



DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA CELLULARE E AMBIENTALE
SEZIONE DI BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA

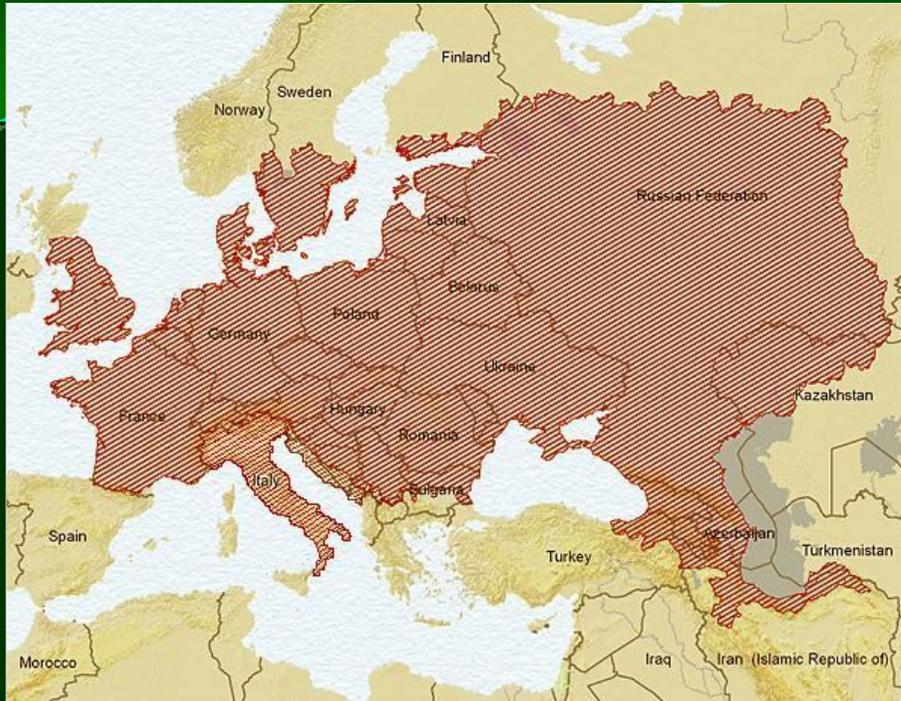
Accrescimento e biologia riproduttiva di *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758) nel torrente Assino

Laureanda

Elena Rocchini

Relatore

Dott. Massimo Lorenzoni



Area di distribuzione del cavedano.

- ✓ È una delle specie d'acqua dolce più diffuse su tutto il territorio nazionale.
- ✓ Ha una grande adattabilità ecologica e può vivere in un'ampia varietà di habitat.
- ✓ Sono stati condotti diversi studi sulle popolazioni europee, ma poche sono le informazioni sulla biologia del cavedano nelle acque interne italiane.

OBIETTIVI

Scopo della presente ricerca è quello di aggiungere nuove conoscenze sulle caratteristiche della specie in Italia, indagando l'accrescimento e la biologia riproduttiva della popolazione di cavedano presente nel torrente Assino.

CAVEDANO

Leuciscus cephalus (Linnaeus, 1758)



MORFOLOGIA: corpo slanciato e fusiforme; testa conica e robusta; bocca grande e terminale, colorazione verdastra sul dorso, fianchi argentei e ventre bianco; scaglie cicloidi con margine punteggiato di nero a formare un disegno a reticolo.

TAGLIA: fino a 40-45 cm di lunghezza e 1,5 kg di peso nelle acque correnti; nei bacini lacustri può raggiungere anche 60 cm di lunghezza per 4 Kg di peso.

ALIMENTAZIONE: opportunista alimentare con dieta onnivora.

Classe: *Actinopteigii*

Ordine: *Cypriniformes*

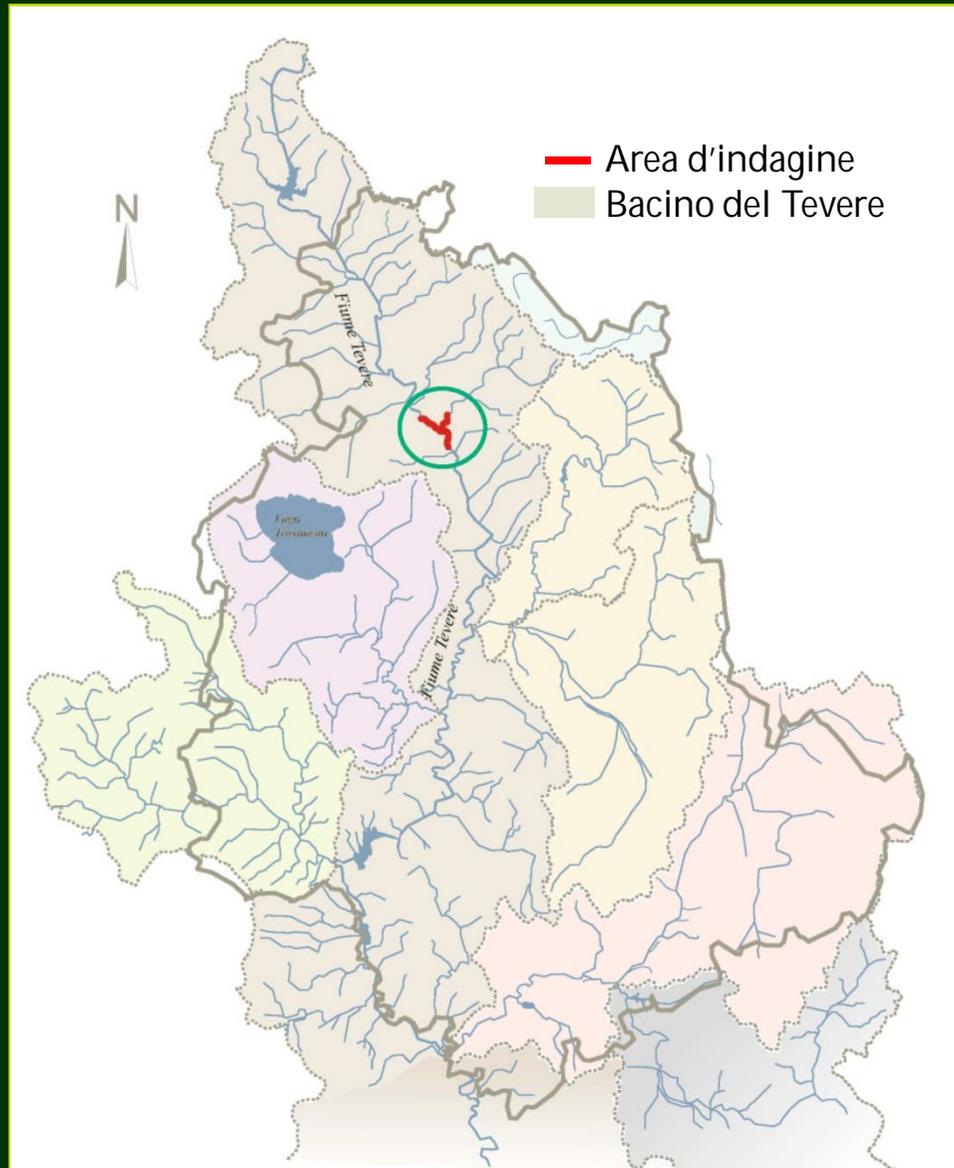
Famiglia: *Cyprinidae*

Genere: *Leuciscus*

HABITAT: nei fiumi caratterizza la zona a barbo, ma si trova spesso anche nella zona a ciprinidi; nei laghi frequenta le zone litorali.

