



**Università degli Studi di Perugia**  
**Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale**



**Dottorato di ricerca in “BIOLOGIA ED ECOLOGIA”**

**- XXIV ciclo -**

---

**Il peso relativo nello studio delle  
popolazioni ittiche:  
equazioni proposte per il calcolo  
del peso standard in sei specie  
ittiche d'acqua dolce**

---

**Daniela Giannetto**

**COORDINATORE**  
**Prof. Fabio Franciolini**

**RELATORE**  
**Dott. Massimo Lorenzoni**

# Gli indici di condizione

✓ permettono di valutare lo stato di benessere dei pesci all'interno di una popolazione

esaminare i tassi di accrescimento di una specie (Guy & Willis, 1991)

analizzarne lo sviluppo delle gonadi (Pope & Willis, 1996; Jordan & Willis, 2001; Pompei *et al.*, 2011)

✓ permettono di analizzare le interazioni fra gli organismi e l'ambiente in cui vivono

stimare la disponibilità di risorse (Blackwell *et al.*, 2000)

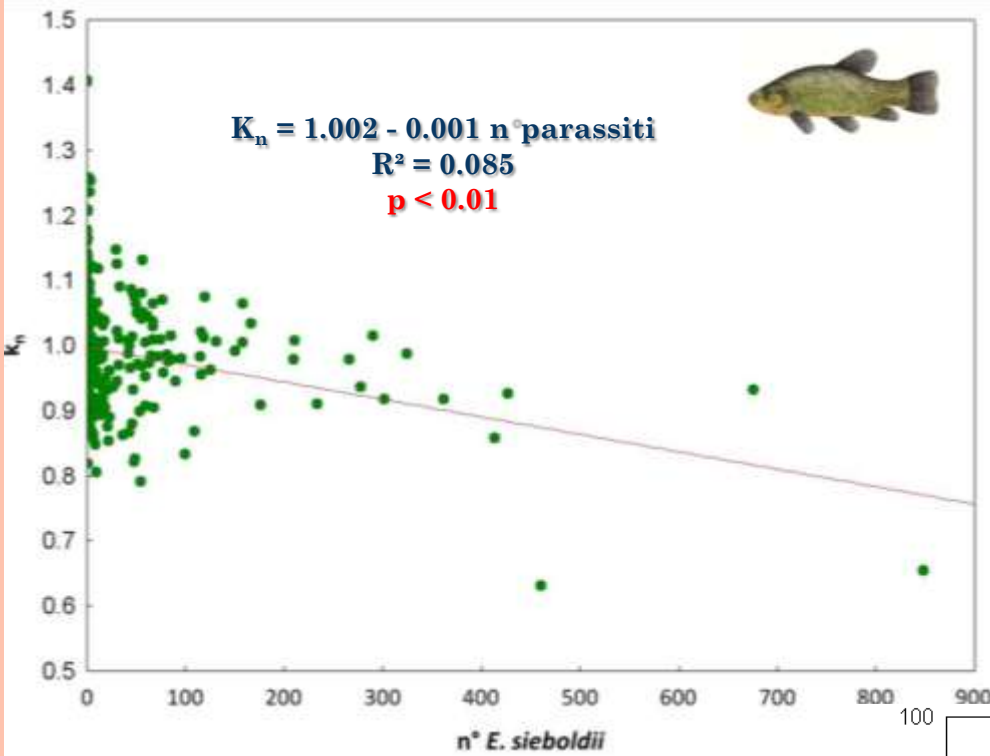
analizzare le interazioni fra specie ittiche (Blackwell *et al.*, 2000)

valutare il grado di adattamento di una popolazione al proprio ambiente (Mitzner, 1990; Kleinsasser *et al.*, 1990; Gilliland, 1992).

✓ sono poco invasivi

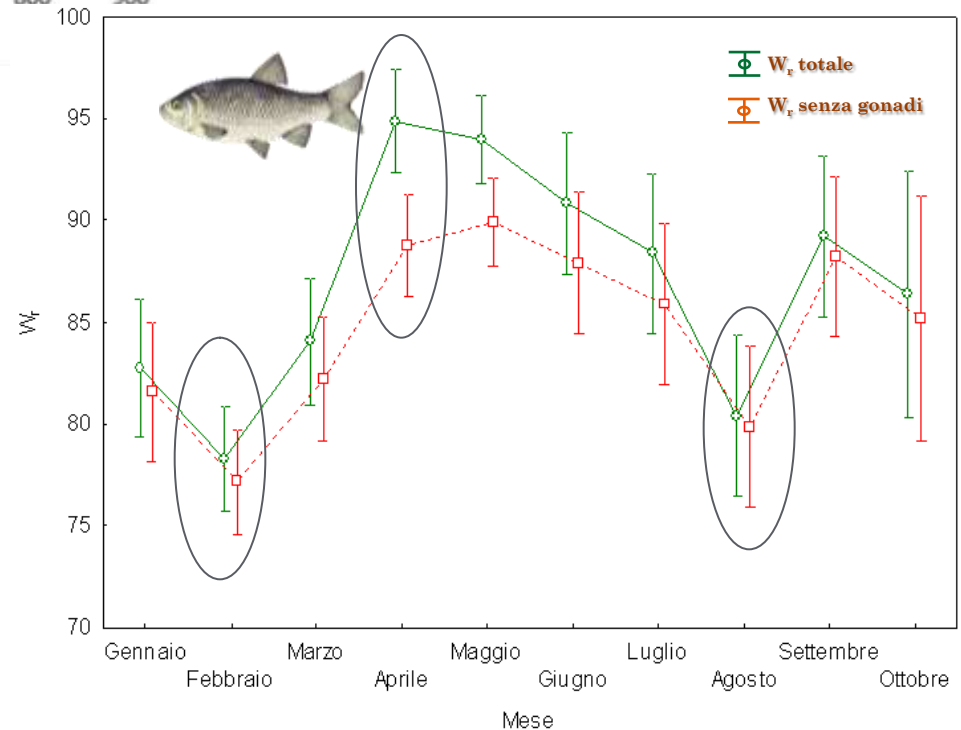
a parità di lunghezza, un pesce che pesa di più si trova in uno stato di benessere migliore rispetto ad un pesce che pesa meno





## Effetti del parassita *Ergasilus sieboldii* sulla popolazione di tinca del lago Trasimeno (Iafrate, 2010)

## Biologia riproduttiva del cavedano comune nel torrente Assino (Pompei *et al.*, 2011)



# Principali indici di condizione

✓ fattore di condizione di Fulton (1911): permette di confrontare solo pesci di taglia simile della stessa specie

$$K = (W/L_t^3)100$$

✓ fattore di condizione relativo (Le Cren, 1951): limitato a gruppi di individui appartenenti alla stessa popolazione

$$K_n = W/W'$$

✓ peso relativo (Wege & Anderson, 1978): permette il confronto fra individui di taglia diversa appartenenti a diverse popolazioni

