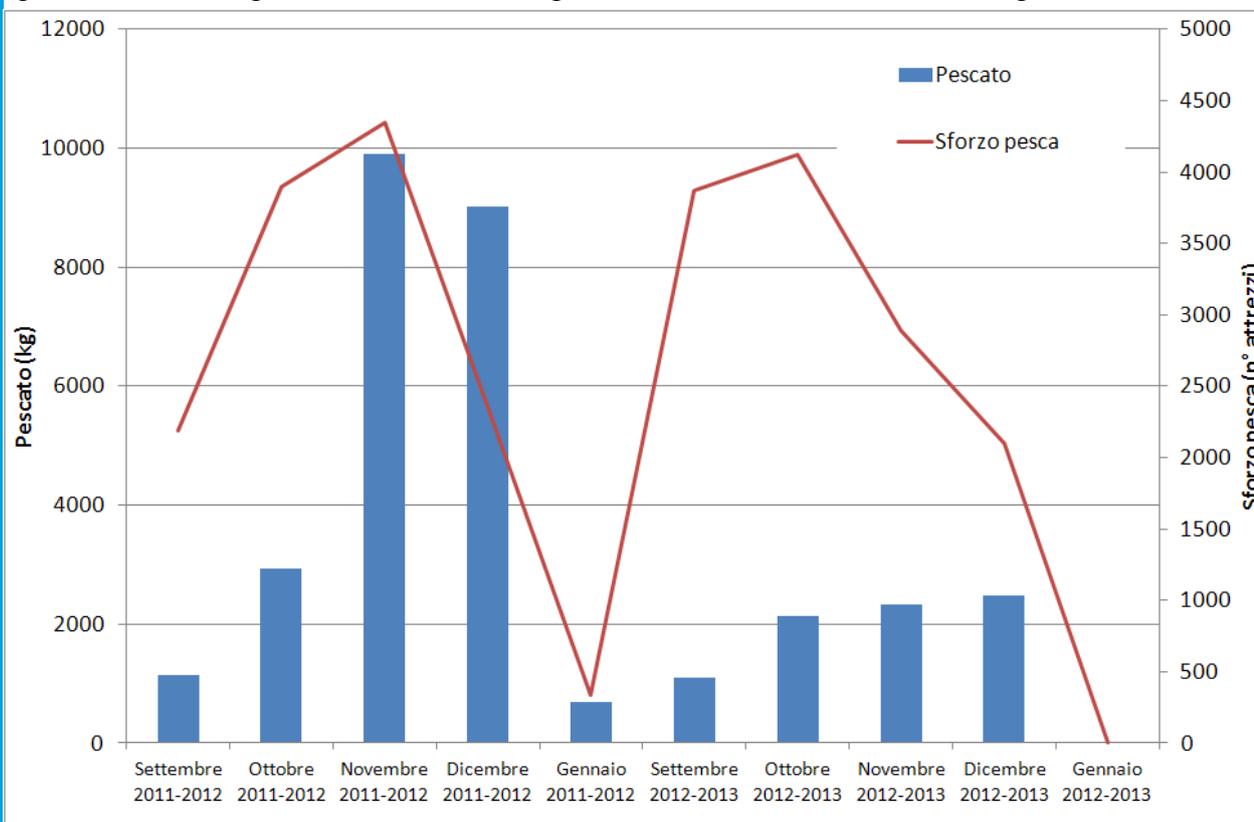


Fig.3.8 - Andamento mensile del pescato e dello sforzo pesca del tofo da latterino.

RISULTATI

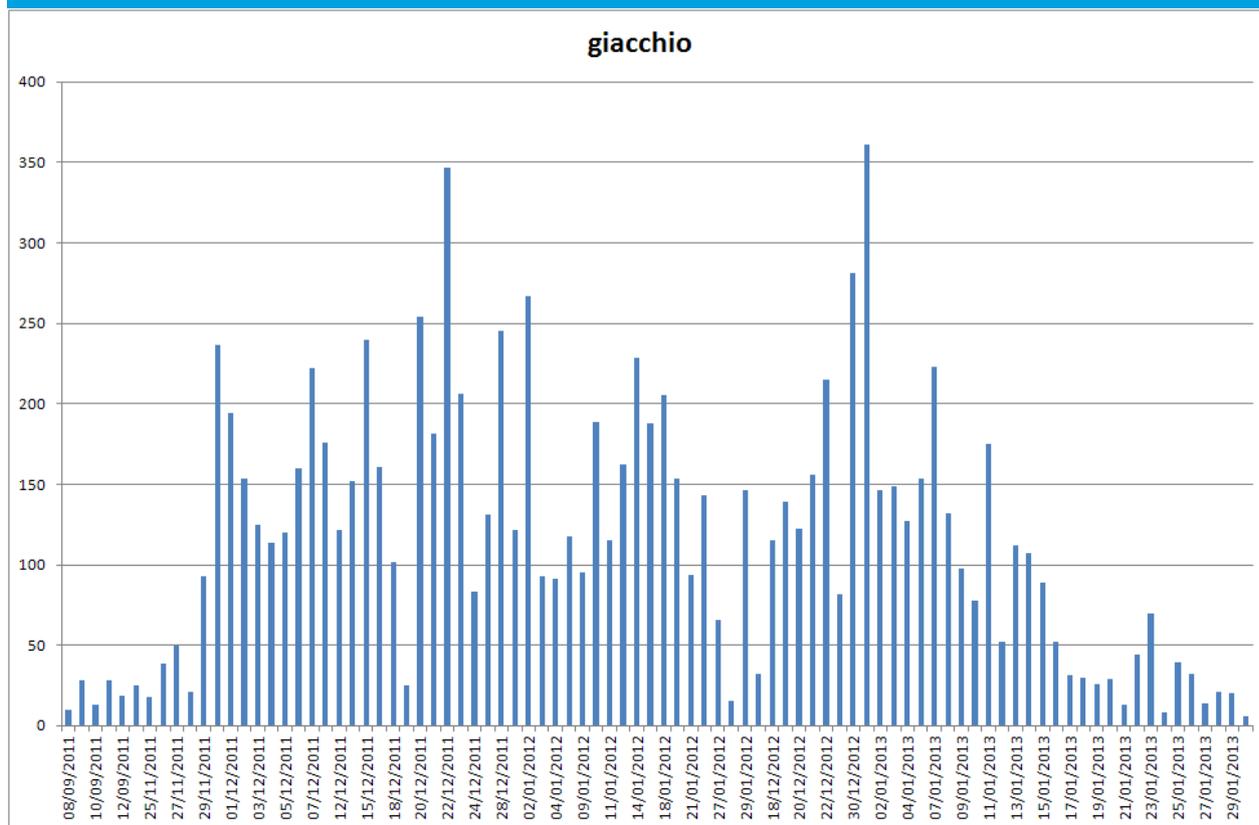


Fig.3.9 - Andamento giornaliero delle CPUE del giacchio.

periodo 2012-13 rispetto al precedente periodo 2011-12, sia avvenuto nonostante non si osservino grandi variazioni nello sforzo pesca applicato, che comunque aumenta complessivamente nel 2012-13 rispetto al periodo precedente.

All'analisi della varianza, comunque, le differenze fra i valori medi nei due periodi di tempo confrontati sono risultate altamente significative per il pescato ($F = 22,726$; $p = 0,001$) e statisticamente significative per lo sforzo pesca ($F = 5,466$; $p = 0,02$).

Maggiori informazioni sulle tendenze in atto nell'abbondanza complessiva della popolazione di latterino nel lago Trasimeno sono desumibili dall'analisi delle CPUE che, essendo costituite dalle catture effettuate sulla specie espresse a sforzo di pesca costante, risultano indipendenti dalle variazioni dell'intensità di pesca da un anno all'altro. Il grafico della figura 3.9 mostra l'andamento giornaliero delle CPUE del giacchio per l'intero periodo di tempo in cui sono state condotte le osservazioni: non emerge una netta tendenza alla riduzione complessiva delle abbondanze della popolazione nel tempo, anche se le catture effettuate nel periodo più recente si riducono rispetto al passato, come in parte dimostrato anche dalle analisi successive. L'analisi della regressione lineare delle CPUE del giacchio in funzione del tempo, infatti, ha evidenziato la presenza di una tendenza alla riduzione dello stock, come chiaramente espresso dalla relazione

