



LO SBARCATO NEL LAGO VERBANO UN'ANALISI PER IL PERIODO 1992-2008

Roberto Stoppa
Tiresia, Lugano

L'analisi riportata in questo articolo ha come obiettivo principale quello di valutare se gli spurghi e/o gli svuotamenti artificiali dei bacini di accumulazione abbiano o meno un effetto sullo sbarcato (cioè sulla quantità di pesci pescata con l'utilizzo di barche e reti da parte di pescatori professionisti) sul lago Verbano. L'analisi si concentra su tre specie di pesci: il coregone lavarello, il coregone bondella e l'agone che, da soli, rappresentano circa i 2/3 del totale dello sbarcato.

Gli eventi di spurgo e/o svuotamento analizzati per il periodo 1992-2008 sono 43. In 16 casi è stato riscontrato che lo sbarcato medio giornaliero nei 5 giorni successivi, nell'anno in cui si è verificato l'evento, è inferiore rispetto allo sbarcato medio giornaliero degli altri 16 anni, dove non si è verificato l'evento. In 5 casi lo sbarcato risulta maggiore e in 22 casi invece non si registra una differenza statisticamente significativa.

In generale si può affermare che non vi è evidenza empirica della diminuzione dello sbarcato quando vengono effettuati degli spurghi e/o svuotamenti di bacini e che le differenze riscontrate siano da attribuire alla causalità.

Introduzione

L'analisi riportata in questo articolo è stata svolta su mandato del Dipartimento del territorio, Ufficio della caccia e della pesca, e ha come obiettivo principale quello di valutare se gli spurghi e/o gli svuotamenti artificiali dei bacini di accumulazione di Palagnedra, Luzzone, Malvaglia e Carmena abbiano o meno un effetto sullo sbarcato (cioè sulla quantità di pesci pescata con l'utilizzo di barche e reti da parte di pescatori professionisti) sul lago Verbano. L'analisi si concentra su tre specie di pesci: il coregone lavarello, il coregone bondella e l'agone che, da soli, rappresentano circa i 2/3 del totale dello sbarcato da parte dei pescatori professionisti che praticano la pesca con l'utilizzo di barche e reti.

Le informazioni per l'analisi considerano il periodo 1992-2008 (17 anni) e per ogni anno sono stati scelti sei pescatori. In termini quantitativi, i dati relativi allo sbarcato sono stati costruiti riprendendo le informazioni dai libretti (diario giornaliero di pesca) in dotazione ai singoli pescatori nei quali viene indicato il

rispettivo quantitativo catturato. In generale, se si assume che lo sbarcato può essere influenzato da diversi fattori naturali e non, un fattore che ha sicuramente un impatto diretto sulla quantità sbarcata è lo sforzo di pesca (frequenza, attrezzature utilizzate, dimensione delle reti, tempo di pesca, ecc.). Per quanto riguarda quest'analisi, l'unica informazione che fa riferimento allo sforzo di pesca è stata rilevata dai libretti di pesca. In particolare se il singolo pescatore, in un determinato giorno, ha indicato un quantitativo sbarcato di kg uguale o superiore a 0 significa che si è recato a pescare, se invece non è stato indicato niente allora non si è recato a pescare. Nel primo caso, come sforzo di pesca è stato inserito un 1 mentre nel secondo caso uno 0. Di conseguenza l'ipotesi sullo sforzo di pesca ritiene che tutti gli altri "fattori tecnici" siano costanti vista la mancanza delle relative informazioni supplementari. In totale sono stati inseriti, manualmente, circa 149.000 dati (6.210 giorni per 6 pescatori per 4 variabili di cui tre relative alla specie di pesci e una relativa allo sforzo di pesca) [1].

T.1

Esempio di costruzione del database relativo ai dati sulla quantità sbarcata e lo sforzo di pesca

Giorno	Pescatore 1				...	Pescatore 6						
	Pescato	Lavarello	Bondella	Agone		Pescato	Lavarello	Bondella	Agone			
1	1	10	...	20	-	...	...	...	-	...	...	...
2	1	...	20	...	-	...	...	...	1	...	40	...
...	1	...	...	30	-	...	...	...	1	35	35	...
n	0	...	...	...	-	...	...	...	-	...	...	...

Pescato 1 se Kg \geq 0 oppure 0 altrimenti

Lavarello Kg

Bondella Kg

Agone Kg

Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

Ai fini statistici il lavarello e il bondella, che appartengono alla famiglia dei coregoni, vengono sommati in un'unica categoria. Per l'analisi statistica degli effetti degli spurghi e/o svuotamenti viene fatta un'ulteriore aggregazione dei dati dove il quantitativo dei coregoni e quello degli agoni vengono sommati in maniera da ottenere un quantitativo unico giornaliero dello sbarcato.

Le specie oggetto d'analisi¹**Il coregone lavarello (*Coregonus forma hybrida*)**

Il lavarello è una specie tipicamente dell'ambiente lacustre, vive nella regione pelagica dei laghi profondi, in acque fresche e ben ossigenate. Nella stagione primaverile staziona in acque superficiali, ma con l'avanzare della stagione estiva ricerca la temperatura ottimale (8°-17° C) a profondità maggiori. Vive in gruppi numerosi che effettuano movimenti migratori in rapporto agli spostamenti dello zooplancton. Raggiunge le aree litorali solo durante la stagione della riproduzione, per la deposizione delle uova (inverno). La dieta del lavarello è essenzialmente zooplanctofaga. Durante l'anno essa può variare nella composizione specifica dello zooplancton e nella stagione invernale può comprendere anche invertebrati bentonici e uova di pesci.