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

$W_s$  = peso standard, peso ideale di un esemplare della stessa specie che si trova in buone condizioni fisiologiche

$$\log_{10}W_s = a + b \log_{10}L_t$$

# Metodi per il calcolo dell'equazione per la stima di $W_s$

## Metodo RLP

Regression Line Percentile method (Murphy, 1990)

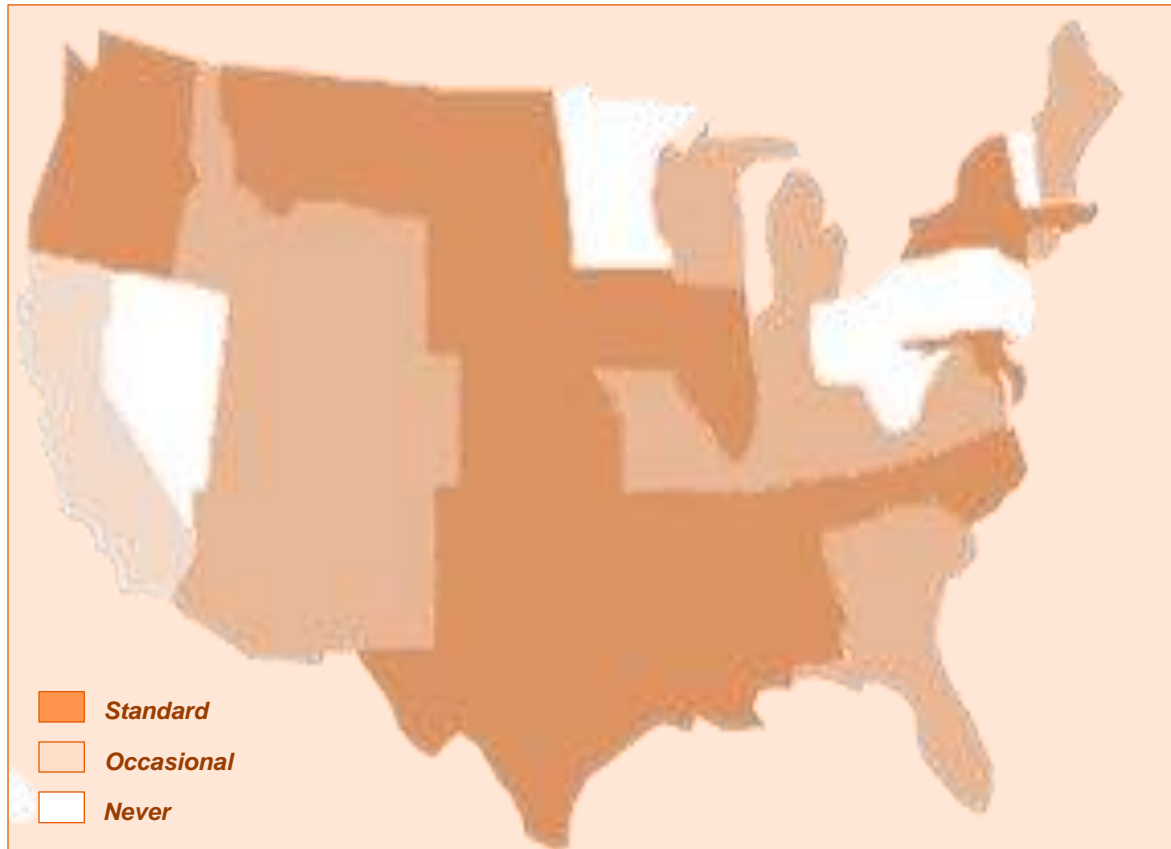
utilizza dati estrapolati dalle regressioni  $L_t - W$

## Metodo EmP

Empirical Percentile method (Gerow, 2005)

utilizza i pesi misurati degli individui

# Utilizzo di $W_r$ in USA



## Equazioni per la stima di $W_s$ presenti in letteratura

Nome comune	Nome scientifico
Blue catfish	<i>Ictalurus furcatus</i>
Bluegill	<i>Lepomis macrochirus</i>
Brown bullhead	<i>Ameiurus nebulosus</i>
Brown trout	<i>Salmo trutta</i>
Burbot	<i>Lota lota</i>
Chain pickerel	<i>Esox niger</i>
Channel catfish	<i>Ictalurus punctatus</i>
Chinook salmon	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>
Common carp	<i>Cyprinus carpio</i>
Cutthroat trout	<i>Oncorhynchus clarkii</i>
Flathead cattish	<i>Pylodictis olivaris</i>
Freshwater drum	<i>Aplodinotus grunniens</i>
Gizzard shad	<i>Dorosoma cepedianum</i>
Golden shiner	<i>Notemigonus crysoleucas</i>
Green sunfish	<i>Lepomis cyanellus</i>
Lake herring	<i>Coregonus artedii</i>
Lake trout	<i>Salvelinus namaycush</i>
Largemouth bass	<i>Micropterus salmoides</i>
Longnose gar	<i>Lepisosteus osseus</i>
Mountain whitefish	<i>Prosopium williamsona</i>
Northern pike	<i>Esox lucius</i>
Pumpkinseed	<i>Lepomis gibbosus</i>
Pejerrey	<i>Odontesthes bonariensis</i>
Rainbow trout	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Redear sunfish	<i>Lepomis microlophus</i>
River carpsucker	<i>Carpionodes carpio</i>
Rock bass	<i>Ambloplites rupestris</i>
Sauger	<i>Sander canadensis</i>
Shorthead redhorse	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>
Shovelnose sturgeon	<i>Scaphirhynchus platorynchus</i>
Smallmouth bass	<i>Micropterus dolomieu</i>
Smallmouth buffalo	<i>Ictiobus bubalus</i>
Spotted bass	<i>Micropterus punctulatus</i>
Spotted gar	<i>Lepisosteus oculatus</i>
Striped bass	<i>Morone saxatilis</i>
Walleye	<i>Sander vitreus</i>
White bass	<i>Morone chrysops</i>
White catfish	<i>Ameiurus catus</i>
White crappie	<i>Pomoxis annularis</i>
White perch	<i>Morone americana</i>
White sturgeon	<i>Acipenser transmontanus</i>
White sucker	<i>Catostomus commerson</i>

Utilizzo del  $W_r$  da parte delle agenzie statali che si occupano di ittiofauna negli USA

# Obiettivi della ricerca

✓ Calcolare le equazioni per la stima di  $W_s$  per alcune specie ittiche



vairone

*Telestes muticellus* (Bonaparte, 1837)



cavedano di Fellowesi

*Squalius fellowesii* (Günther, 1868)



cavedano comune

*Squalius squalus* (Bonaparte, 1837)



trota marmorata

*Salmo marmoratus* Cuvier, 1829



cavedano etrusco

*Squalius lucumonis* (Bianco, 1983)



persico reale

*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758



✓ Confrontare i due metodi RLP ed EmP sulla base dei risultati ottenuti per ciascuna specie e valutarne l'efficacia