RISULTATI

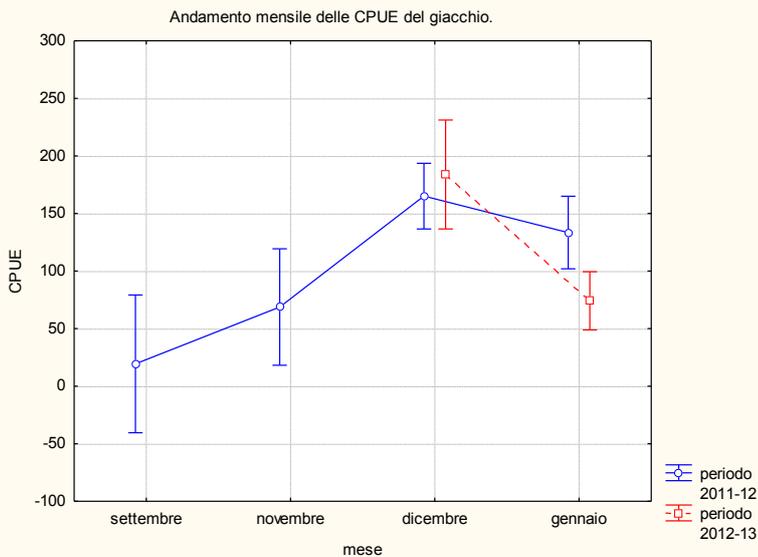


Fig.3.10 - Andamento mensile delle CPUE del giacchio.

delle CPUE mensili nei due diversi periodi di osservazione, denuncia l'esistenza di una riduzione

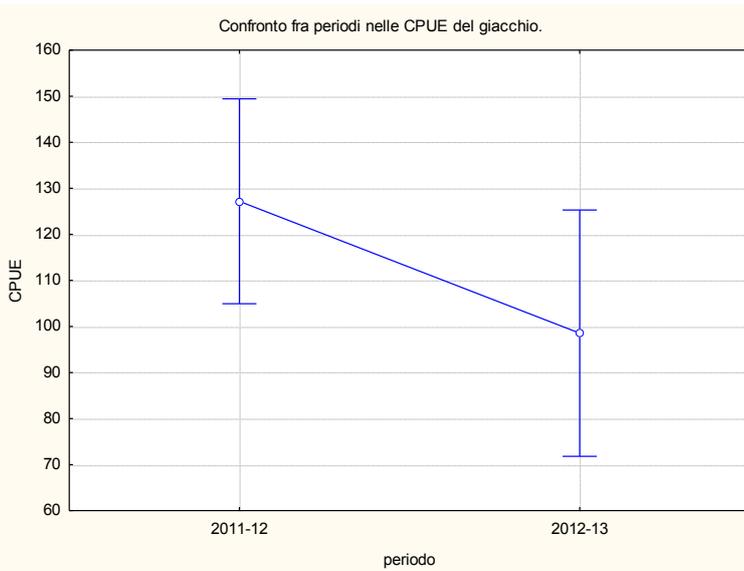


Fig.3.11 - Confronto fra periodi nelle CPUE del giacchio.

a quello di 98,548±13,453 kg/attrezzo per il periodo 2012-13 (Fig.3.11). Il confronto effettuato mediante analisi della varianza non ha tuttavia evidenziato la presenza di differenze statisticamente significative tra i valori medi delle CPUE dei due diversi periodi di tempo ($F = 2,667$; $p = 0,105$); le differenze sono altamente significative quando ad essere confrontati sono i valore medi mensili delle CPUE ($F = 16,886$; $p = 0,001$), mentre sono statisticamente significative ($F = 5,152$; $p = 0,026$) nel confronto fra i valori medi mensili delle CPUE dei due diversi periodi di tempo. Quelle che emerge, quindi, è la presenza di una tendenza, evidente anche se non molto

trovata che è risultata pari a:

$$CPUE = 2601,585 - 0,061 \times (R^2 = 0,021; r = -0,146; p = 0,174).$$

L'analisi, quindi, mostra la presenza di una correlazione negativa fra le due variabili e quindi sembra dimostrare la presenza di una tendenza nella riduzione delle CPUE nel tempo ($r = -0,146$), che tuttavia è priva di significatività statistica ($p > 0,05$).

Anche l'esame della figura 3.10, che mostra il confronto fra i valori medi

ne delle abbondanze del latterino nel 2012-13 che è più evidente per il mese di gennaio, quando il valore medio (\pm errore std) delle CPUE cala da 133,466±15,856 kg/attrezzo per il periodo 2011-12 a 74,157±12,712 kg/attrezzo per il periodo 2012-13 (Fig.3.10).

Complessivamente le medie delle CPUE (\pm errore std) passano dal valore di 127,179±11,194 kg/attrezzo per l'intero periodo di pesca 2011-12

RISULTATI

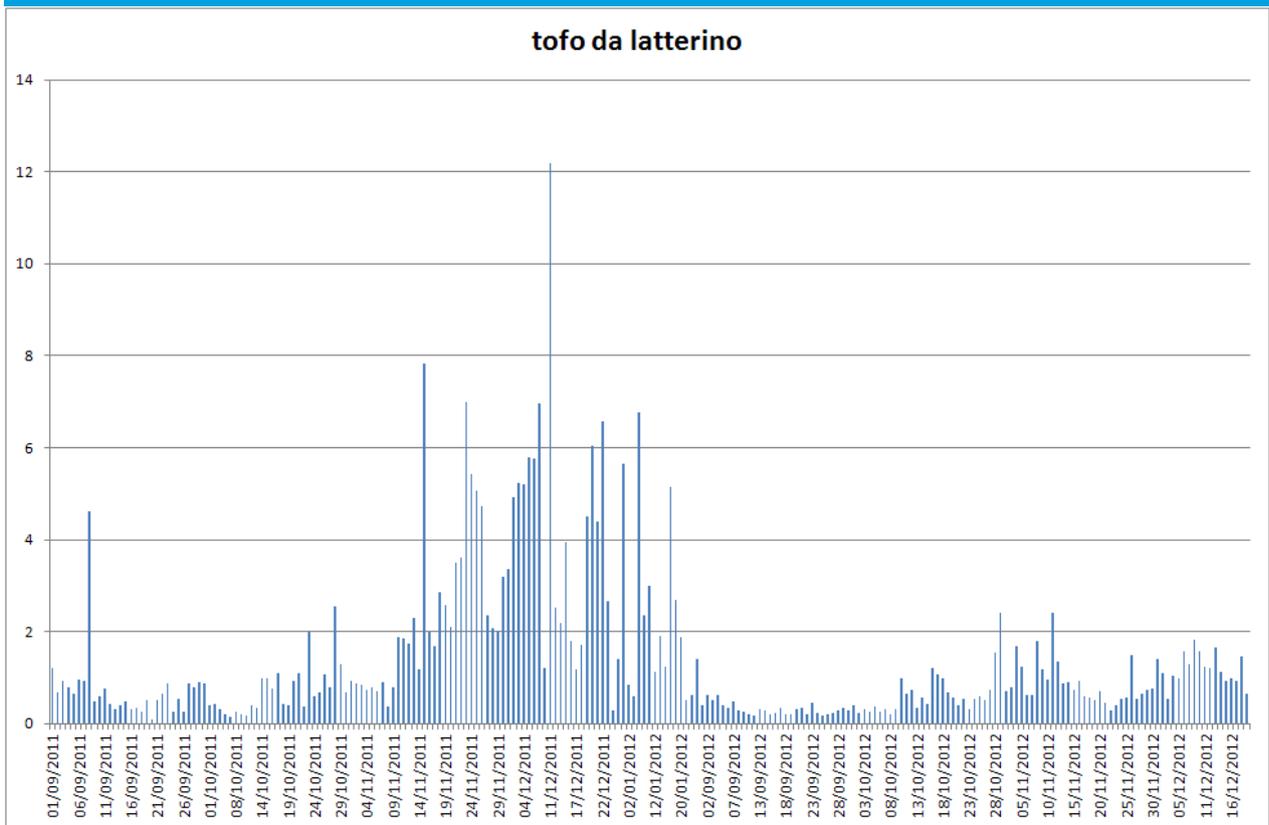


Fig.3.12 - Andamento giornaliero delle CPUE del tofo da latterino.

netta, ad una riduzione delle abbondanze del latterino, valutate attraverso le catture per unità di sforzo del giacchio.