Il coregone bondella (*Coregonus macrophthalus*)

La bondella è una specie originaria del lago di Neuchâtel. La biologia della bondella è simile a quella del lavarello: specie pelagica che staziona di preferenza negli strati più superficiali, con limitati movimenti migratori lungo la colonna d'acqua in funzione delle condizioni termiche. Abbandona le acque pelagiche solo nel periodo riproduttivo, infatti nel mese di gennaio i gruppi di bondelle si spostano verso le aree litorali per deporre le uova a profondità più elevate rispetto a quelle scelte dai lavarelli. In questa fase dell'anno risulta facile individuare e distinguere i branchi di bondelle da quelli di lavarelli, pro-



foto T. Press / David Agosta

prio per la diversa collocazione ambientale che assumono durante la frega. La dieta planctofaga della bondella è sovrapponibile a quella del lavarello e rappresenta pertanto motivo di competizione tra le due specie.

L'agone (*Alosa fallax lacustris*)

L'agone è la forma stanziale della cheppia (*Alosa fallax nilotica*) nei grandi laghi prealpini. I branchi di agoni stazionano in mezzo al lago per tutto il periodo dell'anno. Solo nella stagione riproduttiva (tarda primavera) si avvicinano alle rive alla ricerca di aree a bassa profondità e a fondale pietroso, dove poter deporre le uova. Nel resto dell'anno si mantengono in acque pelagiche, distribuendosi lungo la colonna d'acqua, fino a 10 m di profondità, in funzione della temperatura e della disponibilità di cibo. Il tipo di habitat è legato anche alle scelte alimentari della specie, gli agoni infatti si cibano quasi esclusivamente di plancton e solo gli esemplari più grossi tendono ad avere un'alimentazione almeno parzialmente ittiofaga. Una volta essiccato e pressato, l'agone diventa il famoso "mis-soltino" (molto conosciuto sul lago di Como).

¹ <http://www.provincia.como.it/provinciacomo/home/int.jsp?pageid>

T.2

Quantità annuale sbarcata, coregoni e agoni, dal 1992 al 2008, sei pescatori scelti per l'analisi e totale di tutti i pescatori professionisti

	Sei pescatori, valori in Kg			Tutti i pescatori professionisti, valori in Kg			%
	Coregoni (1)	Agoni (2)	Totale (1) + (2)	Coregoni (3)	Agoni (4)	Totale (3) + (4)	
1992	23.682	1.610	25.292	33.700	2.350	36.050	70,2
1993	20.541	1.960	22.501	37.100	2.400	39.500	57,0
1994	15.171	1.615	16.785	36.100	2.360	38.460	43,6
1995	13.598	2.347	15.945	22.230	3.260	25.490	62,6
1996	16.535	4.355	20.890	21.900	5.280	27.180	76,9
1997	22.751	8.473	31.223	35.700	10.550	46.250	67,5
1998	17.004	4.309	21.313	22.540	5.290	27.830	76,6
1999	11.178	4.485	15.662	15.550	10.110	25.660	61,0
2000	5.124	11.875	16.999	6.840	19.100	25.940	65,5
2001	3.322	11.433	14.755	3.685	16.826	20.511	71,9
2002	8.026	12.205	20.231	10.121	21.006	31.127	65,0
2003	5.172	12.245	17.417	6.077	21.138	27.215	64,0
2004	3.378	8.424	11.802	4.310	17.879	22.189	53,2
2005	7.098	12.047	19.145	8.311	24.797	35.808	53,5
2006	11.240	11.373	22.613	13.000	20.113	33.113	68,3
2007	4.365	11.268	15.633	5.758	21.140	26.898	58,1
2008 ¹	7.871	3.872	11.743	11.987	6.859	18.846	62,3
Totale	196.052	123.895	319.947	297.609	210.458	508.067	62,9
%	61,20	38,80	100,00	58,50	41,50	100,00	...

Principali valori descrittivi

La tabella [T. 2] riporta i dati delle quantità annuali sbarcate per i coregoni (lavarello e bondella) e gli agoni per il periodo 1992-2008. In totale, per ogni anno, sono stati scelti sei pescatori che praticano l'attività di pesca professionalmente. Occorre sottolineare che i pescatori coinvolti nello studio non sono sempre gli stessi in quanto alcuni hanno interrotto l'attività per un certo periodo di tempo e ne sono subentrati altri. Soltanto tre pescatori hanno pescato per tutti e diciassette gli anni considerati per l'analisi. In totale è stata sbarcata una quantità di 319.947 kg che rappresenta il 62,9% dello sbarcato di tutti i pescatori professionisti che praticano la pesca con reti sul Verbano (ultima colonna della tabella [T. 2]). La componente principale dello sbarcato è costituita dai coregoni (lavarello e bondella) che con 196.052 kg rappresenta il 61,2% del totale. Il maggior quantitativo sbarcato dai sei pescatori si è registrato nel 1997 (31.223 kg) e l'anno meno pescoso risulta il 2008 (11.743 kg). Sempre dalla tabella [T. 2], si evince che, in generale, i 2/3 dei coregoni sono stati sbarcati nel periodo 1992-1998 (7 anni) e solo un terzo nel periodo 1999-2008 (10 anni). Per quanto riguarda invece gli agoni nel periodo 1992-1998 è stato sbarcato circa 1/5 della quantità totale mentre i 4/5 sono stati sbarcati nel periodo 1999-2008. In altre parole si assiste ad una sorta di cambiamento strutturale fra coregoni e agoni.