Raccolta e validazione dei dati

Determinazione della taglia minima

Calcolo della regressione  $L_t - W$  per ogni popolazione

Calcolo del 3° quartile di  $W$  per classe di lunghezza di 1 cm

Calcolo dell'equazione lineare fra  $\log_{10}$  3° quartile  $W$  e  $\log_{10} L_t$  per la stima di  $W_s$

## Metodo RLP

# Calcolo dell'equazione per la stima di $W_s$ con i due metodi

Raccolta e validazione dei dati

Determinazione della taglia minima

Determinazione della taglia massima

Utilizzo dei pesi reali di tutti i pesci

Calcolo del 3° quartile di  $W$  per classe di lunghezza di 1 cm

Calcolo dell'equazione quadratica e pesata sul numero della popolazione fra  $\log_{10}$  3° quartile  $W$  e  $\log_{10} L_t$  per la stima di  $W_s$

## Metodo EmP



# Raccolta dei dati

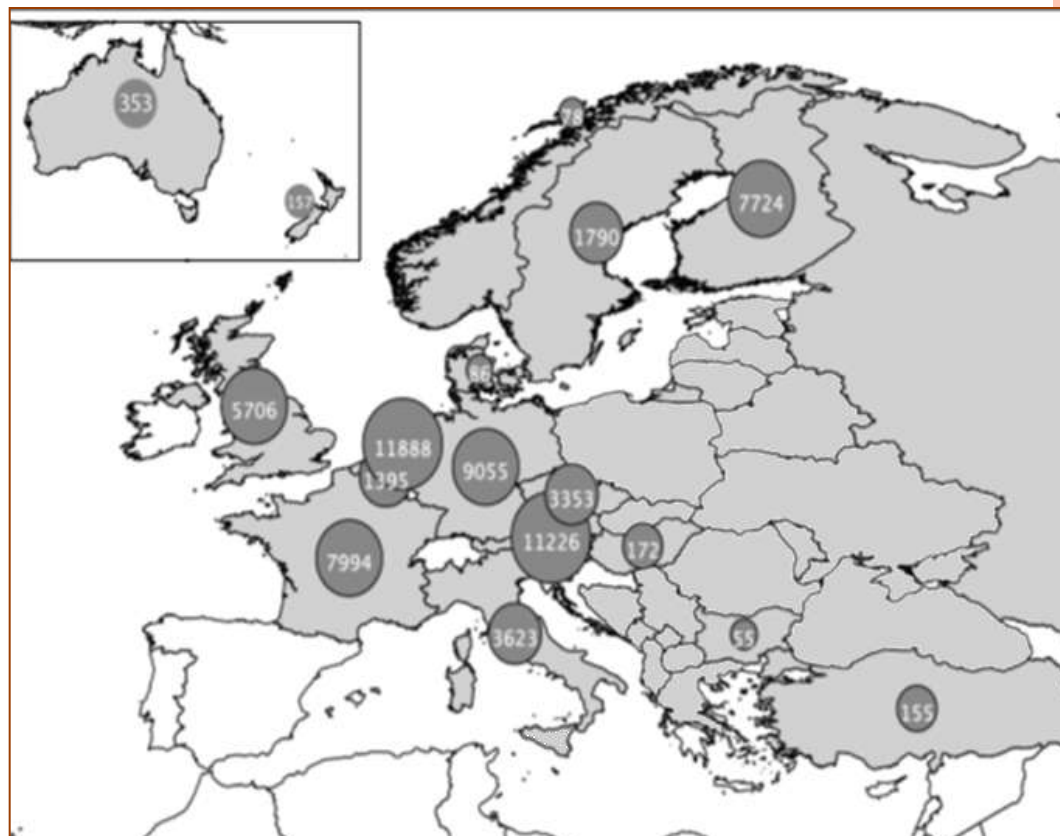


**campionamenti diretti**



**collaborazione con Università e Centri di ricerca italiani e stranieri**

STATI	N° IND.
Austria	11 226
Belgio	1 435
Bulgaria	55
Danimarca	86
Finlandia	7 722
Francia	8 076
Germania	9 431
Italia	3 605
Norvegia	78
Nuova Zelanda	157
Paesi Bassi	13 211
Regno Unito	6 773
Repubblica Ceca	3 401
Russia	103
Svezia	1 810
Turchia	154
Ungheria	173
<b>TOTALE</b>	<b>64913</b>