Il grafico della figura 3.12 mostra l'andamento giornaliero delle CPUE del tofo da latterino anche in questo caso elaborato per l'intero periodo di monitoraggio: questa volta la tendenza alla riduzione complessiva dei valori delle catture nel tempo è più evidente e la regressione lineare

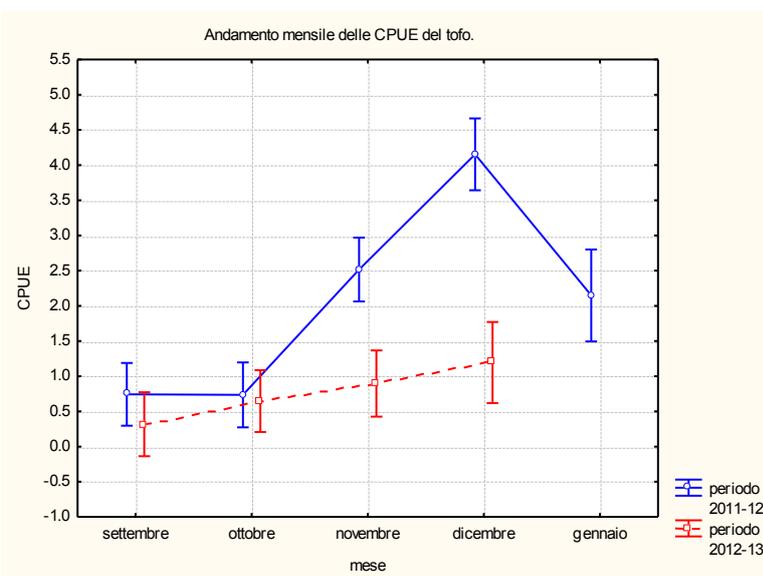


Fig.3.13 - Andamento mensile delle CPUE del tofo.

delle CPUE del tofo da latterino in funzione del tempo è descritta dalla seguente relazione:

$$CPUE = 105,469 - 0,002 x (R^2 = 0,273; r = -0,273; p = 0,001).$$

L'analisi, quindi, mostra la presenza di una correlazione negativa fra le due variabili ($r = -0,273$), che in questo caso risulta altamente significativa al test statistico ($p < 0,01$).

Anche l'esame della figura 3.13 che

RISULTATI

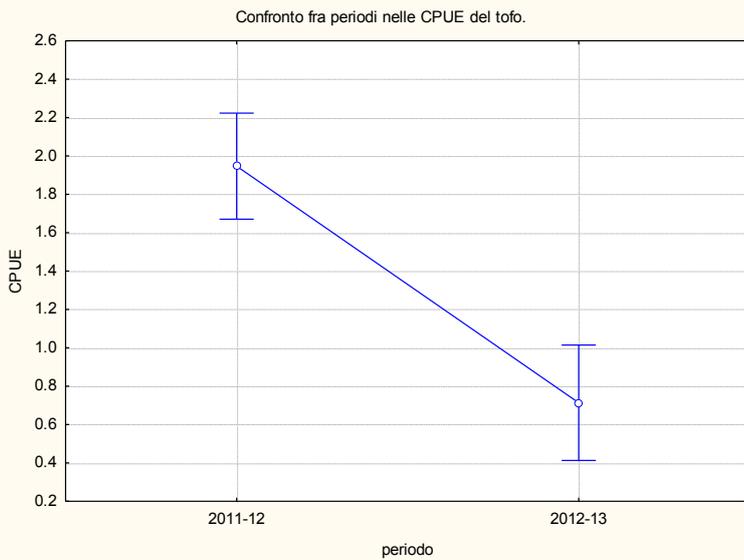


Fig.3.14 - Confronto fra periodi nelle CPUE del tofo.

mostra il confronto fra i valori medi delle CPUE mensili nei due diversi periodi di osservazione, mostra l'esistenza di una riduzione delle abbondanze del latterino nel periodo 2012-13; calo che è particolarmente evidente per i mesi di novembre e dicembre, quando il valore medio (\pm errore std) delle CPUE diminuisce dai valori di $2,516 \pm 0,230$ e $4,153 \pm 0,259$ kg/attrezzo rispettivamente per i mesi di novembre e dicembre del periodo 2011-12 ai valori di $0,895 \pm 0,239$ e $1,194 \pm 0,292$ kg/attrezzo per gli stessi mesi del periodo 2012-13 (Fig.3.13).

Complessivamente le medie delle CPUE (\pm errore std) del tofo da latterino passano dal valore di $1,947 \pm 1,140$ kg/attrezzo per il periodo di pesca 2011-12 a quello di $0,713 \pm 13,453$ kg/attrezzo per il periodo 2012-13 (Fig.3.14). Il confronto effettuato mediante analisi della varianza ha evidenziato la presenza di differenze altamente significative tra i valori medi delle CPUE dei due diversi periodi di tempo ($F = 35,372$; $p = 0,001$), così come altamente significative al test statistico sono le differenze fra i valore medi mensili delle CPUE ($F = 30,793$; $p = 0,001$) e quelle del confronto fra i valori medi mensili delle CPUE dei due diversi periodi di tempo ($F = 13,087$; $p = 0,001$). In questo caso, quindi, e in modo ancora più evidente rispetto a quanto osservato per il giacchio, quello che emerge, quindi, è la presenza di una tendenza molto netta e evidente alla riduzione delle abbondanze del latterino nel tempo.

CONCLUSIONI

4 - CONCLUSIONI

La ricerca ha permesso di approfondire le informazioni disponibili sulla biologia e l'ecologia della popolazione di latterino, aggiungendo molti dettagli utili per migliorare e razionalizzare la gestione di una delle risorse ittiche più importanti nell'economia della pesca nel lago Trasimeno (Lorenzoni e Ghetti, 2012). La specie era già stata studiata nel passato da Moretti *et al.* (1959), che avevano indagato alcuni aspetti specifici, quali ad esempio l'andamento del pescato in relazione alle caratteristiche ambientali del lago, l'alimentazione e il livello di parassitosi; Mantilacci *et al.*, (1990), più di recente, hanno approfondito il tema dell'alimentazione della specie, anche in relazione alla struttura delle comunità planctoniche del lago, oltre ad analizzare alcuni aspetti relativi all'accrescimento.

Il latterino è stato introdotto accidentalmente nel lago Trasimeno nel 1920 (Moretti *et al.*, 1959), molto probabilmente frammisto a novellame di cefalo (Natali, 2002). La specie si è ambientata molto presto nel lago, aumentando in modo rapido le proprie abbondanze, tanto da figurare già pochi anni dopo (1928-29) nei registri delle cooperative dei pescatori di professione (Moretti *et al.*, 1959). Dall'analisi del pescato riguardante la cooperativa di S. Feliciano, una delle maggiori del lago, risulta che il latterino ha costituito nel periodo 1956-61 poco meno del 2% del pescato totale del lago (Mearelli *et al.*, 1990), percentuale che sale nel quinquennio 1981-86 al 21% circa del prelievo complessivo, ponendo il latterino al 2° posto fra tutte le specie commercializzate assieme al persico reale (Mearelli *et al.*, 1987). Anche in tempi più recenti la specie rimane fra quelle maggiormente ricercate dai pescatori di professione, guadagnando quote di pescato addirittura sempre crescenti: nel periodo 1995-2004 è divenuta con oltre il 29% del prelievo complessivo del lago la specie più catturata (Lorenzoni e Ghetti, 2012).

L'importanza economica della specie è stata ampiamente confermata anche dai risultati della ricerca, che monitorando giornalmente il pescato della cooperativa di San Feliciano nel periodo maggio 2011 - aprile 2013 ha evidenziato come attualmente la percentuale del pescato attribuibile al latterino superi complessivamente il 50% del totale.

Il latterino comunque si è inserito perfettamente nella struttura trofica del lago Trasimeno: la sua alimentazione quasi esclusivamente planctofaga (Mantilacci *et al.*, 1990) e il suo ruolo di componente particolarmente importante nella dieta della maggior parte dei pesci ittiofagi (Lorenzoni *et al.*, 1999; Lorenzoni *et al.*, 2002a), rendono il latterino uno degli elementi chiave nei trasferimenti energetici che avvengono nella biocenosi del lago.

La ricerca ha permesso di conoscere molti dettagli della biologia della popolazione del lat-

CONCLUSIONI

terino del lago Trasimeno che erano ancora sconosciuti o poco indagati. La durata della vita del latterino è generalmente di 2-3 anni (Donato *et al.*, 1996; Bertotto *et al.*, 1997; Leonardos e Sinis, 2000; Andreu-Soler *et al.*, 2003) e solo raramente più lunga (Henderson *et al.*, 1988; Cevher Ozeren, 2009), per una taglia massima che generalmente oltrepassa di poco 10 cm di lunghezza (Leonardos e Sinis, 2000; Andreu-Soler *et al.*, 2002; Bartulovic *et al.*, 2004; Chrisafi *et al.*, 2007). Nel caso del lago Trasimeno la longevità massima degli individui che compongono la popolazione sembra più alta rispetto alla norma: sono stati trovati esemplari che avevano oltrepassato i 4 inverni di vita (classe 4+), con dimensioni massime superiori, seppure di poco, ai 10 cm di lunghezza totale. Le femmine risultano mediamente di taglia maggiore e più anziane dei maschi: è probabile che ciò sia dovuto ad una maggiore mortalità che contraddistingue questi ultimi, come dimostrato dal rapporto fra i sessi che nel Trasimeno risulta sempre più sbilanciato a favore delle femmine con il progredire dell'età. I maschi prevalgono nelle età più giovani, dove rappresentano il 58,82% del totale nei nati dell'anno (classe 0+) e il 54,90% della classe 1+ (rapporto 1:1,22); poi nelle età successive le femmine divengono sempre più frequenti e predominano nel campione a partire dalla 2+, dove i maschi scendono al 43,32%, diventando nella classe 3+ il 37,07%, per scomparire quasi del tutto fra gli esemplari ancora più anziani (4+) fra i quali assommano soltanto al 6,56% del totale. Le maggiori dimensioni raggiunte dalle femmine e la presenza di un rapporto fra i sessi sbilanciato a favore delle stesse non appaiono una caratteristica specifica del lago Trasimeno, quanto piuttosto un tratto abbastanza comune in questa specie, essendo stato rilevato in numerose altre popolazioni (Donato *et al.*, 1996; Bertotto *et al.*, 1997; Leonardos e Sinis, 2000; Cevher Ozeren, 2009).