RIPRODUZIONE: tra aprile e giugno; la deposizione delle uova avviene in acque basse ed è prevalentemente litofila; la maturità sessuale viene raggiunta a 3-4 anni nei maschi e a 4-5 anni nelle femmine.

IL TORRENTE ASSINO



SUPERFICIE TOTALE: 177,4 km²

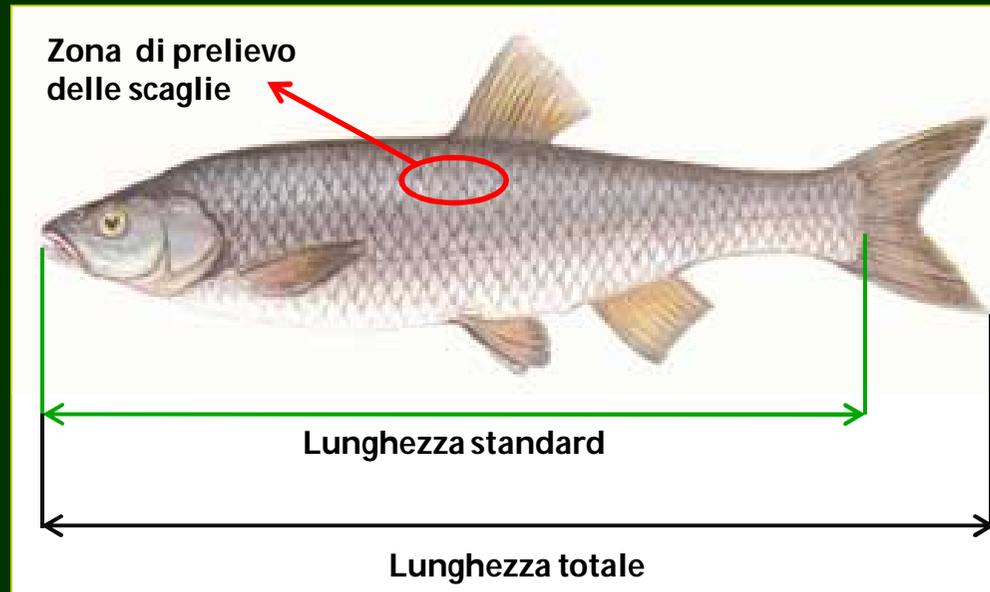
LUNGHEZZA: 24 km

PORTATA ANNUA: 1,8 m³/sec

- ✓ Affluente di sinistra del fiume Tevere, nasce presso il monte Collarino, ad una quota di circa 798 m s.l.m.
- ✓ Regime torrentizio
- ✓ Zona a barbo
- ✓ Specie presenti: vairone, barbo tiberino, barbo del Po, barbo del Danubio, ghiozzo di ruscello, ghiozzo padano, gobione, cavedano etrusco, cavedano comune, rovella, lasca, cobite, carpa, persico reale, pseudorasbora.

Il campionamento è stato effettuato con cadenza mensile nel periodo compreso fra maggio 2008 e maggio 2009.

Tutti i campionamenti sono stati condotti con la tecnica della **PESCA ELETTRICA**.



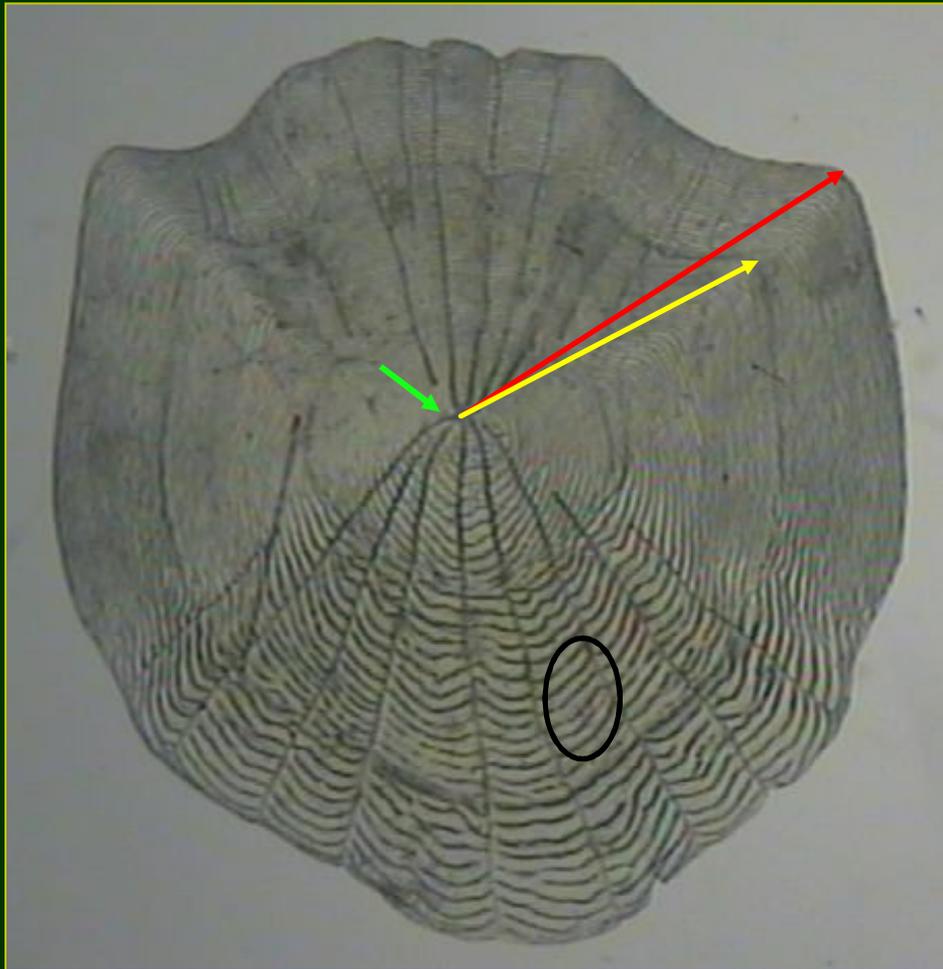
Per ogni esemplare catturato, sono stati rilevati direttamente sul campo i seguenti parametri :

- ✓ Lunghezza totale (Lt 0,1 cm)
- ✓ Lunghezza standard (Ls 0,1 cm)
- ✓ Peso totale (Pt 0,1 g)

Per un campione rappresentativo di pesci sono stati effettuati in laboratorio:

- ✓ Asportazione delle gonadi per le analisi di biologia riproduttiva.
- ✓ Prelievo delle scaglie per la determinazione dell'età.

DETERMINAZIONE DELL'ETÀ E RETROCALCOLO



FOCUS: centro di ossificazione.

CIRCULI: anelli concentrici che rappresentano l'accrescimento della scaglia.