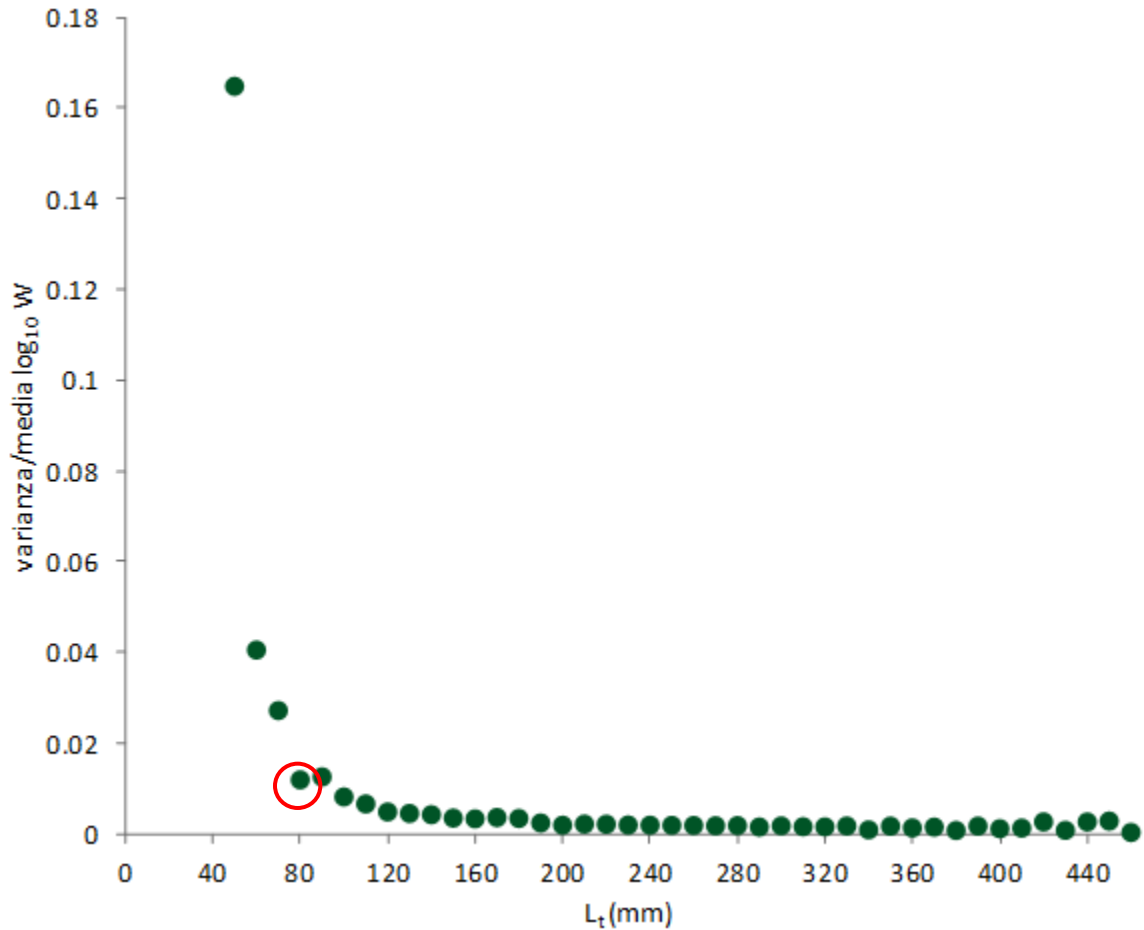






# Determinazione del range di applicazione dell'equazione per la stima di $W_s$

## Determinazione della taglia minima (Willis *et al.*, 1991)



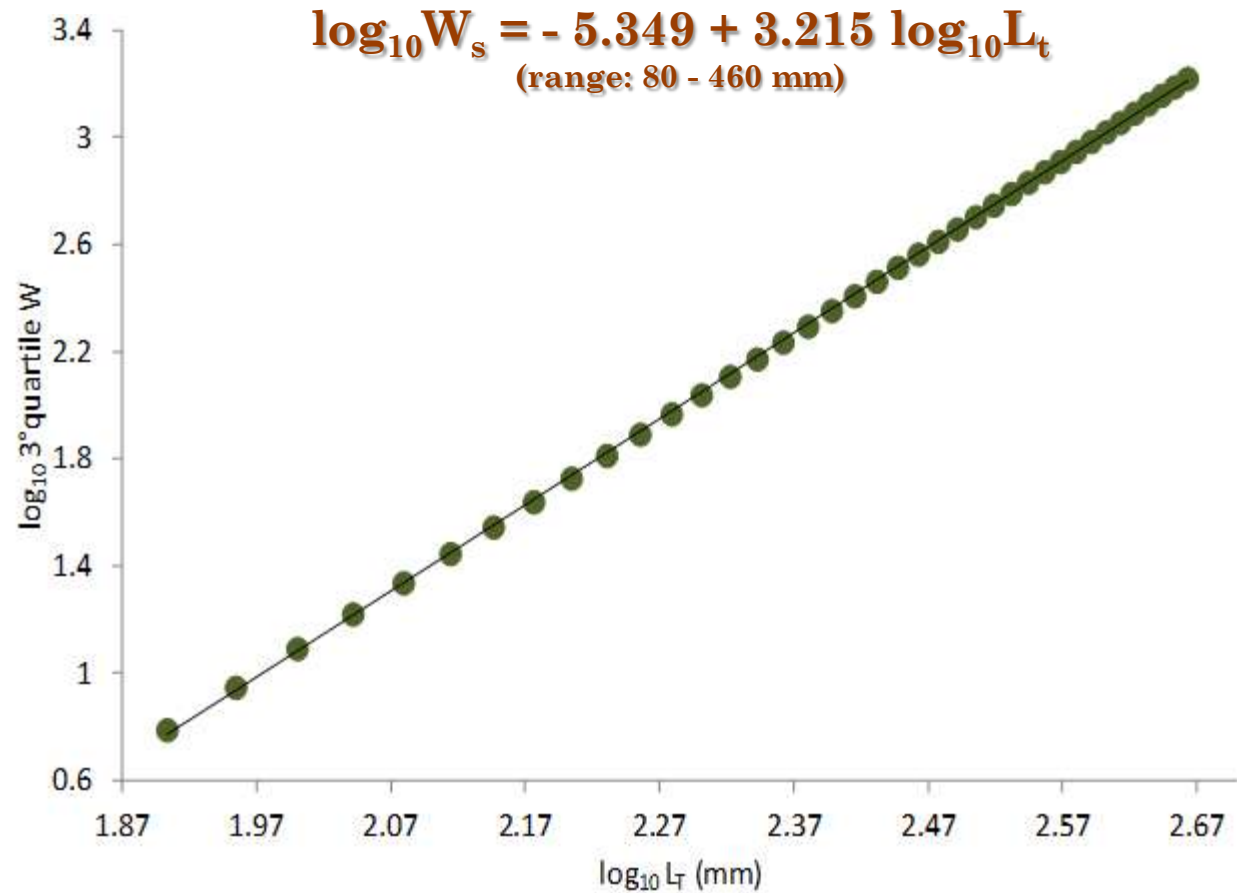
## Determinazione della taglia massima (Gerow, 2005) (solo per il metodo EmP)

classi $L_T$ (mm)	n. pop	classi $L_T$ (mm)	n. pop
80	167	280	172
90	214	290	167
100	447	300	149
110	464	310	117
120	502	320	116
130	524	330	85
140	511	340	75
150	486	350	64
160	478	360	71
170	440	370	55
180	400	380	36
190	375	390	39
200	347	400	29
210	329	410	23
220	310	420	11
230	310	430	15
240	277	440	11
250	251	450	4
260	229	460	5
270	199		

# Calcolo dell'equazione per la stima del $W_s$ con il metodo RLP



classi $L_t$	$\log_{10} L_t$ (mm)	3° quartile	$\log_{10}$ 3° quartile
80	1.903	6.153	0.789
90	1.954	8.867	0.948
100	2.000	12.377	1.093
110	2.041	16.642	1.221
120	2.079	21.781	1.338
130	2.114	27.980	1.447
140	2.146	35.209	1.547
150	2.176	43.683	1.640
160	2.204	53.514	1.728
170	2.230	65.046	1.813
180	2.255	78.067	1.892
190	2.279	92.958	1.968
200	2.301	109.632	2.040
210	2.322	128.390	2.109
220	2.342	149.115	2.174
230	2.362	172.167	2.236
240	2.380	197.494	2.296
250	2.398	226.077	2.354
260	2.415	256.662	2.409
270	2.431	290.718	2.463
280	2.447	327.887	2.516
290	2.462	367.081	2.565
300	2.477	409.914	2.613
310	2.491	456.103	2.659
320	2.505	506.324	2.704
330	2.519	559.544	2.748
340	2.531	617.682	2.791
350	2.544	680.325	2.833
360	2.556	745.049	2.872
370	2.568	813.638	2.910
380	2.580	887.681	2.948
390	2.591	966.696	2.985
400	2.602	1049.007	3.021
410	2.613	1137.756	3.056
420	2.623	1233.116	3.091
430	2.633	1334.742	3.125
440	2.643	1437.866	3.158
450	2.653	1547.494	3.190
460	2.663	1662.870	3.221