Nella regressione lunghezza - peso è stato evidenziato come il valore del coefficiente di regressione (b) risulti in entrambi i sessi sempre nettamente superiore a 3, valore che indica un accrescimento di tipo isometrico (Ricker, 1975): l'accrescimento nel latterino del Trasimeno avviene con modalità allometriche positive ed è tale che la lunghezza aumenta in modo meno che proporzionale rispetto alle altre dimensioni dello spazio. Il valore del coefficiente di regressione è anche maggiore nei maschi ($b = 3,17$) rispetto alle femmine ($b = 3,14$). In una precedente ricerca (Mantilacci *et al.*, 1990) la popolazione era risultata caratterizzarsi per un accrescimento nettamente allometrico negativo che riguardava sia i maschi che le femmine (Mantilacci *et al.*, 1990). In 18 popolazioni di varie località dell'Europa mediterranea, il valore medio di b è risultato pari a 2,96 (range: 2,23 - 3,48) (Froese e Pauly, 2013) e quindi nettamente inferiore a quello calcolato per il lago Trasimeno, per il quale il campione complessivo presenta un valore pari a

CONCLUSIONI

3,21. Per una popolazione della Spagna (Andreu-Soler et al., 2003) il coefficiente di regressione rilevato è pari a 3,11 nei maschi e 3,04 nelle femmine, mentre in Grecia Leonardos e Iannis (2000) hanno trovato che il latterino cresce allometricamente, con un valore del coefficiente b pari a 3,15.

Particolarmente importanti ai fini della ricerca, che ha anche lo scopo di verificare l'eventuale presenza di un'incidenza sulla popolazione delle attività di pesca che a settembre si sovrappongono con la riproduzione della popolazione, sono i risultati relativi all'accrescimento e in modo particolare al retrocalcolo. L'analisi delle scaglie utilizzate per il retrocalcolo ha permesso di evidenziare che il latterino inizia la formazione dell'annulo intorno al mese di aprile (Fernandez-Delgado *et al.*, 1988; Bartulovic *et al.*, 2004), in coincidenza con l'inizio della stagione primaverile e, come vedremo meglio più avanti, l'avvio della lunga fase riproduttiva. Nessuna differenza è stata rilevata nell'accrescimento fra i due sessi, confermando anche per il lago Trasimeno quanto emerso da ricerche condotte su altre popolazioni: il latterino non sarebbe caratterizzato dalla presenza di dimorfismo sessuale nell'accrescimento (Bertotto *et al.*, 1988). Le lunghezze raggiunte alle varie età e determinate mediante il retrocalcolo risultano pari a 4,23 cm al termine del primo anno di vita, pari a 6,14 cm a due anni, a 7,70 cm a tre anni e a 8,41 cm a quattro anni. L'equazione che descrive l'accrescimento teorico in lunghezza, secondo il modello di Von Bertalanffy (1938) è pari a $LT_t = 10,031 \{1 - e^{-0,443(t+0,180)}\}$; il corrispondente valore di Φ' è di 1,649. Il confronto con 9 popolazioni europee, delle quali è noto il modello di accrescimento e il cui range di Φ' varia fra 1,58 e 2,13 (con una media e una mediana pari a 1,75) (Froese e Pauly, 2013), evidenzia come la popolazione del lago Trasimeno non si possa annoverare fra quelle con l'accrescimento migliore.

L'analisi degli accrescimenti retrocalcolati, effettuata per il campione complessivo, ha permesso di constatare l'esistenza nella popolazione di latterino del lago Trasimeno del fenomeno di Lee inverso, le cui origini sono con molta probabilità da ricercare nell'esistenza di forme di predazione o competizione che eliminano selettivamente gli esemplari che nei primi anni di vita (classi 0+ e 1+) crescono meno velocemente; in questo modo nella popolazione vengono avvantaggiati i latterini di maggiori dimensioni (Lorenzoni *et al.*, 2002b). Questo risultato appare particolarmente importante ai fini degli obiettivi della ricerca poiché permette di escludere la presenza al lago Trasimeno di un'incidenza negativa sulla composizione della popolazione operata dalla pesca di professione: è noto come al contrario gli attrezzi utilizzati dai pescatori di professione selezionano all'interno di una stessa coorte soprattutto gli esemplari di maggiori dimensio-

CONCLUSIONI

ni (Bagenal, 1985; Pompei *et al.*, 2012). La popolazione di latterino del lago Trasimeno appare, invece, molto più probabilmente condizionata dall'esistenza di forme di competizione intraspecifica per le risorse che, causando l'esistenza di una mortalità differenziale densità-dipendente, penalizza gli esemplari non in grado di accedere ad un'adeguata quantità di alimento: l'intensità di tale competizione sarà elevata soprattutto nel periodo invernale, quando le condizioni ambientali appaiono più fortemente penalizzanti soprattutto per chi non ha avuto modo di provvedere ad immagazzinare una sufficiente scorta di riserve energetiche. In una popolazione inglese di latterino, in cui la riproduzione avviene da aprile a luglio, è stato dimostrato che esiste un chiaro vantaggio selettivo nel riprodursi nella fase più precoce della stagione, in quanto i giovani esemplari 0+ nati più tardivamente presentano riserve di grasso insufficienti a far fronte all'inverno e sono quindi penalizzati da una mortalità più elevata (Henderson *et al.*, 1988).

Di rilievo è anche il risultato che emerge per il lago Trasimeno dal confronto della condizione somatica presentata dai due sessi, in cui si evidenzia come le femmine presentino uno stato nettamente migliore rispetto ai maschi. In entrambi i sessi, inoltre, la condizione peggiora durante l'accrescimento e gli esemplari più anziani appaiono in condizioni di alimentazione più precarie rispetto ai giovani: tutto ciò spiega la maggiore mortalità che al Trasimeno insiste sui maschi, l'alterazione del rapporto fra i sessi che avvantaggia le femmine e il progressivo aumentare dello squilibrio fra i sessi nella popolazione con l'avanzare dell'età.

Il confronto fra l'andamento della condizione generale e di quella somatica nelle varie classi di età nel campione disaggregato per sesso ha evidenziato come l'investimento riproduttivo nella popolazione di latterino del lago Trasimeno sia elevato in entrambi i sessi e vada generalmente crescendo con l'età, con un incremento nelle femmine più pronunciato nella classe 2+ rispetto alle età precedenti: anche se i latterini del Trasimeno possono iniziare a riprodursi anche negli anni precedenti, è soprattutto a partire dai due anni di vita che le femmine iniziano a contribuire in modo massiccio al reclutamento naturale della popolazione.

Le analisi evidenziano anche come in entrambi i sessi la condizione somatica permanga molto bassa durante tutto l'inverno e la parte iniziale della primavera: da dicembre fino ad aprile, mese in cui lo stato di benessere degli individui è al minimo assoluto, si osservano i valori più bassi dell'anno. E' evidente che questo periodo rappresenta la fase più critica per la popolazione: alle difficoltà dovute alla stagione invernale, conseguenza delle basse temperature e della scarsa abbondanza di cibo, si sovrappongono anche le conseguenze dell'elevata allocazione di energia nelle gonadi, il cui sviluppo inizia proprio a partire da febbraio. Luglio è il mese in cui lo stato di

CONCLUSIONI

benessere degli individui è al livello più elevato: la scorta delle riserve energetiche è massima, grazie all'abbondanza di cibo che deve aver caratterizzato il lago Trasimeno nei mesi precedenti. Fra luglio e agosto si osserva una netta diminuzione dello stato di benessere medio della popolazione, mentre nel periodo seguente la condizione rimane abbastanza stabile; nei mesi successivi, a partire da settembre nelle femmine e da ottobre nei maschi, la condizione somatica riprende il proprio declino fino a raggiungere il proprio minimo annuale di aprile. In popolazioni spagnole di latterino il fattore di condizione è risultato molto simile in entrambi i sessi (Andreu-Soler *et al.*, 2003 e 2006), con un ciclo stagionale avente un minimo in giugno-luglio e due massimi in aprile e novembre (Andreu-Soler *et al.*, 2003); la condizione somatica aumenta durante l'estate, rimane costante dall'autunno alla primavera e in seguito diminuisce fino all'inizio dell'estate, in coincidenza con la riproduzione (Andreu-Soler *et al.*, 2006).