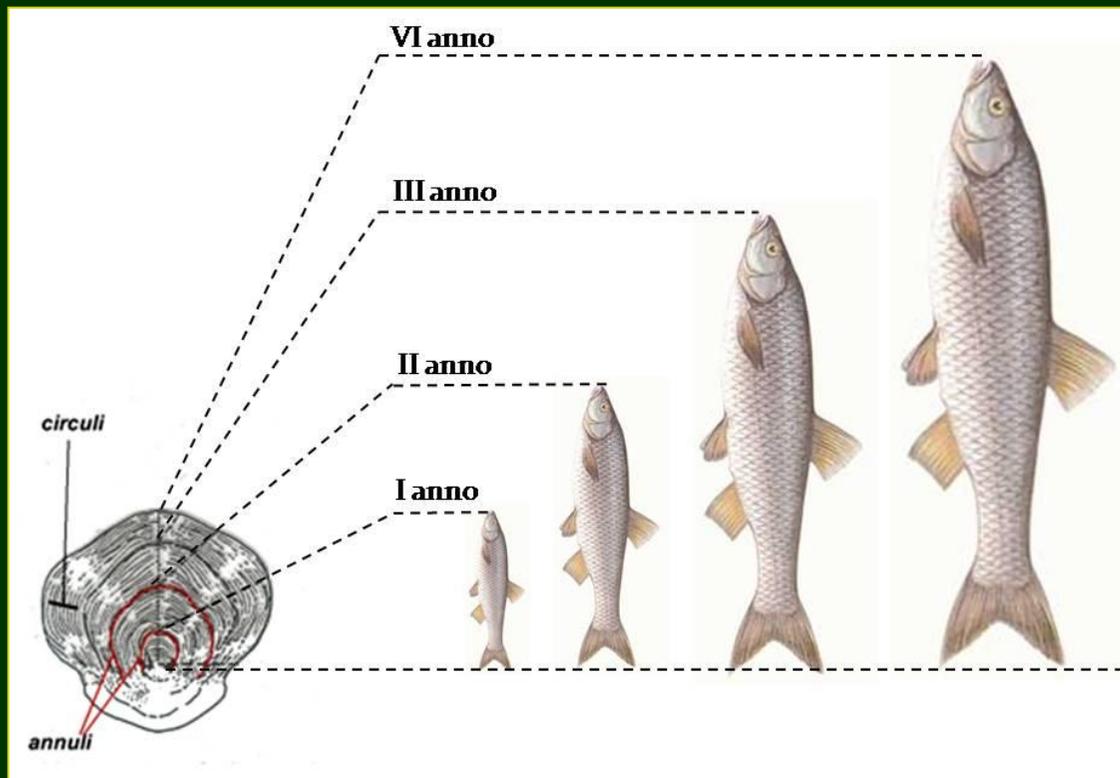
RAGGIO DELLA SCAGLIA (R_s): dal centro di ossificazione al margine della scaglia, con precisione di 1 micron.

RAGGIO DELL'ANNULO (R_n): dal centro di ossificazione, al margine dell'*annulo*, con precisione di 1 micron.

ACCREScimento RETROCALCOLATO

Il retrocalcolo permette di risalire alle lunghezze raggiunte da ogni esemplare alle età precedenti alla cattura, in quanto si basa sul presupposto che fra l'accrescimento del pesce e quello della scaglia esista una proporzionalità diretta.

La relazione corpo-scaglia è data dalla formula di Fraser Lee (Bagenal, 1985):



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

L_n = lunghezza relativa all'età n

a = costante calcolata mediante la retta di regressione $L_s = a + bR_s$

R_n = raggio dell'*annulo* n

R_s = raggio totale della scaglia

L_t = lunghezza totale del pesce alla cattura

ACCRESIMENTO TEORICO IN LUNGHEZZA (von Bertalanffy, 1938)

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

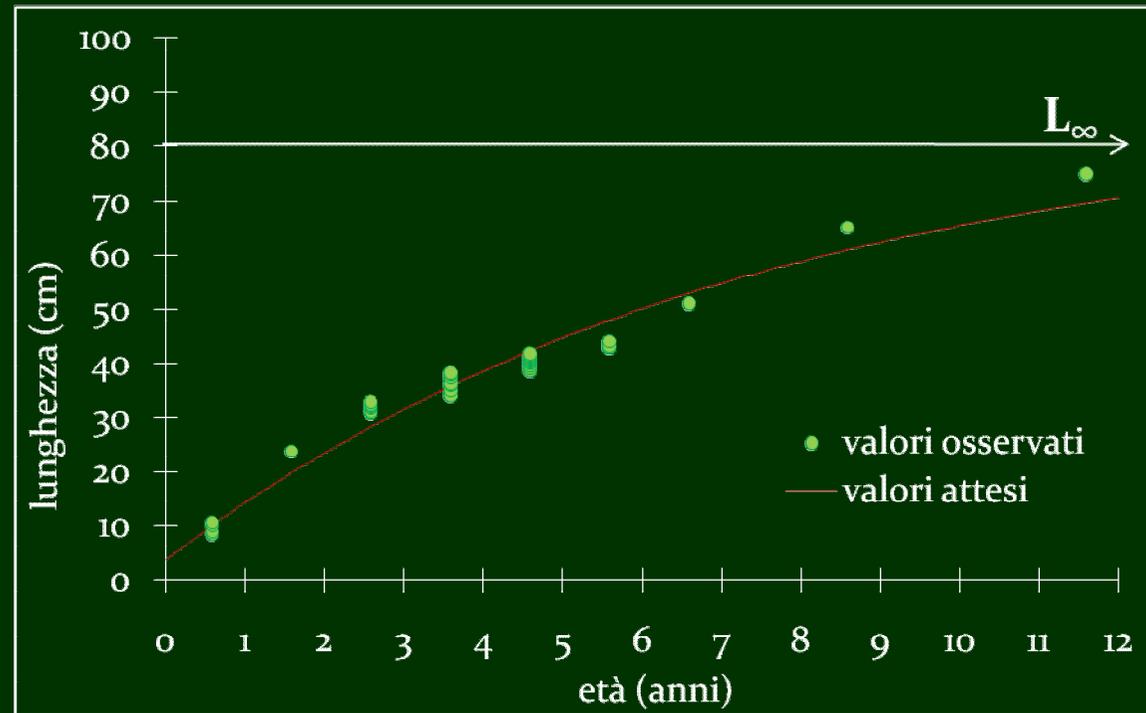
L_t = lunghezza totale

L_∞ = massima taglia teorica

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

t_0 = età teorica alla quale il pesce ha lunghezza 0

t = età in anni



$$\Phi' = \log(k) + 2 \log(L_\infty)$$

Φ' lega i due parametri dell'equazione di von Bertalanffy e permette di confrontare l'accrescimento di popolazioni diverse: più è elevato il valore di Φ' , migliore sarà l'accrescimento (Pauly e Munro, 1994).

PESO RELATIVO (W_r)

$$W_r = (W/W_s)100$$

dove:

W = peso totale in g

W_s = peso standard lunghezza-specifico predetto da una regressione lunghezza-peso costruita per rappresentare la specie

Il peso relativo è stato calcolato anche usando il peso somatico (W'_r), ottenuto togliendo dal peso totale quello delle gonadi.

Per il calcolo di W_s è stata utilizzata una relazione lunghezza/peso specifica per le popolazioni di cavedano del bacino del fiume Tevere (Angeli *et al.*, 2008):

$$\log_{10} W_s = -5,001 + 2,856 \log_{10} Lt + 0,067 (\log_{10} Lt)^2$$

Così costruito W_r risulta indipendente dal tipo di accrescimento e permette il raffronto di individui e popolazioni aventi anche taglie diverse.