**Calcolo del 3° quartile di W per classi di lunghezza di 1 cm**

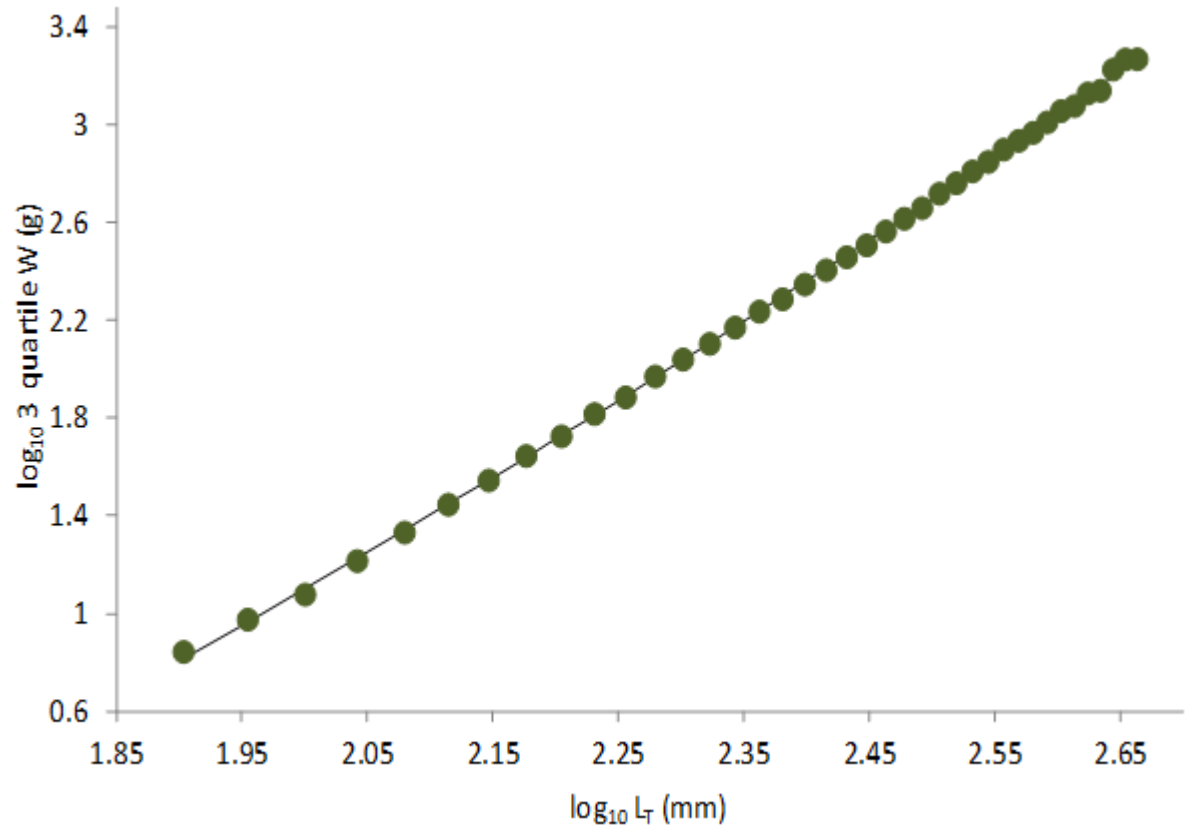
# Calcolo dell'equazione per la stima del $W_s$ con il metodo EmP



classi $L_t$	$\log L_t$ (mm)	3° quartile	n. pop.
80	1.903	0.845	167
90	1.954	0.977	214
100	2.000	1.080	447
110	2.041	1.217	464
120	2.079	1.334	502
130	2.114	1.448	524
140	2.146	1.547	511
150	2.176	1.648	486
160	2.204	1.728	478
170	2.230	1.820	440
180	2.255	1.888	400
190	2.279	1.973	375
200	2.301	2.043	347
210	2.322	2.107	329
220	2.342	2.174	310
230	2.362	2.239	310
240	2.380	2.289	277
250	2.398	2.350	251
260	2.415	2.408	229
270	2.431	2.462	199
280	2.447	2.511	172
290	2.462	2.568	167
300	2.477	2.620	149
310	2.491	2.663	117
320	2.505	2.722	116
330	2.519	2.765	85
340	2.531	2.813	75
350	2.544	2.852	64
360	2.556	2.903	71
370	2.568	2.939	55
380	2.580	2.971	36
390	2.591	3.014	39
400	2.602	3.061	29
410	2.613	3.081	23
420	2.623	3.133	11
430	2.633	3.144	15
440	2.643	3.230	11
450	2.653	3.272	4
460	2.663	3.273	5

$$\log_{10} W_s = - 3.148 + 1.266 \log_{10} L_t + 0.429 (\log_{10} L_t)^2$$

(range: 80 - 460 mm)



**Calcolo del 3° quartile di W per classi di lunghezza di 1 cm**

# Equazioni per la stima del $W_s$ per le sei specie ittiche analizzate



9321 esemplari  
94 popolazioni



4064 esemplari  
90 popolazioni



1900 esemplari  
46 popolazioni



64913 esemplari  
762 popolazioni



28596 esemplari  
328 popolazioni



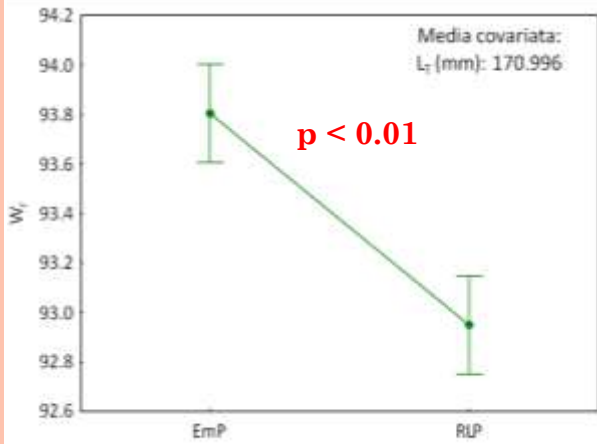
36460 esemplari  
94 popolazioni

specie	metodo RLP	metodo EmP
vairone	$\log_{10}W_s = - 5.085 + 3.081 \log_{10} L_t$	$\log_{10}W_s = - 3.706 + 1.685 \log_{10}L_t + 0.349 (\log_{10}L_t)^2$
cavedano di Fellowesi	$\log_{10}W_s = - 5.266 + 3.176 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = -3.801 + 1.783 \log_{10}L_t + 0.329 (\log_{10}L_t)^2$
cavedano comune	$\log_{10}W_s = - 5.187 + 3.091 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = - 4.789 + 2.676 \log_{10}L_t + 0.105 (\log_{10}L_t)^2$
cavedano etrusco	$\log_{10}W_s = - 5.059 + 3.071 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = - 7.753 + 5.748 \log_{10}L_t - 0.665 (\log_{10}L_t)^2$
persico reale	$\log_{10}W_s = - 5.349 + 3.215 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = - 3.148 + 1.266 \log_{10}L_t + 0.429 (\log_{10}L_t)^2$
trota marmorata	$\log_{10}W_s = - 5.071 + 3.036 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = - 5.208 + 3.202 \log_{10}L_t - 0.046 (\log_{10}L_t)^2$