Il ciclo riproduttivo della popolazione di latterino del Trasimeno è stato completamente chiarito dalla ricerca, che ha fatto emergere come, anche sotto questo aspetto, le differenze fra i sessi sono in generale molto contenute. Il massimo incremento delle gonadi si realizza fra febbraio e marzo; il volume delle gonadi aumenta ulteriormente nel mese successivo, rimane abbastanza stabile fino a maggio, mentre a partire da questo mese inizia a declinare lentamente fino a luglio; da luglio in poi la riproduzione continua ancora, ma le gonadi risultano meno sviluppate rispetto ai mesi precedenti: tale disparità sembra caratterizzare maggiormente i testicoli, con differenze nel volume delle gonadi fra i due periodi che sono quindi più accentuate nei maschi. A settembre c'è ancora una coda della riproduzione, che a ottobre risulta definitivamente conclusa: da questo mese fino a febbraio le gonadi permangono in fase quiescente. Il periodo riproduttivo in *A. boyeri* è molto variabile da luogo a luogo: sembra concentrarsi soprattutto nella tarda primavera - inizio estate (maggio-luglio) alle latitudini più elevate, come in Inghilterra e Francia (Henderson *et al.*, 1988; Froese e Pauly, 2013), mentre in Croazia e in Grecia è più prolungato e si estende da marzo a dicembre nel primo caso (Bartulovic *et al.*, 2004) e da marzo a ottobre nel secondo (Leonardos e Sinis, 2000). In una popolazione della laguna veneta, Bertotto *et al.*, 1997 hanno rilevato che la riproduzione del latterino ha luogo tra aprile e luglio ed avviene ad intervalli regolari apparentemente in relazione alle fasi lunari.

Attraverso l'analisi dell'indice gonado-somatico (GSI) si aggiungono ulteriori dettagli per chiarire l'andamento del ciclo riproduttivo del latterino al lago Trasimeno: l'investimento riproduttivo è mediamente elevato in entrambi i sessi e le gonadi nella loro massima estensione, che viene raggiunta ad aprile, interessano mediamente il 15% nelle femmine e il 12% nei maschi

CONCLUSIONI

dell'intera massa corporea, con picchi massimi che possono però arrivare anche al 30% del peso complessivo dei singoli esemplari. Le variazioni mensili del GSI evidenziano anche la presenza di un secondo massimo relativo, inferiore a quello assoluto di aprile, che viene raggiunto a luglio nei maschi e ad agosto nelle femmine. Il latterino si riproduce in un arco temporale molto prolungato e le uova maturano un poco per volta, con uno sviluppo degli oociti che viene definito asincrono (Kestemont e Philippart, 1991): gli ovari contengono contemporaneamente oociti a differenti stadi di sviluppo senza che una determinata classe risulti dominante numericamente sulle altre. Nel lago Trasimeno è comunque stato evidenziato come, nonostante la presenza di tale modalità continua di deposizione delle uova, nella fase estiva si abbia un secondo picco di sviluppo delle gonadi, meno importante di quello primaverile, ma comunque tale da far incrementare di nuovo i valori del GSI. Nel lago Trasimeno, comunque, la riproduzione prosegue per tutta l'estate e da luglio in poi le gonadi riprendono di nuovo a svuotarsi progressivamente del loro contenuto fino a raggiungere i valori minimi nel GSI a ottobre, quando in entrambi i sessi la riproduzione è sicuramente conclusa: le gonadi entrano in uno stato di quiescenza che manterranno fino a febbraio. Il valore del GSI nei mesi di settembre e ottobre nella popolazione del latterino del lago Trasimeno cala di circa il 5% nelle femmine rispetto all'intera massa corporea degli esemplari, passando rispettivamente dal 6% all'1% circa: questa è la quota di produzione massima delle uova delle femmine che si deve ragionevolmente ritenere vada perduta in seguito all'apertura a settembre della stagione di pesca professionale nel lago Trasimeno, nel caso in cui il prelievo operato sul latterino sia talmente efficiente da rimuovere tutte le femmine mature.

L'andamento del GSI in funzione dell'età conferma quanto già dedotto a proposito dell'analogo andamento della condizione: l'investimento riproduttivo è molto simile nei due sessi e mostra una chiara tendenza ad aumentare in funzione dell'età. Il GSI è quasi nullo nei giovani nati nell'anno (0+) e tende a rimanere tale nelle femmine anche nella classe 1+, per aumentare in modo sensibile a partire soprattutto dall'età successiva (classe 2+); per i maschi la tendenza all'incremento dell'investimento riproduttivo è più precoce e costante, notandosi già a partire dagli esemplari 1+.

L'analisi della maturazione delle gonadi completa il quadro sul ciclo riproduttivo della popolazione: nei primi mesi dell'anno (gennaio e febbraio) la gran parte del campione analizzato si sta ancora preparando per la riproduzione presentando gonadi al III stadio; a marzo la maturazione delle gonadi avanza molto rapidamente e in questo mese tutti gli esemplari analizzati hanno gonadi mature, mentre solo in parte si stanno già riproducendo. In aprile e in maggio la riprodu-

CONCLUSIONI

zione è al culmine: il 98,68% degli esemplari nel primo caso e il 98,77% nel secondo si sta attivamente riproducendo. Ad aprile a queste quote si deve aggiungere una percentuale pari all'1,32% di esemplari ancora immaturi (I stadio), mentre a maggio si osserva una percentuale pari all'1,23% degli individui che presenta gonadi al IV stadio (gonadi mature): si tratta molto probabilmente degli ultimi giovani nati dell'anno precedente (1+), soprattutto maschi, che stanno rapidamente crescendo e che, recuperando rapidamente le dimensioni adatte, si apprestano a raggiungere la maturità sessuale e a riprodursi per la prima volta. A giugno la quota nella popolazione degli esemplari in riproduzione è ancora largamente maggioritaria (87,95%); cresce ulteriormente rispetto al mese precedente la percentuale degli individui che presenta gonadi mature, ma non ancora in grado di riprodursi (12,05%). A luglio il 100% della popolazione è in riproduzione; in questo mese esiste un secondo picco riproduttivo, già evidenziato anche dalle analisi precedenti, che in parte è dovuto al fatto che a luglio si aggiunge il contributo di alcuni giovani che raggiungono ora la piena maturità sessuale riproducendosi per la prima volta. La riproduzione prosegue ancora ad agosto, settembre e in piccola parte anche a ottobre, ma le proporzioni degli esemplari in riproduzione tendono progressivamente a diminuire, ricoprendo rispettivamente percentuali pari al 89,36%, 77,42% e 3,03%. A novembre e dicembre nessun individuo presenta gonadi mature o è in riproduzione. In questo periodo terminale dell'anno, evidentemente, la popolazione sta rapidamente avanzando nella progressione della nuova fase riproduttiva, grazie anche al contributo degli ultimi nati (0+) che si riprodurranno per la prima volta nella successiva stagione (1+). La riproduzione, quindi, in questa popolazione del lago Trasimeno avviene in modo continuo e si sviluppa durante un periodo molto lungo, che si estende da marzo a ottobre. A settembre una quota consistente della popolazione, pari ad oltre il 77% del totale, è ancora interessata dalle attività riproduttive. La maturità sessuale, inoltre, sembra essere raggiunta già durante il corso del secondo anno di vita (1+), ma solo negli individui nati precocemente ad inizio primavera e probabilmente di sesso maschile, mentre viene procrastinata all'anno successivo (2+) negli individui di nascita più tardiva e nelle femmine. In una popolazione della Francia mediterranea la maturità sessuale viene raggiunta ad un anno di età e alla taglia di 4,9 cm di lunghezza totale (Froese e Pauly, 2013); per Gelli *et al.* (2003) i maschi raggiungono la maturità sessuale a 1-2 anni di vita, analogamente alle femmine, con una lunghezza corrispondente a 34-40 mm.

Per quanto riguarda la fecondità assoluta è stato possibile rilevare che mediamente vengono prodotte 558 ± 37 uova per femmina. Il numero delle uova deposte è tuttavia molto variabile

CONCLUSIONI

oscillando fra un minimo di 87 e un massimo di 2205 uova; un numero maggiore di femmine nella popolazione produce un numero di uova compreso fra 100 e 200, ma molto frequenti sono tutte le classi di fecondità comprese fra 0 e 800 uova. Il dato di fecondità che viene riportato in letteratura è compreso tra 450 e 1700 uova (Cevher Ozeren, 2009) e ciò concorda abbastanza bene con le nostre osservazioni.