Dalla [F. 1] si evince come l'andamento della quantità sbarcata dai sei pescatori scelti per l'analisi è correlata alla quantità sbarcata relativa a tutti i pescatori professionisti.

Il cambiamento strutturale

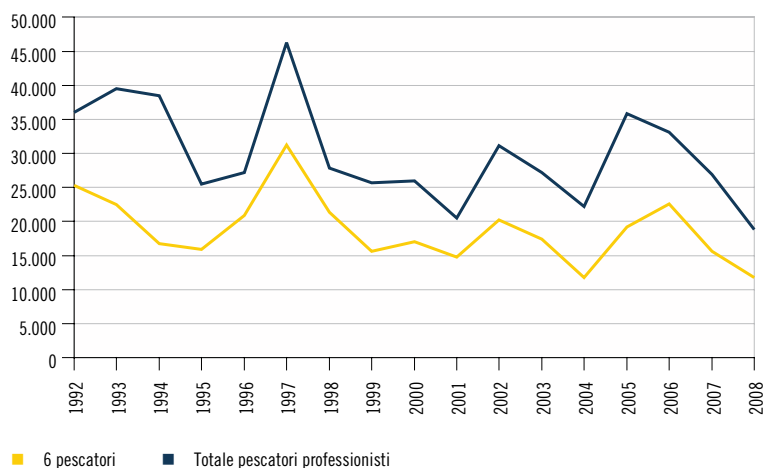
In generale i dati appena descritti evidenziano un andamento abbastanza irregolare. Per verificare se vi sono dei cambiamenti strutturali in questa irregolarità, sono stati applicati dei test statistici chiamati *change points* (cambiamenti strutturali)². In particolare questi test permettono di analizzare se nella distribuzione dei dati si registra un cambiamento nella quantità sbarcata.

¹ I dati relativi al 2008 non sono stati presi in considerazione per la valutazione del cambiamento strutturale.

Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

F.1

Quantità annuale sbarcata, coregoni e agoni, in kg, sei pescatori scelti per l'analisi e totale di tutti i pescatori professionisti, dal 1992 al 2008



Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

La teoria statistica per testare e datare eventuali cambiamenti strutturali in una serie storica, distingue due tipi di test, il *Generalized fluctuation test* e l'*F-statistics test*. In pratica nella procedura analitica si tratta di applicare uno di questi test alle varie serie storiche. Se il test evidenzia che ci sono dei cambiamenti strutturali occorre testare quanti sono e in seguito datarli.

Per le serie che considerano il totale dello sbarcato relativo ai sei pescatori, il *Generalized fluctuation test* indica che non vi sono cambiamenti strutturali statisticamente significativi. Per contro se si analizzano le due specie di pesci

² L'individuazione dei cambiamenti strutturali è stata condotta impiegando l'algoritmo di analisi di *change point* presente nella libreria *STRUCCHANGE* di R e descritto in Zeileis et al. (2003). La valutazione è stata effettuata per il periodo 1992-2007.

T.3

Numero di changepoints (cambiamenti strutturali) nelle varie distribuzioni annuali per il periodo 1992-2007

	Pescatori	No. di changepoints	Anno del cambiamento strutturale
Sbarcato totale	Tutti i pescatori	–	ND
	6 pescatori	–	ND
Coregoni	Tutti i pescatori	1	1998
	6 pescatori	1	1998
Agoni	Tutti i pescatori	2	1996 e 1999
	6 pescatori	2	1995 e 1999
Sforzo di pesca	6 pescatori	3	1994, 1998 e 2005

Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

F.2

Cambiamenti strutturali dello sbarcato annuo di coregoni, dal 1992 al 2007

a) Changepoint della quantità sbarcata, coregoni, 6 pescatori



b) Changepoint della quantità sbarcata, coregoni, tutti i pescatori



Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

separatamente e lo sforzo di pesca, si registrano dei cambiamenti strutturali significativi³.

A questo punto, dopo aver individuato e datato il numero dei cambiamenti strutturali [T.3], è possibile quantificare i cambiamenti che ci sono stati in termini di chilogrammi sbarcati e numero di pescate.

Come evidenziato in precedenza, per lo sbarcato totale non si registrano dei cambiamenti statisticamente significativi relativi alla quantità sbarcata sia da parte di tutti i pescatori sia da parte dei sei pescatori scelti per l'analisi.

Se si prendono in considerazione soltanto i coregoni, dalla figura [F.2] si può osservare che la quantità media di coregoni sbarcata prima del 1998 era di 18.469 kg all'anno e, a partire da quella data, è scesa a 6.545 kg all'anno. Il test statistico evidenzia un cambiamento strutturale nel 1998. Questa forte diminuzione delle catture di coregoni è stata evidenziata anche nella *'Giornata di studio e di confronto tra pescatori, esperti ed amministratori sulla crisi della pesca professionale nel Lago Maggiore'* organizzata a Pallanza in data 25 settembre 2006. Va sottolineato che prima del 1992 la quantità di coregoni che veniva catturata era nettamente più elevata rispetto a quella catturata nel periodo 1992-2007. Di conseguenza la diminuzione amplifica ancora di più il calo delle catture di coregoni nel lago Verbano sottolineando ancora una volta che le cause della diminuzione delle catture di core-

goni potrebbero essere ricercate nella riduzione del fosforo presente nel lago che a sua volta influisce sul grado di trofia. Si tratta però di parametri puramente biologici che non sono stati presi in considerazione in questo studio.