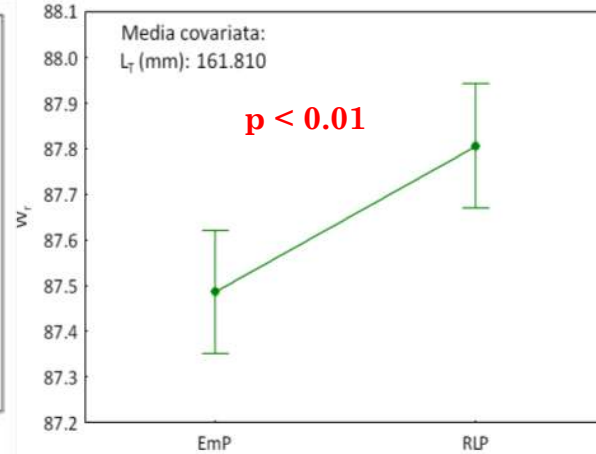
# Confronto fra i risultati ottenuti con i metodi RLP ed EmP



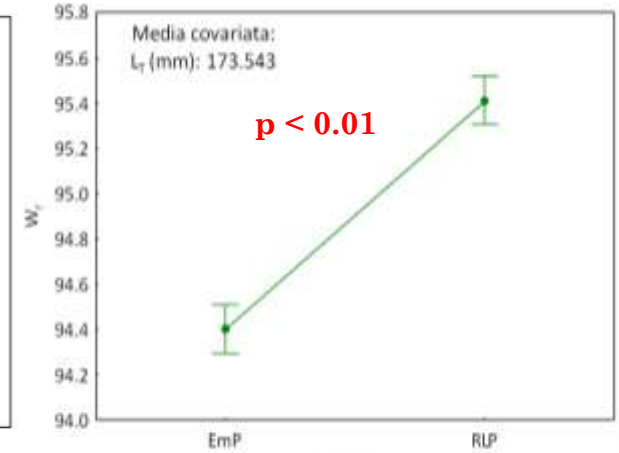
## Confronto delle equazioni $L_t - W_r$ tramite ANCOVA



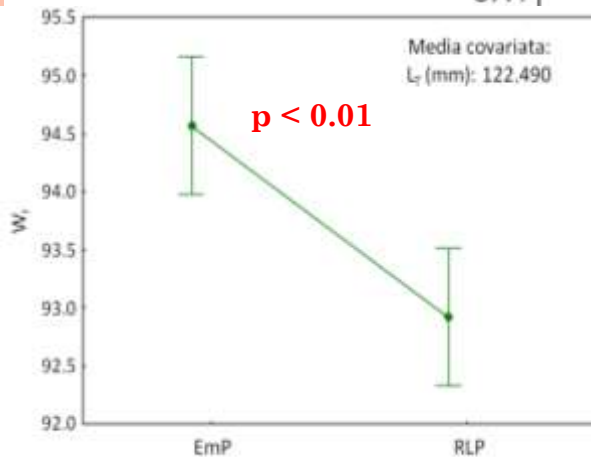
vairone



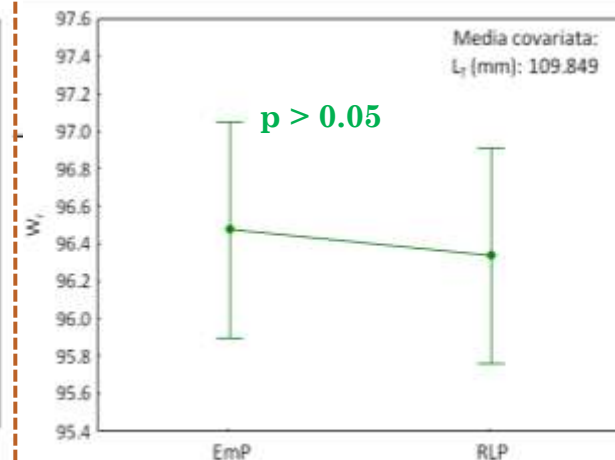
persico reale



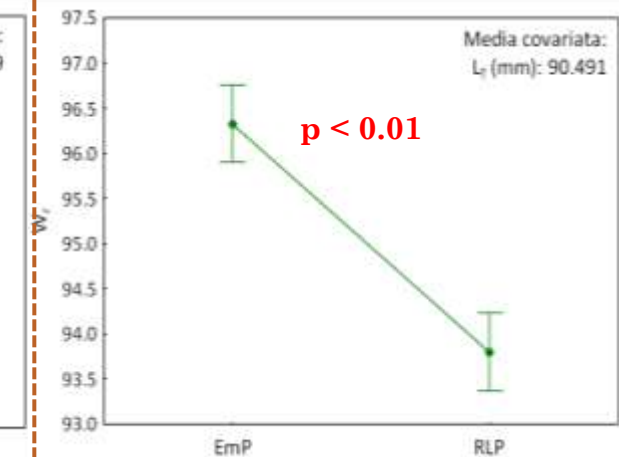
cavedano comune



cavedano etrusco



cavedano di Fellowesi

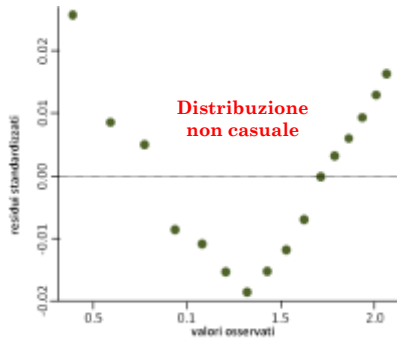


trota marmorata

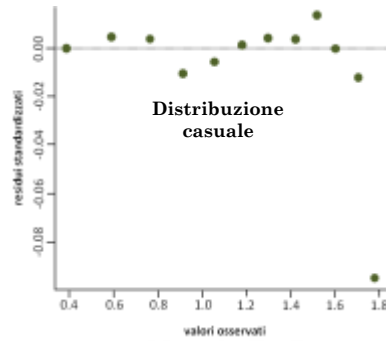
# Analisi dell'indipendenza dalla taglia



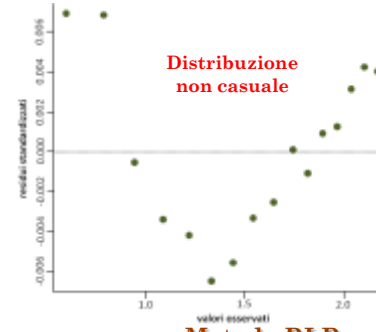
## Analisi dei residui dell'equazione per la stima del $W_s$ (Ogle & Winfield, 2009)