Un valore di W_r superiore a 100 indica che l'esemplare è in buone condizioni e non presenta problemi di alimentazione.

BIOLOGIA RIPRODUTTIVA: Analisi delle gonadi

1. Stadio di maturazione

I	GONADI IMMATURE
II	GONADI QUIESCENTI
III	GONADI IN MATURAZIONE
IV	GONADI MATURE
V	GONADI IN RIPRODUZIONE
VI	GONADI SVUOTATE

(Nikolsky, 1963)



MATURITÀ SESSUALE

2. Peso delle gonadi



INDICE GONADO-SOMATICO

$$GSI = 100 (Pg/Pt)$$

dove:

Pt = peso totale in g

Pg = peso delle gonadi in g

BIOLOGIA RIPRODUTTIVA: Analisi delle gonadi

3. Peso del subcampione di uova e conta delle uova



➤ FECONDITÀ ASSOLUTA

$$N_{\text{uova}} = (N_{\text{sub}} \cdot P_g) / P_{\text{sub}}$$

dove:

P_g = peso totale delle gonadi in g

N_{sub} = numero delle uova subcampione

P_{sub} = peso subcampione in g

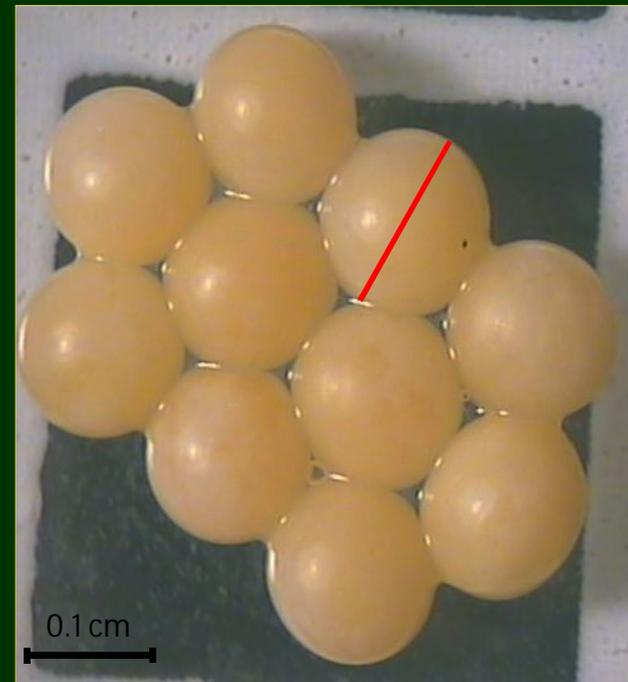
➤ FECONDITÀ RELATIVA

$$FR = 1000(N_{\text{uova}} / Pt)$$

dove :

Pt = peso totale in g

4. Diametro delle uova



BIOLOGIA RIPRODUTTIVA

Il numero delle uova e le dimensioni sono stati messi in relazione alla taglia delle femmine utilizzando varie regressioni:

- Regressione **Lunghezza – N uova** $\Rightarrow N_{\text{uova}} = a L t^b$
- Regressione **Lunghezza – Fecondità relativa** $\Rightarrow FR = a + b L t$
- Regressione **Lunghezza – Diametro medio delle uova** $\Rightarrow \delta = a + b L t$

dove:

Lt = lunghezza totale in cm

δ = diametro delle uova in cm

a = intercetta con l'asse delle y

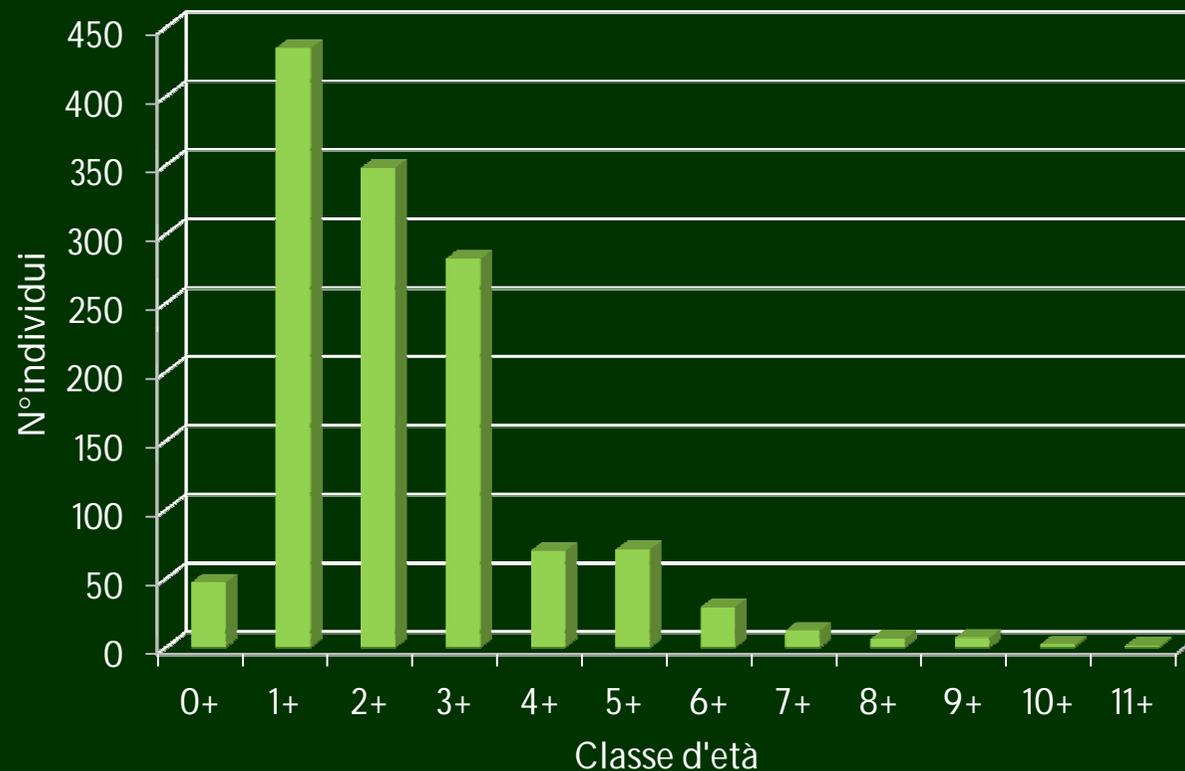
b = coefficiente di regressione

STATISTICHE DESCRITTIVE

RISULTATI

	CAMPIONE TOTALE					
	N Valori	Media	Mediana	Minimo	Massimo	Dev.Std.
Lt (cm)	1309	15,51	13,70	4,10	48,80	7,80
Ls (cm)	1143	13,66	12,40	3,40	42,20	6,95
Peso (g)	1292	72,54	24,20	0,50	1233,00	136,40
Età (anni)	1310	2,33	1,92	0,33	11,25	1,57