Per gli agoni, sia nella serie dei sei pescatori che in quella di tutti i pescatori, si registrano due cambiamenti strutturali. In tutti e due i casi i cambiamenti registrano una crescita statisticamente significativa dello sbarcato [F.3].

Per lo sforzo di pesca si registrano invece tre cambiamenti strutturali [F.4]. I primi due evidenziano una diminuzione dell'attività di pesca da parte dei sei pescatori scelti per l'analisi. In particolare si è passati da una media annuale di circa 1.300 sforzi di pesca ad una media di poco inferiore alle 800 a partire dal 1998. Dal 2005 l'attività è però ripresa attestandosi attorno alle 950 (che è anche il valore medio di tutto il periodo analizzato).

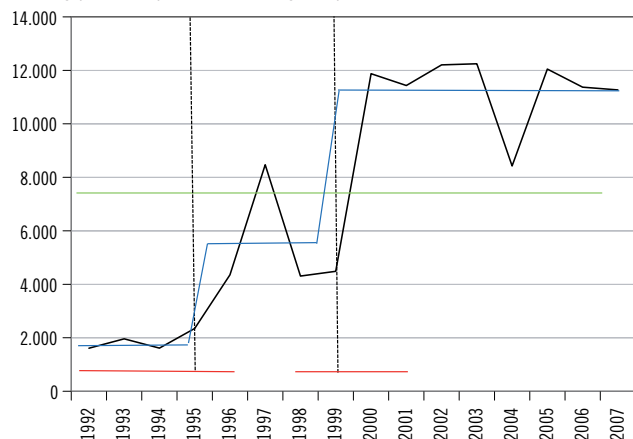
In base a questa prima analisi generale si delineano due tendenze opposte: un aumento della quantità catturata di agoni e una diminuzione della quantità di coregoni. Sommando queste due specie di pesci otteniamo la quantità totale catturata che a livello statistico non ha però segnato dei cambiamenti strutturali significativi. Questo evidenzia che la diminuzione di una specie è stata compensata con l'incremento delle catture dell'altra specie. Per quanto riguarda lo sforzo di pesca sembra invece che l'attività dia segni di ripresa

³ Per un'ulteriore verifica abbiamo effettuato anche l'*F-statistics test*.

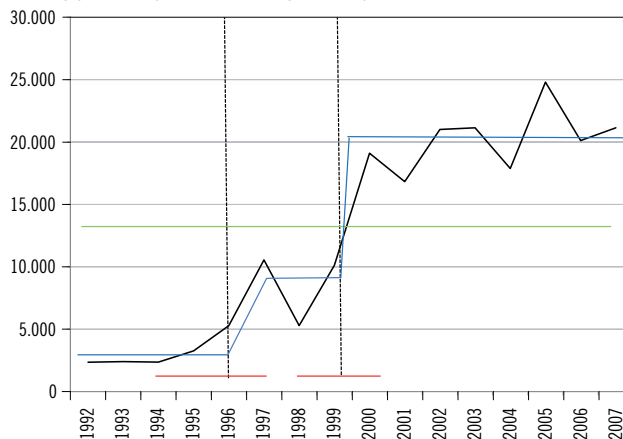
F.3

Cambiamenti strutturali dello sbarcato annuo di agoni, dal 1992 al 2007

a) Changepoint della quantità sbarcata, agoni, 6 pescatori



b) Changepoint della quantità sbarcata, agoni, tutti i pescatori



Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

dopo un continuo calo dovuto probabilmente alla diminuzione dei coregoni che sono una specie pregiata e di un certo valore commerciale.

Un dato interessante è riportato nella figura [F.5] che indica lo sbarcato medio di ogni barca in funzione del numero totale di sforzi di pesca giornalieri: l'andamento cresce fino a cinque sforzi al giorno (cioè cinque pescatori pescano nello stesso giorno). Quando tutti e sei i pescatori escono a pescare lo stesso giorno, la media catturata da ogni barca aumenta meno che proporzionalmente. Questo è paragonabile ad una funzione di produzione a rendimenti decrescenti che evidenzia la non neutralità dell'incremento dello sforzo di pesca sulla popolazione ittica del lago. In effetti sembra logico pensare che più aumentano le barche sul lago più diminuisce la quantità catturata da ognuna (in generale non vi sono i dati sullo sforzo di pesca totale registrato nel lago Verbano ma si sa che i sei pescatori rappresentano circa i 2/3 dell'attività totale di pesca con reti).

Lo sbarcato per unità di sforzo

Per esplicitare la resa dell'attività di pesca con barca nel Verbano, la quantità sbarcata in un determinato periodo è divisa per il numero delle peschate effettuate nello stesso periodo da parte dei sei pescatori scelti per l'analisi (cfr. il metodo evidenziato nell'introduzione per il calcolo). Questo rapporto, fra la quantità totale sbarcata e il numero totale di peschate effettuate in un determinato periodo (per esempio un determinato giorno, visto che i dati sono giornalieri), rappresenta lo **sbarcato per unità di sforzo**. La formula per il calcolo della variabile (sbarcato per unità di sforzo) è la seguente:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^6 x_{ti}}{\sum_{i=1}^6 n_{ti}}$$