La fecondità assoluta cresce in modo direttamente proporzionale alla taglia delle femmine, con una relazione tra la lunghezza totale (in cm) e il numero di uova di tipo moltiplicativo, pari a $F = 0,446 LT^{3,351}$. La variabilità delle uova prodotte dalle femmine è tuttavia molto elevata anche negli esemplari di pari taglia: ciò è probabilmente dovuto alle particolari modalità riproduttive della specie che, essendo a sviluppo asincrono, porta le uova a maturazione in stadi successivi e presenta contemporaneamente nell'ovario uova con caratteristiche molto diverse (Kestemont e Philippart, 1991). Esemplari aventi le stesse dimensioni, ma catturati in periodi stagionali distinti, avendo portato a compimento parti diverse dello sforzo riproduttivo, possono pertanto presentare negli ovari numeri di uova molto dissimili fra loro.

La fecondità relativa media è pari a 166 ± 10 uova/g di femmina; in questo caso non emerge nessuna relazione significativa con la taglia degli esemplari. Il diametro delle uova è mediamente pari a $1,01 \pm 0,04$ mm. Dai dati presenti in letteratura il diametro delle uova mature del latterino varia da 0,60 a 1,10 mm in una popolazione delle acque interne turche (Cevher Ozeren (2009), mentre risulta nettamente maggiore e variabile fra 1,60 e 1,90 mm nelle popolazioni presenti lungo le coste inglesi (Henderson *et al.*, 1988). Nel lago Trasimeno anche in questo caso esiste una relazione che lega le dimensioni medie delle uova alla taglia delle femmine: la relazione risulta lineare e di tipo inverso e ciò significa che femmine più grandi producono uova qualitativamente peggiori rispetto agli esemplari più piccoli, senza che ciò comporti necessariamente un aumento del loro numero per unità di peso corporeo delle femmine.

Per quanto riguarda la biologia della pesca del latterino nel lago Trasimeno la ricerca evidenzia come la quasi totalità del pescato di questa specie viene garantita da due sole tipi di reti, il giacchio e i tofi; le altane ricoprono una quota minima del pescato complessivo della cooperativa di San Feliciano, pari a poco più del 3% rispetto al totale (2,33t). Il fatto che il giacchio, dopo anni di relativo abbandono (Moretti *et al.*, 1959), sia di nuovo tornato ad essere un attrezzo di uso meno sporadico da parte dei pescatori di professione rappresenta un indubbio fatto positivo: tale strumento, infatti, non danneggia eccessivamente il pesce catturato e permette di rilasciare gli esemplari delle altre eventuali specie pescate aventi dimensioni inferiori alla taglia legale,

CONCLUSIONI

senza che questi subiscano eccessivi traumi.

Alcuni dettagli sull'andamento dell'abbondanza della popolazione di latterino del lago Trasimeno possono essere desunte dall'analisi dello sforzo pesca applicato ai quantitativi del pescato realizzato dalla cooperativa di San Feliciano e dal calcolo delle relative catture per unità di sforzo (CPUE). L'analisi del pescato giornaliero conferito alla cooperativa di San Feliciano evidenzia l'esistenza di una notevole differenza quantitativa tra i due diversi periodi di monitoraggio esaminati, rappresentati dal periodo che va dal maggio 2011 all'aprile 2013: la stagione 2011-12 si caratterizza per valori nettamente superiori al 2012-13, per tutti i mesi in cui la pesca al latterino è permessa. L'andamento mensile del pescato è comunque molto simile in entrambi i casi: da settembre a dicembre si osserva una progressiva crescita nelle catture, che poi si riducono di nuovo nel successivo mese di gennaio. In settembre, ottobre e in parte anche a novembre il prelievo operato sul latterino è comunque minimo rispetto ai mesi successivi, nei quali si concentra la massima parte del pescato che al lago Trasimeno insiste complessivamente su questa specie. In particolare a settembre, mese interessato dalla proposta di anticipo della data di apertura della pesca professionale alla specie, vengono pescati 1675 kg nel periodo 2011-12, pari al 3,37% del totale del periodo, mentre la quota del periodo 2012-13 è di 1294 kg, pari al 6,54% del totale del periodo. Le quantità prelevate dal lago in questo mese, quindi, non sono particolarmente elevate, anche se si deve tenere conto del fatto che la cooperativa di San Feliciano non è la sola ad operare nel lago Trasimeno e questi quantitativi devono essere considerati sicuramente sottostimati.

Altra informazione desunta dall'analisi è che il giacchio non viene usato con costanza in tutto il periodo di pesca, ma il suo utilizzo viene privilegiato soprattutto a dicembre e a gennaio. Più costante in tutto il periodo in cui la pesca è permessa, è invece l'utilizzo del tofo da latterino.

Maggiori informazioni sulle tendenze in atto nell'abbondanza complessiva della popolazione di latterino nel lago Trasimeno nel periodo di osservazione emergono dall'analisi delle CPUE, che risultano indipendenti dalle variazioni dell'intensità di pesca da un anno all'altro. Soprattutto per quanto riguarda il pescato dei tofi emerge la presenza di una netta tendenza alla riduzione complessiva dei valori delle catture giornaliere nel tempo. Il valore medio delle catture effettuate da ogni singolo attrezzo si riduce nel 2012-13 a meno di un terzo di quanto misurato per il 2011-12, con le CPUE che calano dal valore di $2,516 \pm 0,230$ e di $4,153 \pm 0,259$ kg/attrezzo, rispettivamente per i mesi di novembre e di dicembre del periodo 2011-12, ai valori di $0,895 \pm 0,239$ e di $1,194 \pm 0,292$ kg/attrezzo per gli stessi mesi del periodo 2012-13.

CONCLUSIONI

Tale riduzione nelle abbondanze del latterino nel periodo di osservazione non necessariamente deve essere messa in relazione con l'anticipo della data di apertura alla pesca di professione della specie. Le abbondanze del latterino, e la sua resa nei confronti della pesca di professione, hanno sempre presentato una sensibile difformità in periodi di tempo diversi. Questa caratteristica, emersa fin dal 1935 (Moretti *et al.*, 1959) e confermata negli anni successivi (Mearelli *et al.*, 1990), appare molto probabilmente condizionata dalla variabilità delle caratteristiche ambientali del lago: il Trasimeno, ambiente tipicamente laminare ed eutrofo (Mearelli *et al.*, 1990), presenta dinamiche ambientali che determinano modifiche, anche sostanziali, nella struttura e nelle dimensioni di tutta la comunità acquatica (Mantilacci *et al.*, 1990; Mearelli *et al.*, 1990).

INDICAZIONI PER LA GESTIONE

5 - INDICAZIONI PRATICHE PER LA GESTIONE

Dalla ricerca emergono informazioni originali sull'ecologia, l'accrescimento e la biologia riproduttiva della popolazione di latterino del lago Trasimeno. L'obiettivo principale dell'indagine è consistito nel valutare il contributo al reclutamento naturale della popolazione degli esemplari che si riproducono in periodi stagionali diversi, con particolare riferimento al mese di settembre che rappresenta la fase finale del periodo riproduttivo della specie. I risultati ottenuti non evidenziano l'esistenza di impatti diretti ed evidenti sulla popolazione, svolti dall'attività di pesca in tale periodo, né dal punto di vista quantitativo né qualitativo. Su questo punto specifico, anzi, alcuni delle conclusioni della ricerca, che di seguito vengono elencate, appaiono abbastanza confortanti.

- La longevità della popolazione indagata è pari o addirittura superiore rispetto a quanto noto per la specie e non si rileva al Trasimeno alcuna deformazione della struttura per età, come spesso è evidenziabile in situazioni di sfruttamento troppo intenso delle risorse ittiche.

- L'esistenza del fenomeno di Lee inverso, che caratterizza l'accrescimento dei latterini del Trasimeno, permette di escludere la presenza di un'incidenza negativa diretta sulla composizione della popolazione operata dalla pesca di professione. Al contrario, la popolazione di latterino del lago Trasimeno sembra penalizzata soprattutto dalla presenza di una competizione intraspecifica per le risorse trofiche molto intensa, che penalizza gli esemplari non in grado di accedere ad un'adeguata quantità di alimento e che, quindi, crescono meno.

- Gli esemplari aventi una stagione di crescita più breve, ad esempio quelli nati da una deposizione tardiva come quella di settembre, hanno quindi una minore sopravvivenza rispetto agli altri nati dell'anno (0+).

- Il latterino si riproduce in un arco temporale molto prolungato e gli ovari delle femmine nel mese di settembre sono ormai in gran parte svuotati, avendo già liberato nei mesi precedenti il loro contenuto: la quota massima di uova che ragionevolmente si deve ritenere vada perduta è al massimo pari al 5% dell'intera massa corporea.