STRUTTURA DI POPOLAZIONE

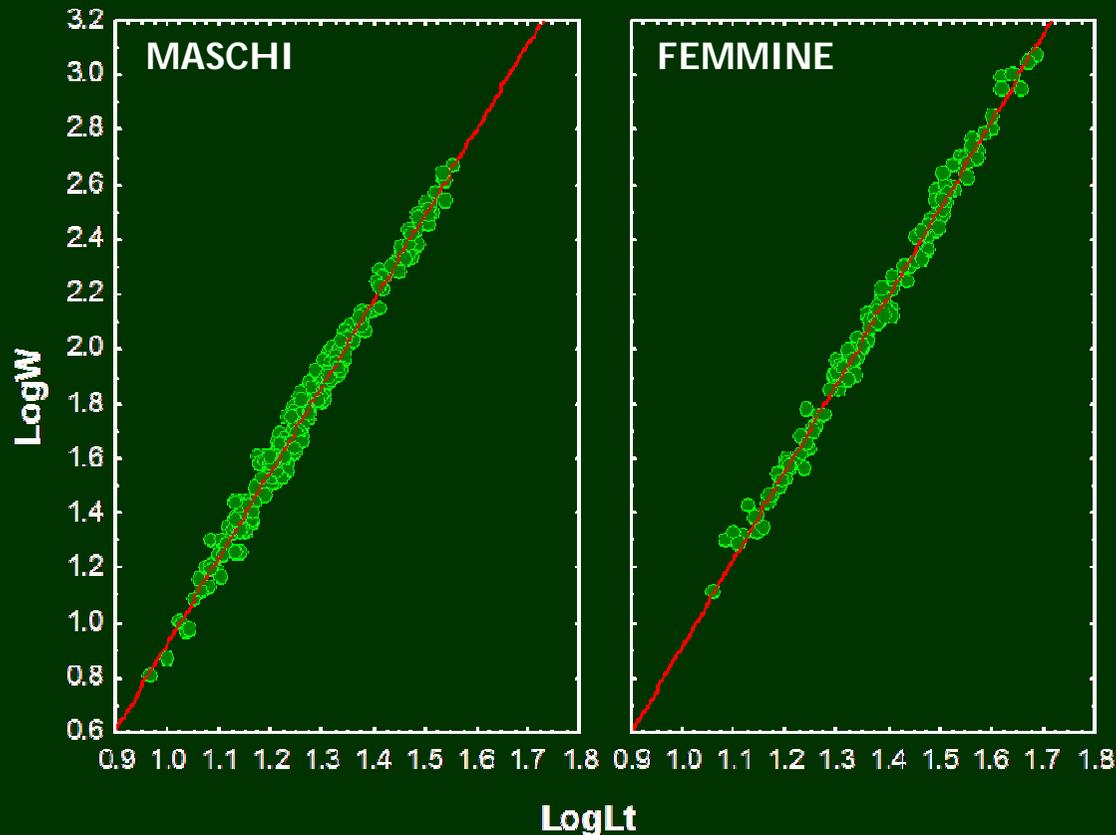


	Età	Sesso		Rapporto
		Maschio	Femmina	
N° individui	1+	11	3	3,667 : 1
%		78,571	21,429	
N° individui	2+	73	28	2,607 : 1
%		72,277	27,723	
N° individui	3+	114	29	3,931 : 1
%		79,72	20,28	
N° individui	4+	20	28	0,714 : 1
%		41,667	58,333	
N° individui	5+	22	23	0,957 : 1
%		48,889	51,111	
N° individui	6+	11	12	0,917 : 1
%		47,826	52,174	
N° individui	7+	2	7	0,286 : 1
%		22,222	77,778	
N° individui	8+	0	4	
%		0	100	
N° individui	9+	0	4	
%		0	100	
N° individui	10+	0	1	
%		0	100	
N° individui	11+	0	1	
%		0	100	
N° individui	Totale	253	140	1,820 : 1
%		64,337	35,623	

RAPPORTO TRA SESSI

- ✓ Il numero dei maschi catturati (64,34% del campione complessivo) è molto superiore a quello delle femmine.
- ✓ Il rapporto tra sessi si modifica notevolmente con l'età degli esemplari: è a favore dei maschi nelle classi d'età più giovani mentre tutti i cavedani con più di 7 anni sono risultati di sesso femminile.

REGRESSIONE LUNGHEZZA TOTALE - PESO



MASCHI:

$$\text{LogPeso} = -2,205 + 3,130 \text{ LogLt} \\ (R^2 = 0,986)$$

FEMMINE:

$$\text{LogPeso} = -2,275 + 3,192 \text{ LogLt} \\ (R^2 = 0,990)$$

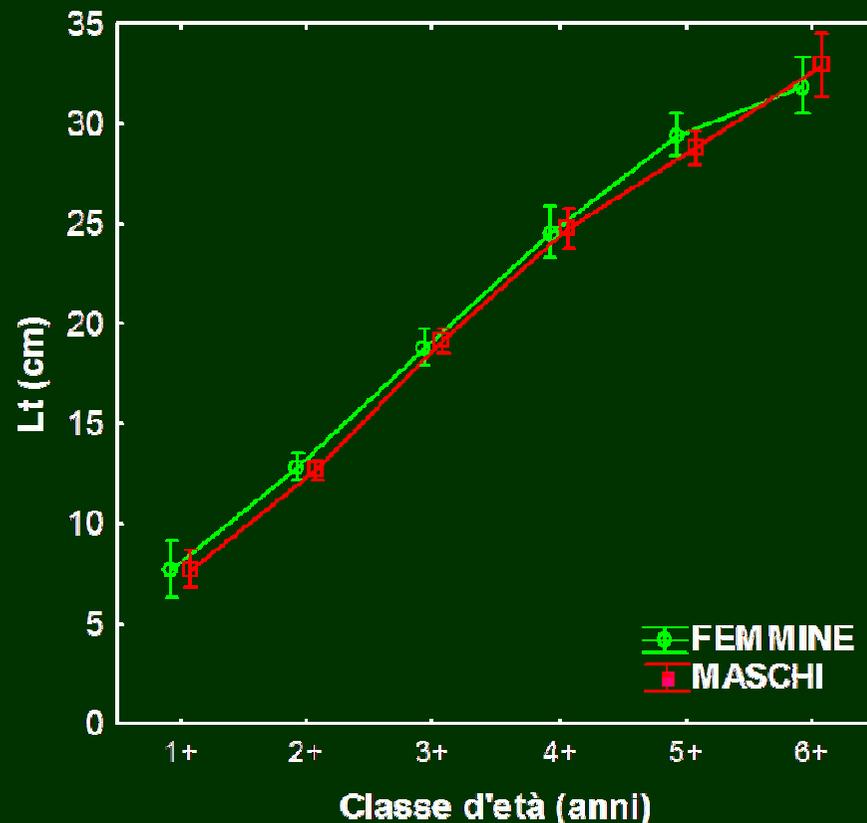
- ACCRESCIMENTO ALLOMETRICO: b è superiore a 3 in entrambi i sessi.
- ANCOVA: le differenze tra i due sessi non sono significative dal punto di vista statistico ($F = 1,573$; $p = 0,211$).

ACCRESCIMENTO RETROCALCOLATO

La relazione fra il raggio della scaglia e la lunghezza totale è data dall'equazione:

$$L_t = 2,579 + 52,396 R_s \quad (R^2 = 0,947)$$

La relazione Lt-Rs è lineare e non passante per l'origine. L'elevato valore di R^2 testimonia la validità delle misure effettuate. Questo giustifica l'adozione dell'equazione di Fraser-Lee.