F.4

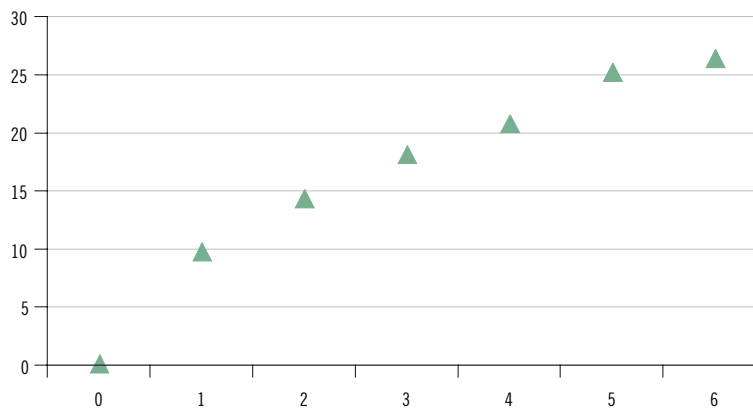
Cambiamenti strutturali dello sforzo di pesca, dal 1992 al 2007



Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

F.5

Sbarcato medio in kg, in funzione del numero di peschate giornaliere



Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia



dove x_t è il valore relativo alla quantità sbarcata misurata in kg nel periodo t . La $i = 1, \dots, 6$ rappresenta il numero dei pescatori mentre n è il numero di sforzi di pesca durante il periodo t e effettuati dal pescatore i .

Analisi descrittiva dello sbarcato per unità di sforzo

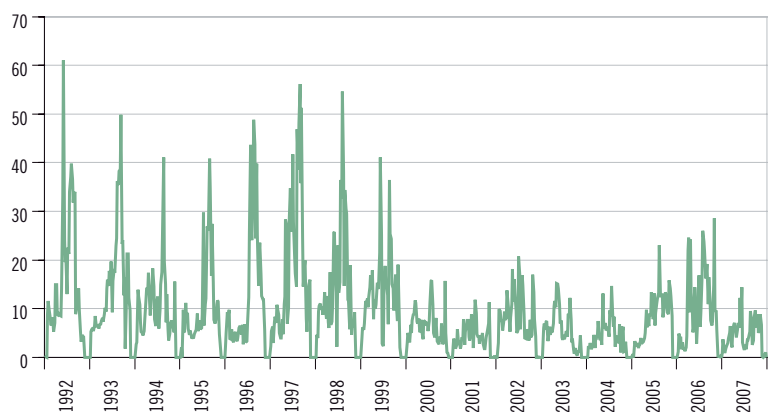
Nelle figure [F. 6] e [F. 7] sono riportati i valori medi settimanali⁴ dello sbarcato per unità di sforzo di pesca dei coregoni e degli agoni (somma dei chilogrammi sbarcati in una settimana dai sei pescatori diviso il numero delle peschate effettuate sempre dai sei pescatori durante la stessa settimana). L'analisi settimanale permette di osservare che, oltre ad essere caratterizzata da una tendenza (concetto già visto nell'analisi annuale dei dati), la distribuzione dei dati segue una determinata stagionalità.

In particolare, per quanto riguarda la tendenza, la serie dei coregoni evidenzia un trend decrescente mentre quella degli agoni una tendenza crescente. Sovrapponendo le due figure [F. 8] si può capire che la diminuzione dello sbarcato dei coregoni è stata più che compensata (in maniera quasi simultanea) dalla crescita dello sbarcato degli agoni. Occorre però sottolineare che questo andamento dipende molto da dove si inizia ad analizzare i dati. Il periodo 1992-2007 è relativamente breve e di conseguenza per poter affermare se è veramente presente una tendenza di fondo occorrerebbe avere una serie di dati molto più lunga.

L'influenza degli spurghi e/o svuotamenti dei bacini sullo sbarcato

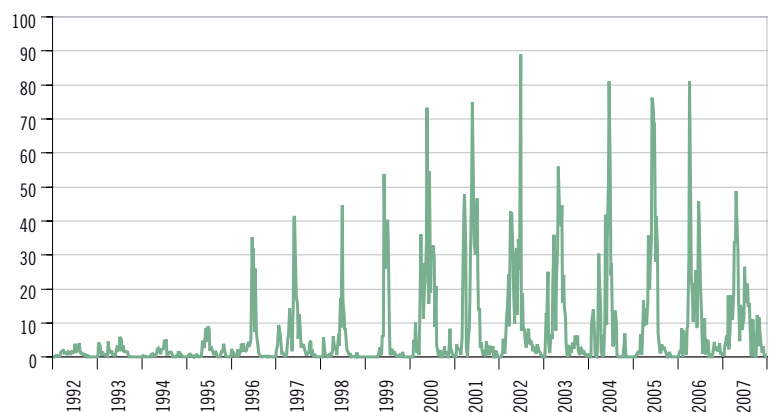
Come è stato evidenziato nell'introduzione, l'obiettivo principale dell'analisi è quello di valutare se gli spurghi e/o gli svuotamenti artificiali dei bacini di accumulazione di Palagnedra, Luzzone, Malvaglia e Carmena abbiano o meno un effetto sullo sbarcato. In totale gli eventi che sono stati testati sono 43 (Palagnedra (5), Luzzone (13), Malvaglia (7) e Carmena (18)).

F. 6
Sbarcato per unità di sforzo dei coregoni, kg settimana, dal 1992 al 2007



Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

F. 7
Sbarcato per unità di sforzo degli agoni, kg settimana, dal 1992 al 2007



Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

La metodologia utilizzata per valutare se esiste una relazione, si basa sul fatto che vi sono a disposizione due campioni di dati che provengono da due popolazioni diverse e si è interessati alla differenza tra la media del primo campione e quella del secondo campione. Il primo campione rappresenta i dati relativi al periodo di analisi nell'anno in cui si è verificato l'evento (spurgo e/o svuotamento) mentre il secondo campione raggruppa i dati dello stesso

⁴ Per una miglior visione grafica è stata scelta la distribuzione settimanale anziché giornaliera.



periodo di analisi per tutti gli altri anni dove non si è verificato l'evento.