- A settembre una parte della popolazione ha comunque già cessato di riprodursi: il 77% degli individui sessualmente maturi è tuttavia ancora in grado di farlo, ma tale frazione cala rapidamente, fino a raggiungere ad ottobre la percentuale del 3%.

Unico elemento di preoccupazione emerso dai risultati della ricerca deriva dalla tendenza, osservata monitorando i dati del pescato della Cooperativa di San Feliciano, ad una forte riduzione nelle abbondanze della popolazione di latterino nel lago Trasimeno. Le abbondanze della spe-

INDICAZIONI PER LA GESTIONE

cie, tuttavia, e la sua resa nei confronti della pesca di professione, hanno sempre presentato nel lago Trasimeno una sensibile difformità in periodi di tempo diversi (Moretti *et al.*, 1959; Mearelli *et al.*, 1990), con una evidente dipendenza anche dalla variabilità delle caratteristiche ambientali del lago. Il latterino, inoltre, riveste un ruolo chiave nella rete trofica del lago, rappresentando il principale elemento di congiunzione fra lo zooplancton e i numerosi predatori presenti nella biocenosi ittica: sempre dai dati del pescato emerge un'evidente relazione fra l'abbondanza del latterino e quella del persico reale, che rappresenta il suo principale predatore. Data la limitatezza dei dati in nostro possesso, non è possibile evidenziare nessuna relazione di causa-effetto fra la diminuzione del pescato del latterino e l'anticipo del periodo di apertura stagionale della pesca di professione della specie, per cercare la quale sarebbe comunque necessario un periodo di osservazione temporale molto più esteso.

Per tentare di inquadrare nel giusto contesto il tema della gestione della popolazione di latterino del lago Trasimeno è forse corretto partire da alcune considerazioni generali di carattere biologico, legate al fatto che le caratteristiche riproduttive della specie si sono evolute in risposta alla presenza di una mortalità molto elevata causata da un insieme ampio di predatori. La stagione riproduttiva molto ampia, e più in generale l'elevatissimo investimento riproduttivo che caratterizza la specie, trova in questo la propria giustificazione: se non fosse vantaggiosa in chiave adattativa, una caratteristica così altamente dispendiosa dal punto di vista energetico sarebbe contro selezionata e andrebbe rapidamente persa dalla popolazione. Questo risulta evidentemente vero anche per il lago Trasimeno, nonostante tale biotopo non sia compreso nell'areale originario della specie. Nelle scelte di carattere gestionale che riguardano una risorsa rinnovabile, molto importante dal punto di vista commerciale, ma anche fondamentale per preservare gli equilibri biologici dell'intera biocenosi del lago Trasimeno, è anche necessario dare la giusta rilevanza al principio di precauzione, per il quale è sempre bene mantenere un margine di garanzia operando decisioni che evitino l'insorgere di conseguenze irreversibili e non più rimediabili.

Sulla base dei risultati ottenuti dalla ricerca, ma tenendo anche nella giusta considerazione quanto appena discusso, è possibile dare alcune indicazioni di ordine pratico per la futura gestione della popolazione di latterino del lago Trasimeno:

- A nostro avviso l'anticipo dell'apertura della stagione di pesca al latterino può essere mantenuto anche per gli anni a venire. Una buona norma di precauzione sarebbe quella di non rendere tale norma irreversibile e definitiva per sempre, essendo eventualmente pronti a sospenderla in caso di riduzione severa e continua delle abbondanze della popolazione per più anni di

INDICAZIONI PER LA GESTIONE

seguito.

- Il monitoraggio del pescato e dello sforzo pesca rappresenta uno strumento molto efficace per analizzare i cambiamenti che intervengono nella composizione e abbondanza della fauna ittica del lago Trasimeno e per cercare di interpretare le cause che li determinano. La prosecuzione anche per gli anni a venire della raccolta di tali informazioni con la collaborazione dei pescatori di professione è fortemente auspicabile allo scopo di creare un osservatorio in grado di monitorare l'andamento delle abbondanze della popolazione nel tempo.

- Si consiglia di intraprendere uno studio sulla selettività di cattura degli attrezzi più utilizzati per la pesca del latterino. Tale indagine, estremamente semplice da realizzare anche in tempi molto brevi, permetterebbe di ottenere informazioni preziose per approfondire le nostre conoscenze e ottimizzare l'efficacia delle strategie gestionali. Non si hanno dati precisi al riguardo, ma si può ipotizzare che, soprattutto per il tofo, le maglie attualmente permesse consentano la cattura di esemplari di dimensioni eccessivamente ridotte (anche al di sotto di 4 cm di lunghezza totale). Nel caso in cui tale congettura fosse confermata, il prelievo di un numero elevato di individui non ancora sessualmente maturi, oltre che antieconomico, avrebbe sulla popolazione di latterino un impatto sicuramente maggiore rispetto alle eventuali conseguenze negative derivanti da un anticipo eccessivo della stagione di pesca.

- Sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di selettività di cattura degli attrezzi utilizzati nella pesca si potrebbe ovviare alla cattura degli esemplari di piccole dimensioni proponendo l'aumento a 6 mm delle dimensioni della maglia utilizzabile per i tofi da latterino (attualmente a 5 mm).

BIBLIOGRAFIA

Abella, A., Auteri, R., Serena, F., Silvestri, R., Voliani, A. (1994). Studio sulla variabilità di accrescimento a diverse altitudini della trota fario nel torrente Lima. *Atti del 5° Convegno Nazionale A.I.I.A.D.*, 307-312.

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.

Andreu-Soler A., Oliva-Paterna F.J., Fernandez-Delgado C., Torralva M. (2003). Age and growth of the sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in the Mar Menor coastal lagoon (SE Iberian Peninsula). *Journal of Applied Ichthyology*, 19, 202-208.

Andreu-Soler A., Oliva-Paterna F.J., Torralva M. (2006). Seasonal variations in somatic condition, hepatic and gonad activity of sand smelt *Atherina boyeri* (Teleostei, Atherinidae) in the Mar Menor coastal lagoon (SE Iberian Peninsula). *Folia Zoologica*, 55 (2), 151-161.

Bagenal T.B. (1978). *Fish production in fresh waters*. Ed. Blackwell, Oxford.

Bartulovic V., Glamuzina B., Conides A., Dulcic J., Lucic D., Njire J., Kozul V. (2004). Age, growth, mortality and sex ratio of sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the estuary of the Mala Neretva River (middle-eastern Adriatic, Croatia). *Journal of Applied Ichthyology*, 20, 427-430.

Bertotto D., Marconato A., Rasotto M.B. (1997). Population structure of *Atherina boyeri* from the Venetian Lagoon (Atherinidae). *Nine international congress of European Ichthyologist*, Trieste, 1997.

Bianco P.G., Caputo V., Ferrito V., Lorenzoni M., Nonnis Marzano F., Stefani F., Sabatini A., Tancioni L. (2013). *Atherina boyeri* Risso, 1810. In Rondinini *et al.* (Eds.): *Liste Rosse italiane*. www.iucn.it.

Carollo, A. (1969). Carta batimetrica e note geomorfologiche sul bacino del Trasimeno. *Memorie Istituto Italiano Idrobiologia*, 24, 141-159.

Chiodini G.P. (1978). *Il lago Trasimeno e la pesca*. Grafiche Benucci, Perugia, 1-165.

Chrisafi E., Kaspiris P., Katselis G. (2007). Feeding habits of sand smelt (*Atherina boyeri*, Risso 1810) in Trichonis Lake (Western Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 23, 209-214.

Creech S. (1991). An electrophoretic investigation of populations of *Atherina boyeri* Risso, 1810 and *A. presbyter* Cuvier, 1829 (Teleostei: Atherinidae): genetic evidence in support of the two species. *Journal of Fish Biology*, 39 (86), 807-816.

DAISIE (2008). *European Invasive Alien Species Gateway*. www.europe-aliens.org.

BIBLIOGRAFIA

Defendu L., Dragoni W. (1978). Idrogeologia del Lago Trasimeno. *Geologia Applicata e Idrogeologia*, 12, 11-67.

Donato A., Salpietro L., Specchi M., Valli G. (1996). Alcune osservazioni preliminari sulla biologia riproduttiva, sulla struttura e biometria di una popolazione di *Atherina boyeri* Risso (Osteichthyes, Atheriniformes) del Lago di Ganzirri (Messina). *Atti IV° Convegno Nazionale AIAD, Riva del Garda, 1991*, 117-134.

Dragoni W. (1982). Idrogeologia del Lago Trasimeno: sintesi, problemi, aggiornamenti. *Geografia Fisica e Dinamica del Quaternario*, 5, 192-206.