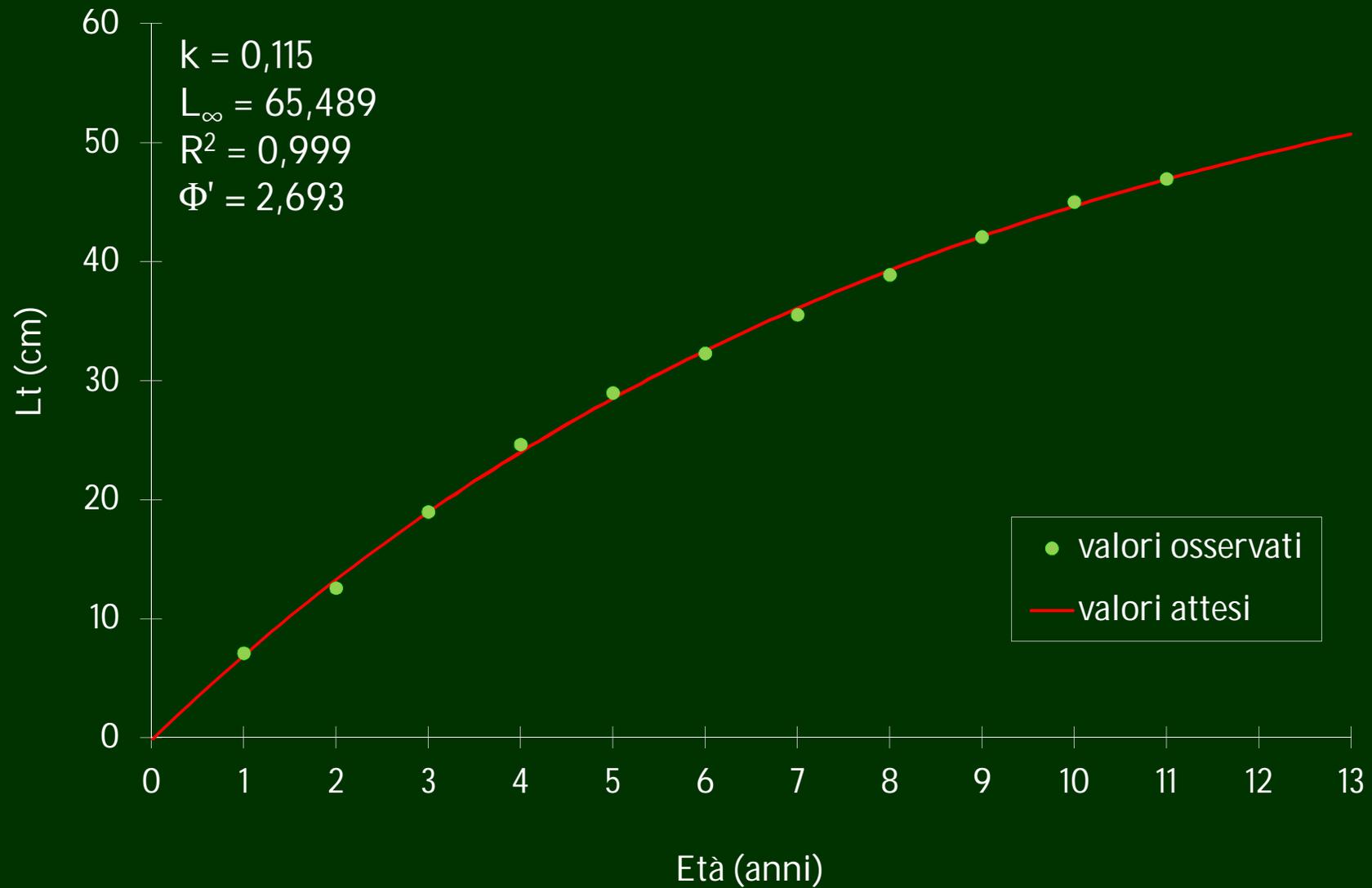


➤ ANOVA: Le differenze tra le lunghezze retrocalcolate alle varie età non sono risultate statisticamente significative tra i due sessi ($F = 0,512$; $p = 0,767$).



Questo conferma l'assenza di dimorfismo sessuale nell'accrescimento.

ACCRESCIAMENTO TEORICO IN LUNGHEZZA



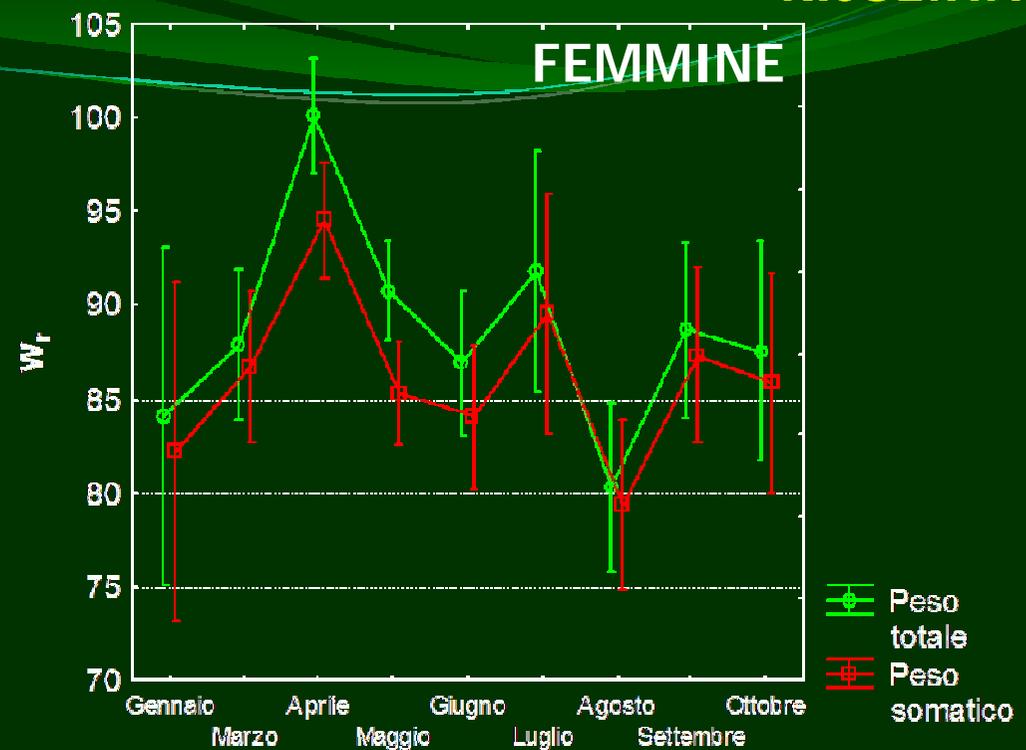
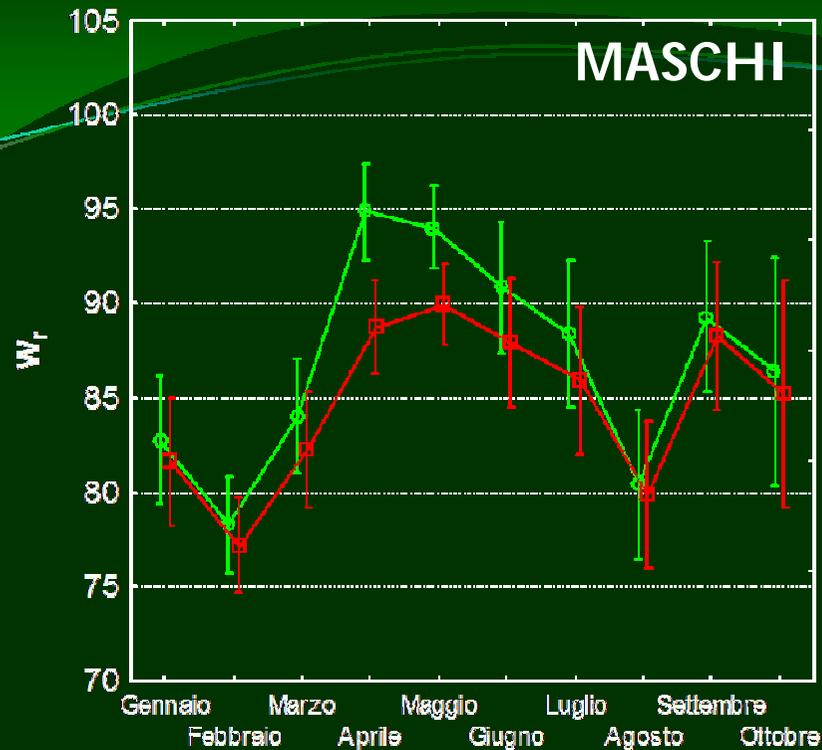
PESO RELATIVO