Per verificare se questa differenza sia significativamente uguale o diversa da zero, l'analisi è stata condotta applicando un test statistico. Il periodo di analisi considera 5 giorni a partire dal giorno dello spurgo e/o svuotamento. Il test consiste nel valutare se la quantità media dello sbarcato giornaliero nei primi 5 giorni successivi all'evento (spurgo e/o svuotamento) è diversa rispetto alla quantità media dello sbarcato giornaliero nei 5 giorni corrispondenti che riguardano però tutti gli altri anni privi dell'evento.

Il primo campione viene definito con X_1 ; X_2 ; ...; X_n e rappresenta la serie di dati relativa all'anno in cui vi è stato l'evento mentre il secondo con Y_1 ; Y_2 ; ...; Y_m e rappresenta la serie di dati relativi a tutti gli altri 16 anni dove non vi è stato l'evento (si noti come la grandezza dei due campioni, n e m , non deve essere per forza la stessa). La differenza delle medie dei due campioni è perciò definita come:

$$\bar{X} - \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Y_j$$

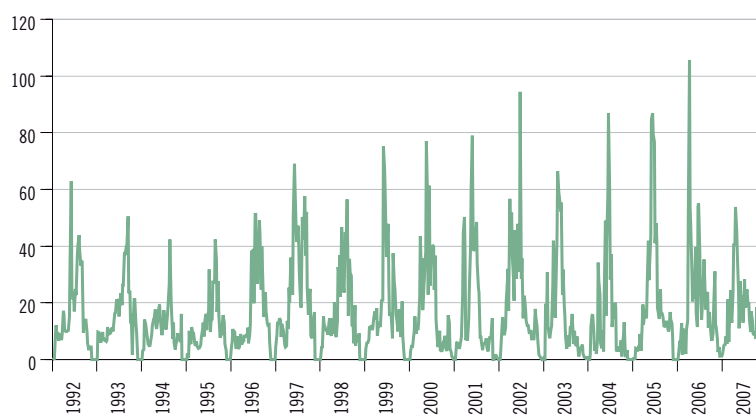
Per la valutazione è stato utilizzato il metodo denominato *bootstrap* [Riquadro alla p. 129]. L'idea alla base del *bootstrap* è quella di ricavare dalla distribuzione empirica del campione, che è l'unica informazione che si ha sulla distribuzione della popolazione, numerosi campioni con una procedura di ricampionamento con ripetizione di n elementi dagli n dati campionari. In questo modo si ottengono diverse stime del parametro di interesse (sbarcato medio giornaliero).

La valutazione degli spurghi e/o svuotamenti sullo sbarcato

Il Bacino di Palagnedra

Gli spurghi e/o svuotamenti avvenuti nel bacino di Palagnedra nel periodo 1992-2008 sono 5 [T. 4]. Nello spurgo del 2002 e nello svuotamen-

F. 8
Sbarcato totale per unità di sforzo, kg settimana, dal 1992 al 2007



Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

to del 2003 il test evidenzia che si è pescato di più. Negli spurghi del 2003 e 2004 si è invece pescato di meno mentre nello spurgo del 2006 non si registrano differenze. L'ultima colonna della tabella evidenzia il test *bootstrap* fra la media dello sbarcato medio giornaliero per i giorni da 1 a 5 e quella per i giorni da 6 a 10 (i dati considerati riguardano solo quelli dell'anno in cui si è verificato l'evento). Per il bacino di Palagnedra non si registrano differenze statisticamente significative.

Il Bacino del Luzzone

In totale gli spurghi e/o svuotamenti avvenuti nel bacino del Luzzone nel periodo 1992-2008 sono 13. In questo caso, su 13 casi analizzati, in 6 si registra uno sbarcato inferiore, in 1 si registra uno sbarcato maggiore mentre in 6 non si registrano differenze statisticamente significative.

Il Bacino di Malvaglia

Gli spurghi e/o svuotamenti avvenuti nel bacino di Malvaglia nel periodo 1992-2008 sono 7. Solo in due casi si registra uno sbarcato inferiore.

T.4

Bootstrap per la simulazione della distribuzione della differenza fra le medie dello sbarcato giornaliero medio per gli spurghi e/o svuotamenti di Palagnedra, del Luzzone, di Malvaglia e di Carmena dal 1992 al 2008, periodo 5 giorni