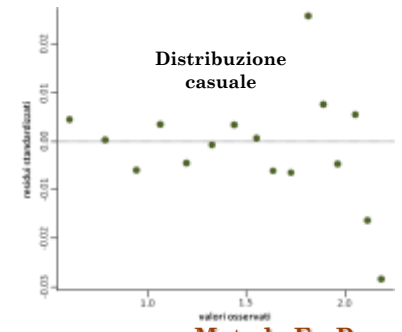
Metodo RLP



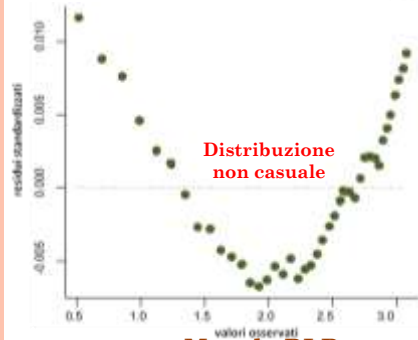
Metodo EmP



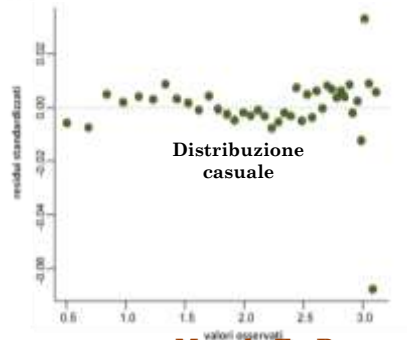
Metodo RLP



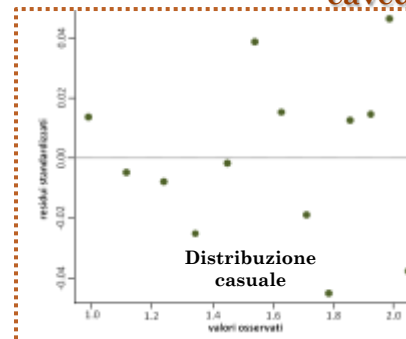
Metodo EmP



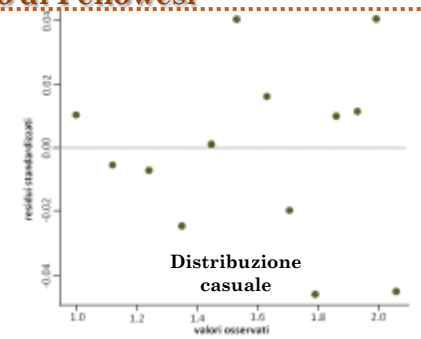
Metodo RLP



Metodo EmP



Metodo RLP

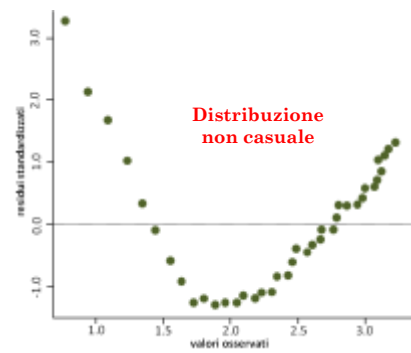


Metodo EmP

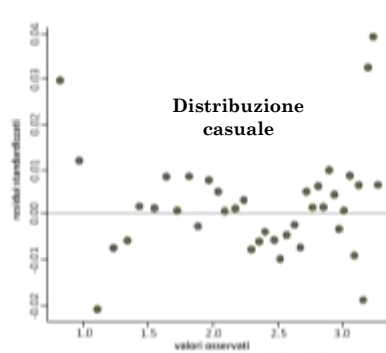
vairone  
cavedano comune

cavedano di Fellowesi

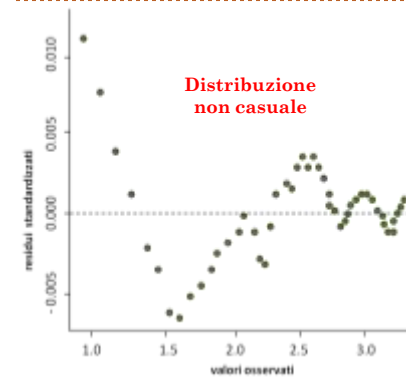
cavedano etrusco



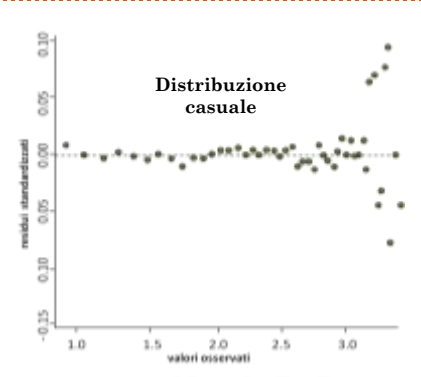
Metodo RLP



Metodo EmP



Metodo RLP



Metodo EmP

persico reale

trota marmorata

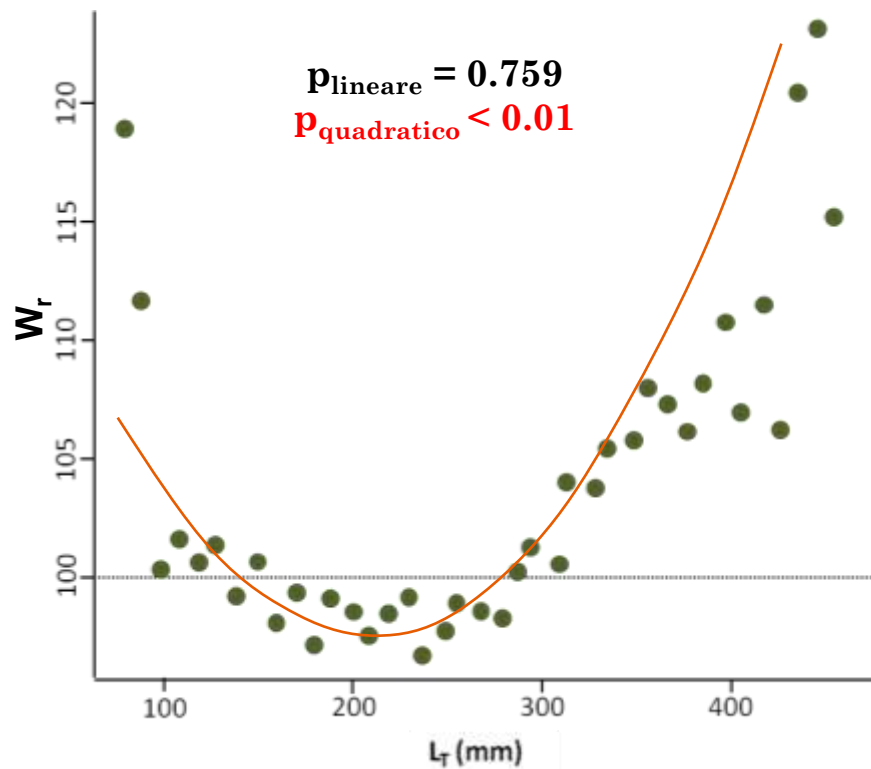


# Analisi dell'indipendenza dalla taglia

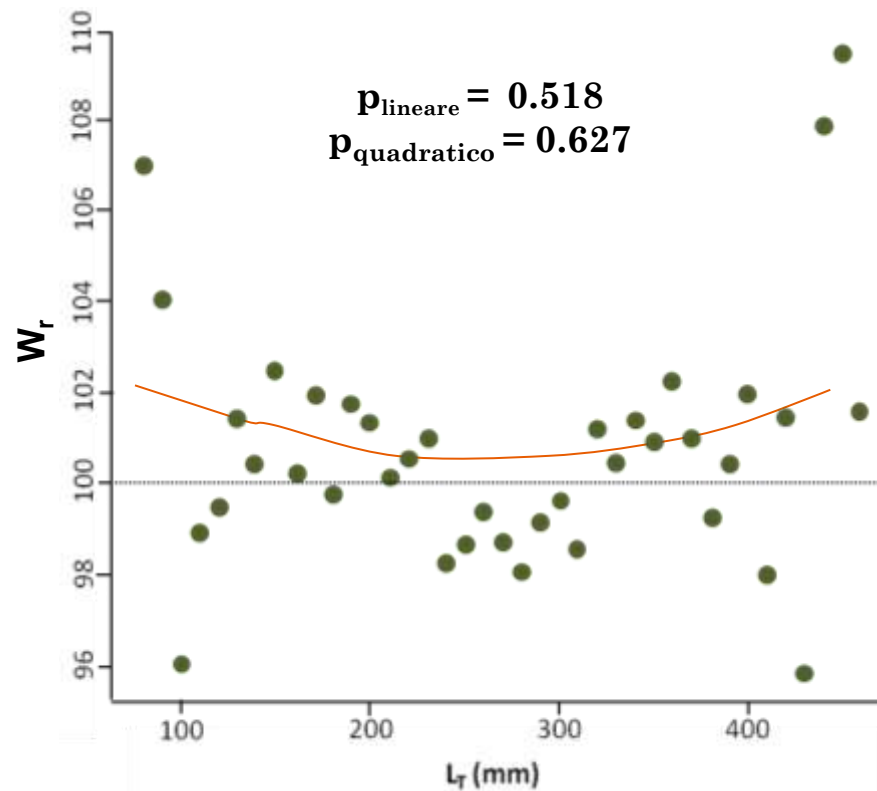


## Metodo EmpQ

(Gerow *et al.*, 2004)



**Metodo RLP**



**Metodo Emp**

# Risultati ottenuti dall'applicazione del metodo EmpQ per le sei specie ittiche analizzate

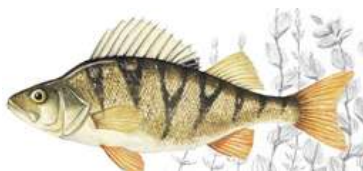
specie	RLP		EmP	
	P <sub>lineare</sub>	P <sub>quadratico</sub>	P <sub>lineare</sub>	P <sub>quadratico</sub>
vairone	< 0.01	< 0.01	0.676	0.643
cavedano di Fellowesi	< 0.01	< 0.01	0.989	0.859
cavedano comune	< 0.01	< 0.01	0.878	0.517
cavedano etrusco	0.032	0.545	0.774	0.224
persico reale	0.759	< 0.01	0.518	0.627
trota marmorata	< 0.01	0.301	0.855	0.223

**Il metodo EmP è risultato più affidabile rispetto al metodo RLP**

# Conclusioni

## Equazioni per la stima del $W_s$ proposte per le sei specie ittiche analizzate

specie	metodo RLP	metodo EmP
vairone	$\log_{10}W_s = - 5.085 + 3.081 \log_{10} L_t$	$\log_{10}W_s = - 3.706 + 1.685 \log_{10}L_t + 0.349 (\log_{10}L_t)^2$
cavedano di Fellowesi	$\log_{10}W_s = - 5.266 + 3.176 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = -3.801 + 1.783 \log_{10}L_t + 0.329 (\log_{10}L_t)^2$