Wr	N Valori	Media	Mediana	Minimo	Massimo	Dev.Std.
Femmina	140	90,06	89,58	69,79	115,02	9,56
Maschio	252	88,11	87,10	67,32	118,61	9,59

All'analisi del *t*-test le differenze tra i due sessi non sono statisticamente significative ($t = 3,735$; $p = 0,054$).

W'r	N Valori	Media	Mediana	Minimo	Massimo	Dev.Std.
Femmina	130	86,95	86,08	69,69	114,44	8,72
Maschio	221	85,03	83,88	64,70	113,22	8,61

All'analisi del *t*-test il valore medio risulta più elevato per le femmine rispetto ai maschi e le differenze sono statisticamente significative ($t = 4,017$; $p = 0,046$).



● Peso totale
■ Peso somatico

INDICE GONADO-SOMATICO						
Sesso	N° Valori	Media	Mediana	Minimo	Massimo	Dev.Std.
Femmina	130	3,71	2,37	0,41	16,00	3,70
Maschio	221	3,05	1,71	0,38	10,09	2,64

All'analisi del *t*-test , le differenze tra i sessi per il GSI non sono risultate statisticamente significative (***t* = 3,846; *p* = 0,051**).

MATURITÀ SESSUALE

RISULTATI

	MASCHI			
	NON IN RIPRODUZIONE		IN RIPRODUZIONE	
	N	%	N	%
1+	8	72,73%	3	27,27%
2+	15	20,83%	57	79,17%
3+	1	0,88%	113	99,12%
4+	0	0,00%	20	100,00%
5+	0	0,00%	22	100,00%
6+	0	0,00%	11	100,00%
7+	0	0,00%	2	100,00%

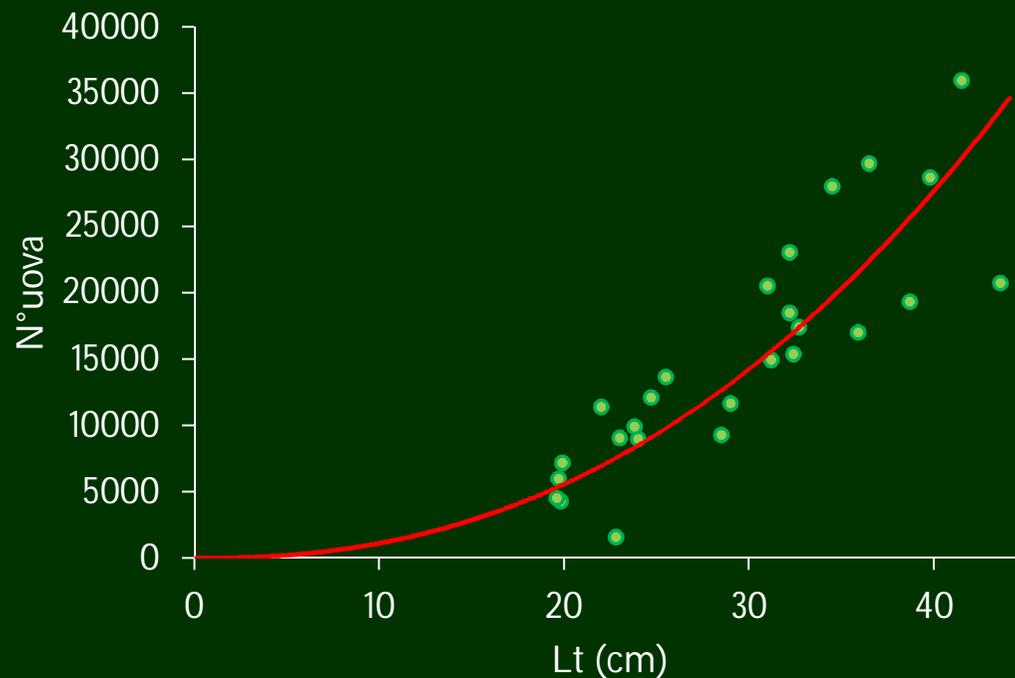
La maturità sessuale, nei maschi, viene raggiunta a 2 anni (~80% del campione in grado di riprodursi).

	FEMMINE			
	NON IN RIPRODUZIONE		IN RIPRODUZIONE	
	N	%	N	%
1+	1	100,00%	0	0,00%
2+	10	33,33%	20	66,67%
3+	2	6,90%	27	93,10%
4+	0	0,00%	28	100,00%
5+	0	0,00%	23	100,00%
6+	0	0,00%	12	100,00%
7+	0	0,00%	7	100,00%
8+	0	0,00%	4	100,00%
9+	0	0,00%	4	100,00%
10+	0	0,00%	1	100,00%
11+	0	0,00%	1	100,00%

Nelle femmine, la situazione è abbastanza simile a quella dei maschi e più dei 2/3 della popolazione inizia a riprodursi a due anni (66,67%).