	Data	Tipo	Quantità m ³	Media sbarcata in kg anno sp/sv	Media sbarcata in kg altri anni	Intervallo 95%	Valore test	Differenza 1-5 e 6-10 giorni
Palagnedra								
1	03.05.2002	Sp	2.000	32,90	19,49	[-25,32 ; - 1,03]	più	no
2	19.05.2003	Sv	165.000	45,00	27,04	[-32,16 ; - 4,02]	più	no
3	29.08.2003	Sp	Poco	11,44	25,31	[4,91 ; 22,81]	meno	no
4	20.08.2004	Sp	2.000	3,89	24,40	[15,36 ; 25,79]	meno	no
5	19.08.2006	Sp	Poco	21,00	24,23	-1,38 ; 8,06]	n.s.	no
Luzzone								
6	04.06.1992	Sp	13.000	63,05	35,53	[-45,93 ; - 8,73]	più	sì
7	19.05.1993	Sv	13.000	16,54	28,60	[4,54 ; 19,64]	meno	no
8	02.09.1994	Sp	13.000	15,70	19,86	[-2,59 ; 10,92]	n.s.	sì
9	14.09.1994	Sp	13.000	12,82	13,40	[-4,57 ; 5,59]	n.s.	sì
10	20.05.1996	Sp	13.000	9,70	26,38	[11,11 ; 22,44]	meno	no
11	05.07.1997	Sp	13.000	29,26	28,50	[-15,90 ; 14,23]	n.s.	no
12	11.09.1998	Sp	13.000	12,91	16,34	[-7,40 ; 13,69]	n.s.	no
13	13.10.2000	Sp	7.000	1,00	8,42	[5,50 ; 9,37]	meno	...
14	08.07.2004	Sp	13.000	21,50	24,73	[-14,50 ; 22,02]	n.s.	no
15	19.08.2004	Sp	15.000	2,20	25,20	[18,63 ; 27,38]	meno	no
16	02.11.2004	Sp	11.000	2,20	10,24	[5,22 ; 10,75]	meno	no
17	18.08.2006	Sp	15.000	22,36	23,77	[-4,02 ; 6,54]	n.s.	no
18	15.06.2007	Sp	15.000	11,95	33,50	[12,43 ; 31,32]	meno	no
Malvaglia								
19	13.09.1994	Sp	5.000	14,47	13,67	[-5,44 ; 3,86]	n.s.	sì
20	08.07.1996	Sv	5.000	23,19	25,25	[-9,79 ; 13,62]	n.s.	no
21	20.09.1999	Sp	5.000	9,75	11,08	[-1,55 ; 4,24]	n.s.	no
22	20.08.2004	Sp	2.000	3,89	24,40	[15,28 ; 25,74]	meno	no
23	09.10.2006	Sp	5.000	9,74	10,22	[-3,32 ; 2,37]	n.s.	no
24	15.06.2007	Sp	2.000	11,95	33,50	[11,78 ; 31,03]	meno	no
25	05.09.2008	Sp	5.000	13,56	16,83	[-5,60 ; 12,34]	n.s.	no
Carmena								
26	04.05.1994	Sp	4.000	17,86	21,77	[-4,60 ; 12,40]	n.s.	no
27	21.09.1994	Sv	3.000	4,17	10,56	[4,76 ; 8,08]	meno	no
28	04.05.1995	Sp	5.500	9,12	21,87	[7,97 ; 17,55]	meno	no
29	09.05.1996	Sp	11.000	9,35	24,36	[10,24 ; 19,72]	meno	no
30	18.10.1996	Sp	10.750	14,01	10,56	[-8,87 ; 1,99]	n.s.	no
31	12.11.1997	Sp	5.500	21,70	8,75	[-16,41 ; -9,36]	più	no
32	13.05.1998	Sp	500	9,00	25,59	[10,47 ; 22,87]	meno	no
33	07.10.1998	Sp	4.000	29,35	10,74	[-19,66 ; 1,86]	n.s.	sì
34	10.05.1999	Sp	2.000	19,31	25,24	[-0,52 ; 12,19]	n.s.	no
35	30.10.1999	Sp	6.000	10,16	10,98	[-2,69 ; 4,24]	n.s.	no
36	20.05.2000	Sp	700	45,95	24,10	[-57,55 ; 14,36]	n.s.	no
37	12.10.2000	Sp	2.000	3,00	8,30	[3,51 ; 7,15]	meno	no
38	22.05.2001	Sp	1.500	58,50	30,44	[-52,52 ; -2,83]	più	no
39	06.06.2002	Sp	9.000	34,30	34,34	[-19,14 ; 18,57]	n.s.	no
40	06.05.2004	Sp	12.500	3,50	21,08	[13,04 ; 22,02]	meno	no
41	01.06.2007	Sp	2.000	30,10	38,58	[-10,05 ; 26,61]	n.s.	no
42	07.05.2008	Sp	11.000	27,81	23,06	[-17,50 ; 7,35]	n.s.	no
43	11.09.2008	Sp	2.000	13,83	16,16	[-4,48 ; 9,02]	n.s.	no

Sp = spurgo

Sv = svuotamento

più = pescato di più

meno = pescato di meno

... = insufficienza di dati

n.s. = nessuna differenza statisticamente significativa

Fonte: Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona. Elaborazione Tiresia

Il Bacino di Carmena

Gli svuotamenti e/o spurghi avvenuti nel bacino di Carmena nel periodo 1992-2008 sono 18 e come tale risulta essere la frequenza maggiore rispetto agli altri tre bacini visti in precedenza. Per quanto riguarda questo bacino solo in 6 casi su 18 si è registrata una diminuzione dello sbarcato, in due casi si è registrata una quantità maggiore mentre in tutti gli altri casi (10) la differenza non è statisticamente significativa.

Conclusioni

L'analisi aveva come obiettivo principale quello di valutare se gli spurghi e/o gli svuotamenti artificiali dei bacini di accumulazione abbiano o meno un effetto sullo sbarcato (cioè sulla quantità di pesci pescata con l'utilizzo di barche e reti da parte di pescatori professionisti) sul lago Verbano. L'analisi si è concentrata su tre specie di pesci: il coregone lavarello, il coregone bondella e l'agone che, da soli, rap-

Il bootstrap per simulare la differenza tra due medie

Il metodo *bootstrap* consiste nel simulare, a partire dal campione di dati a disposizione, altri campioni casuali (con ripetizione) per un certo numero di volte (R volte). Ad ogni simulazione, viene selezionato un campione casuale della medesima dimensione del campione originale, chiamato "campione *bootstrap*": $X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*$.