cavedano comune	$\log_{10}W_s = - 5.187 + 3.091 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = - 4.789 + 2.676 \log_{10}L_t + 0.105 (\log_{10}L_t)^2$
cavedano etrusco	$\log_{10}W_s = - 5.059 + 3.071 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = - 7.753 + 5.748 \log_{10}L_t - 0.665 (\log_{10}L_t)^2$
persico reale	$\log_{10}W_s = - 5.349 + 3.215 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = - 3.148 + 1.266 \log_{10}L_t + 0.429 (\log_{10}L_t)^2$
trota marmorata	$\log_{10}W_s = - 5.071 + 3.036 \log_{10}L_t$	$\log_{10}W_s = - 5.208 + 3.202 \log_{10}L_t - 0.046 (\log_{10}L_t)^2$



# Conclusioni

## Metodo RLP

### VANTAGGI

Ampio numero di regressioni in letteratura

Permette di calcolare l'equazione per la stima di  $W_s$  fino alla taglia per la quale è presente almeno un esemplare

### SVANTAGGI

Utilizza dati estrapolati dalle regressioni

Le equazioni per la stima di  $W_s$  calcolate sono risultate influenzate alla taglia

## Metodo EmP

### SVANTAGGI

Richiede un maggiore sforzo di campionamento

Richiede una taglia massima di applicazione che può portare ad una riduzione dell'intervallo di applicazione

### VANTAGGI

Utilizza i pesi misurati degli individui

Le equazioni per la stima di  $W_s$  calcolate sono risultate sempre indipendenti dalla taglia

# Conclusioni

## Equazioni per la stima del $W_s$ proposte per le sei specie ittiche analizzate

specie	metodo EmP
vairone	$\log_{10}W_s = - 3.706 + 1.685 \log_{10}L_t + 0.349 (\log_{10}L_t)^2$
cavedano di Fellowesi	$\log_{10}W_s = -3.801 + 1.783 \log_{10}L_t + 0.329 (\log_{10}L_t)^2$
cavedano comune	$\log_{10}W_s = - 4.789 + 2.676 \log_{10}L_t + 0.105 (\log_{10}L_t)^2$
cavedano etrusco	$\log_{10}W_s = - 7.753 + 5.748 \log_{10}L_t - 0.665 (\log_{10}L_t)^2$
persico reale	$\log_{10}W_s = - 3.148 + 1.266 \log_{10}L_t + 0.429 (\log_{10}L_t)^2$
trota marmorata	$\log_{10}W_s = - 5.208 + 3.202 \log_{10}L_t - 0.046 (\log_{10}L_t)^2$