BIOLOGIA RIPRODUTTIVA

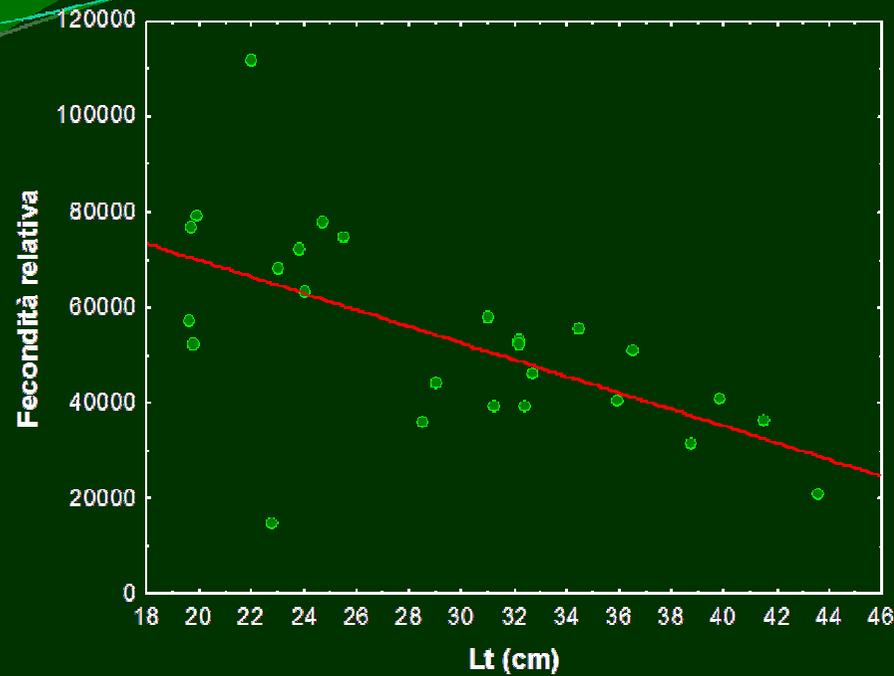
	N° Valori	Media	Mediana	Minimo	Massimo	Dev.Std.
Uova totali (n°)	26	15350,57	14303,32	1606,00	35981,25	8692,02
Fecondità relativa (n°/kg)	26	53553,02	52228,83	14639,93	111723,80	20897,36
Diametro medio (cm)	48	0,12	0,12	0,06	0,16	0,03



La relazione fra lunghezza totale e fecondità assoluta è data dall'equazione:

$$N_{\text{uova}} = 5,466L_t^{2,312}$$

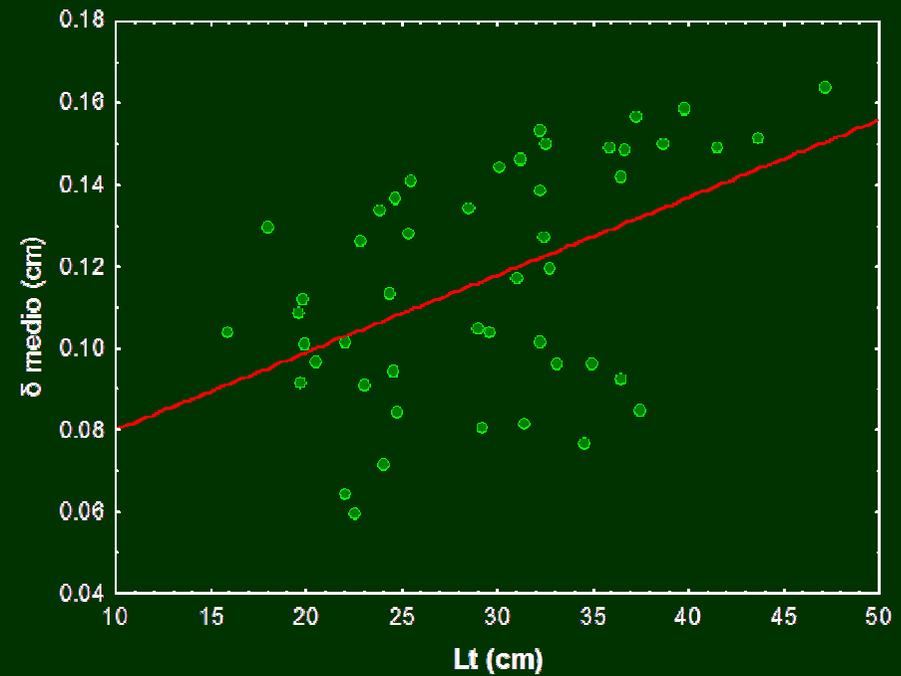
($R^2 = 0,676$)



La relazione fra lunghezza totale e fecondità relativa è data dalla seguente equazione:

$$FR = 104807,352 - 1743,117 Lt$$

$$(R^2 = 0,366; p = 0,001)$$



La relazione fra lunghezza totale e diametro medio delle uova è data dalla seguente equazione:

$$\delta \text{ medio} = 0,061 + 0,002 Lt$$

$$(R^2 = 0,241; p = 0,001)$$

CONCLUSIONI

- Il cavedano nel torrente Assino presenta una crescita di tipo allometrico ed il coefficiente di regressione rientra nella variabilità indicata per altre popolazioni europee (Froese e Pauly, 2010).
- L'accrescimento può essere giudicato complessivamente molto buono: i valori di Φ' e L_{∞} risultano maggiori se confrontati con quelli relativi ad altre ricerche condotte in Europa.
- I confronti tra le lunghezze retrocalcolate e quelli tra le regressioni L_t – Peso permettono di escludere la presenza di dimorfismo sessuale nell'accrescimento della popolazione.
- Lo stato di benessere della popolazione indagata può essere considerato non ottimale: il W_r medio totale infatti è inferiore a 100 e non ci sono differenze significative tra maschi e femmine.
- L'investimento riproduttivo è molto elevato anche nei maschi.
- I maschi sembrano risentire meno dello sforzo riproduttivo rispetto alle femmine, per le quali la fase di deposizione delle uova comporta un forte dispendio energetico.

CONCLUSIONI

- I periodi di maggiore criticità per la popolazione sono i mesi invernali, a causa delle basse temperature e della carenza di risorse, e il mese di agosto, a causa delle scarse portate estive e dello sforzo energetico nella riproduzione appena conclusa.
- La maturità sessuale è anticipata rispetto a quanto osservato per le popolazioni del Nord Europa (Mann, 1976; Froese e Pauly, 2010), mentre è simile a quella delle popolazioni dell'Europa meridionale (Turchia e Grecia) (Bülent Ünver, 1997; Hüseyin Şaşı, 2002; Froese e Pauly, 2010).
- La fecondità assoluta e la fecondità relativa sono elevate, mentre il diametro delle uova rientra nella variabilità delle popolazioni europee, ma è piuttosto ridotto (Vila Gisbert e Moreno Amich, 2002).
- Il diametro delle uova aumenta con la taglia mentre la fecondità relativa si riduce: con l'accrescimento esiste una tendenza a migliorare la qualità delle uova a scapito della quantità.

CONCLUSIONI

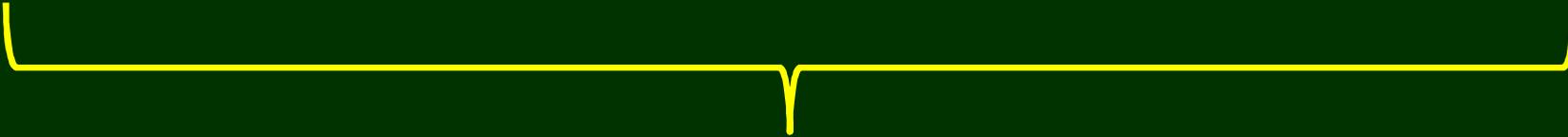
1. Elevato investimento riproduttivo di entrambi i sessi

2. Maturità sessuale anticipata

3. Ampio periodo riproduttivo

4. Elevata fecondità

5. Uova di piccole dimensioni



MASSIMIZZAZIONE DEL
SUCCESSO RIPRODUTTIVO



STRATEGIA COMPLESSIVA DELLA SPECIE
SVILUPPATA PER ADATTARSI ALLE CONDIZIONI
ECOLOGICHE DEI CORSI D'ACQUA IN CUI ESSA VIVE