Dragoni W. e Castellani M. (2003). Erosione, trasporto solido e interrimento del lago Trasimeno. *CIPLA*, Perugia.

FAO (1995). *Code of Conduct for Responsible Fisheries*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1-41.

FAO (1997a) - *Fisheries management, Technical Guidelines for Responsible Fisheries*, No 4, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1- 81.

FAO (1997b) - *The precautionary principle, Technical Guidelines for Responsible Fisheries*, No 2, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1 - 77.

Fernández-Delgado C., Hernando J.A., Herrera M., Bellido M. (1988). Life-history patterns of the sandsmelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 in the estuary of the Guadalquivir river, Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 27 (6), 697-706.

Fraser C.M. (1910). Growth of the spring salmon. *Transaction of the Fisheries Society of Seattle*, 1915, 1-29.

Freyhof J. e Kottelat M. (2008). *Atherina boyeri*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. www.iucnredlist.org.

Froese R. e Pauly D. (2013). *FishBase. World Wide Web electronic publication*. www.fishbase.org, version (04/2013).

Gandolfi G., Zerunian S., Torricelli P., Marconato A. (1991). *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

Gelli F., Cicero A.M., Melotti P., Roncarati A., Pregnolato L., Savorelli F., Palazzi D., Casazza G. (2003). Riproduzione controllata del latterino (*Atherina boyeri* Risso, 1810) mediante condizionamento ecofisiologico. *Biologia Marina Mediterranea*, 10 (2), 203-209.

Ghetti L., Carosi A., Lorenzoni M., Pedicillo G., Dolciami R. (2007). *L'introduzione delle specie esotiche nelle acque dolci: il caso del carassio dorato nel lago Trasimeno*. Litograf Edi-

BIBLIOGRAFIA

tor, Città di Castello, 100 pp.

Gon O., Ben-Tuvia A. (1983). The biology of Boyer's sand smelt, *Atherina boyeri* Risso in the Bardawil Lagoon on the Mediterranean coast of Sinai. *Journal of Fish Biology*, 22, 537-547.

Gozlan R.E., St-Hilaire S., Feist S.W., Martin P., Kent M.L. (2005). Disease threat to European fish. *Nature*, 435: 1046.

Granetti, B. (1965). La flora e la vegetazione del lago Trasimeno (Parte I: la vegetazione litoranea). *Rivista di Idrobiologia*,(3), 115-153.

Henderson P.A., Holmes R.H.A. Bamber R.N. (1988). Size-selective overwintering mortality in the sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, and its role in population regulation. *Journal of Fish Biology*, 33, 221-233.

Kestemont P. e Philippart J.C., (1991). Patterns of oocyte growth in fish with synchronous and asynchronous oogenesis. *Belgian Journal of Zoology*, 121 (1), 87-98.

Le Cren E.D. (1951). The length relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20, 210-218.

Lee R.M. (1920). A review of the methods of age and growth determination by means of scales. *Fishery Investigation*, 4, 2-32.

Leonardos I., Sinis A. (2000). Age, growth and mortality of *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W.Greece). *Fisheries Research*,45, 81-91

Lorenzoni M., Corboli M., Dörr A.J.M., Giovinazzo G., Selvi S., Mearelli M. (2002a). Diets of *Micropterus salmoides* Lac. and *Esox lucius* L. in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) and their diet overlap. *Bulletin Française de Pêche et de la Pisciculture*, 365/366, 537-547.

Lorenzoni M., Corboli M., Dörr A.J.M., Mearelli M., Giovinazzo G. (2002c). The growth of pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1798) in lake Trasimeno (Umbria, Italy). *Fisheries Research*, 59, 239-246.

Lorenzoni M., Corboli M., Ghetti L., Pedicillo G., Carosi A. (2007). Growth and reproduction of the goldfish *Carassius auratus*: a case study from Italy. In F.Gherardi (ed.): *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats*. Springer Book, Dordrecht, 259-274.

Lorenzoni M., Dolciami R., Ghetti L., Pedicillo G., Carosi A. (2010a). Fishery biology of the goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) in Lake Trasimeno. *KMAE*, 396 (1), 1-13.

Lorenzoni M., Dörr A.J.M., Erra R., Giovinazzo G., Mearelli M., Selvi S. (2002b). Growth and reproduction of largemouth bass (*Micropterus salmoides* Lacepede, 1802) in Lake Tra-

BIBLIOGRAFIA

simeno (Umbria, Italy). *Fisheries Research*, 56: 89-95.

Lorenzoni M., Dörr A.J.M., Erra R., Giovinazzo G., Selvi S., Mearelli M. (1999). Sovrapposizione alimentare fra *Esox lucius* L. e *Micropterus salmoides* Lac. nel lago Trasimeno (Umbria, Italia). *Quaderni E.T.P.*, 28, 179-184.

Lorenzoni M., Ghetti L. (2012). Evoluzione della fauna ittica e problematiche gestionali del lago Trasimeno. In Martinelli A. (ed.): *Tutela ambientale del lago Trasimeno*. Libri Arpa Umbria. Perugia.

Lorenzoni M., Ghetti L., Carosi A., Dolciami R. (2010). *La fauna ittica e i corsi d'acqua dell'Umbria. Sintesi delle Carte Ittiche regionali dal 1986 al 2009*. Petrucci Editore, Perugia.

Lorenzoni M., Ghetti L., Pedicillo G., Carosi A. (2010b). Analysis of the biological features of the goldfish *Carassius auratus auratus* (Linnaeus, 1758) in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) with a view to drawing up plans for population control. *Folia Zoologica*, 58 (2): 56-70.

Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2000). 100 of the world's worst invasive Alien species a selection from the global invasive species database. *Aliens*, 12.

Mann R. H. K. (1978). Observations on the biology of the perch (*Perca fluviatilis* L.), in the River Stour, Dorset. *Freshwal. Biol.*, 8, 229-239.

Mantilacci L., Mearelli M., Giovinazzo G., Lorenzoni M. (1990). Accrescimento e alimentazione del latterino (*Atherina boyeri* Risso) del lago Trasimeno. *Rivista di Idrobiologia*, 29, 309-327.

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.*, (1): 121-129.

Mearelli M., Lorenzoni M., Mantilacci L. (1990). Il lago Trasimeno. *Rivista di Idrobiologia*, 29 (1), 353-390.

Moretti G.P. (1982). Declin et renaissance du lac Trasimene (1954-1969). *Excursion Internationale de Phytosociologie en Italie Centrale (2-11 Juillet 1982)*. Università di Camerino, 421-443.

Moretti G.P., Gianotti F.S., Giganti A. (1959). Il latterino (*Atherina mochon* Cuv.) nel Trasimeno (biometria, regime dietetico, pesca e parassitismo). *Rivista di idrobiologia*, 11, 3-38.

Natali M. (2002). *I pesci del lago Trasimeno*. Tipolitografica Grifo, Perugia.

Orsomando E., Pedrotti F. (1985). *Carta della vegetazione del foglio Passignano sul Trasimeno (1 : 50000)*. SECA, Firenze.

BIBLIOGRAFIA

Pauly D., Munro J.L. (1984). Once more on comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 1, 21–22.

Pedrotti F., Orsomando E. (1982). Flore et vegetation du lac Trasimene. *Excursion Internationale de Phytosociologie en Italie Centrale (2-11 Juillet 1982)*. Università di Camerino, 469-478.

Pompei L., Franchi E., Giannetto D., Lorenzoni M. (2012). Growth and reproductive properties of Tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758 in Trasimeno Lake (Umbria, Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 406, 07, 1-13.

Porcellotti S. (2001). *Web Museum della Fauna Europea*. www.ittiofauna.org/index.htm

Ricker W. E. (1969). Effects of size-selective mortality and sampling bias on estimates of growth, mortality, production and yield. *J. Fish. Res. Board Can.*, 26, 479-541.

Ricker, W.E. (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382.

Stella E. (1949). Le attuali conoscenze sulla fauna del lago Trasimeno. *Bollettino Pesca Piscicoltura e Idrobiologia*, 4: 3-19.

Trabelsi M., Gilles A., Fleury C., Maamouri F., Quignard J.P., Faure E. (2002). *Atherina punctata* and *Atherina lagunae* (Pisces, Atherinidae), new species found in the Mediterranean Sea. 2. Molecular investigations of three Atherinid species. *Comptes rendus Biologies*, 325 (11), 1119-1128.

Vaughan D.S. and Burton M.L. (1994). Estimation of von Bertalanffy growth parameters in the presence of size-selective mortality: a simulated example with red grouper. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 123, 1–8.

Von Bertalanffy L. (1938). A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10, 181-243.

Weatherley H.A. (1972). *Growth and ecology of fish populations*. Academic Press, London.

BIBLIOGRAFIA