Alla prima tappa, partendo dal primo campione *bootstrap*, si calcolerà la statistica di interesse (ad esempio la media aritmetica) e si passerà quindi alla seconda tappa, dove si risSelectedzionerà il secondo campione *bootstrap* e si calcolerà la statistica di interesse partendo da questi dati. Si procede così per R volte (ad esempio un migliaio di volte). Alla fine si avranno a disposizione R valori simulati, o "bootstrappati", della statistica di interesse. Partendo da questi valori, si potranno analizzare la sua distribuzione, calcolare degli intervalli di confidenza, ecc. Per valutare l'eventuale relazione fra gli spurghi e/o svuotamenti, si è proceduto con la valutazione della differenza tra le medie dei due campioni utilizzando la seguente procedura:

1. Si estrae un campione casuale con ripetizione, di dimensione n , a partire dal campione X_1, X_2, \dots, X_n , (che rappresenta i dati relativi all'anno in cui è avvenuto l'evento) ottenendo così un campione *bootstrap* $X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*$. Da questo nuovo campione, simulato, si calcola la media:

$$\bar{X}^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^*$$

A partire dal campione Y_1, Y_2, \dots, Y_m , si estrae un campione casuale con ripetizione, di dimensione m (che rappresenta i dati degli altri 16 anni dove non si è verificato l'evento), ottenendo un campione *bootstrap* $Y_1^*, Y_2^*, \dots, Y_m^*$. Da questo si calcola la media:

$$\bar{Y}^* = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Y_j^*$$

presentano circa i 2/3 del totale dello sbarcato. Gli eventi di spurgo e/o svuotamento analizzati per il periodo 1992-2008 sono 43. In 16 casi è stato riscontrato uno sbarcato medio giornaliero inferiore nei 5 giorni successivi, nell'anno in cui si è verificato l'evento, rispetto allo sbarcato medio giornaliero degli altri 16 anni, dove non si è verificato l'evento. In 5 casi lo sbarcato è risultato maggiore e in 22 casi invece non si è registrata una differenza statisticamente significativa. In generale si può affermare che non vi è evidenza empirica della diminuzione dello sbarcato quando vengono effettuati degli spurghi e/o svuotamenti di bacini e che le differenze riscontrate siano da attribuire alla causalità.

2. A questo punto, si calcola la differenza delle due medie *bootstrap* appena calcolate ($t^* = \bar{X}^* - \bar{Y}^*$) e si memorizza il risultato.
3. Si ritorna al punto 1 di questa procedura, ripetendola per R volte (in questo caso la procedura è stata ripetuta per 999 volte). Alla fine si avrà come risultato, da analizzare in seguito, R differenze di medie: $t_1^*, t_2^*, \dots, t_R^*$.

Una delle prime analisi che si possono fare con il risultato ottenuto da questa procedura, è un semplice istogramma che permette di avere un'idea di come sia distribuita la differenza tra le due medie. Se l'istogramma è centrato attorno al valore zero, le due medie non saranno significativamente diverse tra di loro. L'istogramma dà anche un'idea della dispersione della differenza tra le medie.

Sempre partendo dalle R differenze di medie simulate, si possono calcolare degli intervalli di confidenza (al 95%) con vari metodi, che possono dire effettivamente se la vera differenza tra le medie sia significativamente diversa da zero (se i due estremi dell'intervallo di confidenza sono di segno diverso, le due medie non sono significativamente diverse tra loro – o equivalentemente la loro differenza non è significativamente diversa da zero). La funzione `boot.ci` del programma statistico R genera 5 tipi differenti di intervalli di confidenza equi-tailed two-sided non parametrici. In generale se i valori dell'intervallo sono di segno opposto significa che esso contiene lo zero e di conseguenza non si registra una differenza fra le due medie. Nel caso in cui i valori dell'intervallo sono tutti e due negativi significa che la quantità media sbarcata è superiore. Viceversa se sono tutti positivi significa che la quantità sbarcata è inferiore [T. 4, colonna 6].

Bibliografia

Davison A. C. (1997), *Bootstrap Methods and Their Application*, Cambridge: Cambridge University Press.

Efron, B. e Tibshirani, R.J. (1993), *An Introduction to the Bootstrap*, New York: Chapman and Hall.

Ghysels E. e Osborn D. R. (2001), *The Econometric Analysis of Seasonal Time Series*, Cambridge: Cambridge University Press.

Maindonald J. e Braun J. (2003), *Data Analysis and Graphics Using R*, Cambridge: Cambridge University Press.

Micheli D. (2007), *Abbondanza e Sbarcato di Risorse Demersali in Relazione allo Sforzo di Pesca e a Parametri Ambientali*, Università di Pisa.

Shumway R. H., Azari A. S., Pawitan Y. (1988), *Modeling Mortality Fluctuations in Los Angeles as Functions of Pollution and Weather Effects*, Davis, University of California.

Shumway R. H. e Stoffer D. S. (2006), *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples 2nd ed.*, New York: Springer Texts in Statistics.

Zeileis A. et al. (2002), *Strucchange: An R Package for Testing for Structural Change in Linear Regression Models*, *Journal of Statistical Software*, 7(2), 1–38.

Zeileis A. et al. (2003), *Testing and dating of structural changes in Practice*, *Computational Statistics & Data Analysis*, 44 109–123, Elsevier B.V.