

**Analisi
morfometrica e meristica di
Esox lucius L., 1758
in alcuni laghi naturali
dell'Italia centrale.**



Gestione non corretta della fauna ittica

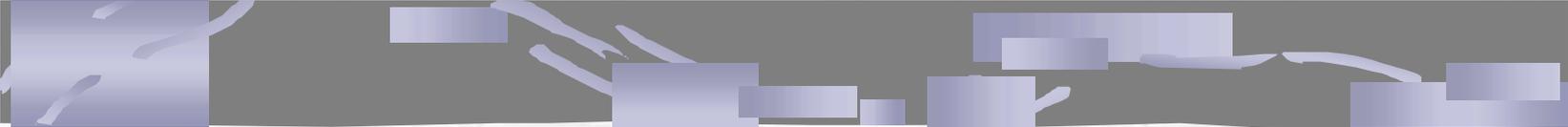
```
graph TD; A[Gestione non corretta della fauna ittica] --> B[Introduzione di specie esotiche]; B --> C[Diminuzione della biodiversità]; C --> D[INQUINAMENTO GENETICO]; D --> E["Può causare la scomparsa delle popolazioni naturali delle specie indigene"];
```

Introduzione di specie esotiche

Diminuzione della
biodiversità

INQUINAMENTO GENETICO

Può causare la scomparsa
delle popolazioni naturali delle specie indigene



Obiettivi:

Caratterizzazione morfologica
dei lucci di ceppo autoctono

Individuazione dei caratteri che permettono di
discriminare gli individui autoctoni da quelli
alloctoni



Specie indagata:



Specie: *Esox lucius*

Genere: *Esox*

Famiglia: *Esocidae*

Ordine: *Salmoniformes*

Classe: *Osteichthyes*

- Specie indigena del continente europeo
- Ampia distribuzione: acque interne dell'emisfero settentrionale
- Habitat: ambienti lacustri, risorgive e tratti fluviali dove la corrente è più lenta
- Predatore solitario, attivissimo e veloce è ai vertici della struttura trofica degli ecosistemi lentic
- Corpo fusiforme, allungato e compresso in senso laterale
capo grande con bocca ampia dalla caratteristica forma a becco d'anatra
pinna dorsale inserita nella parte posteriore del corpo

Esemplari prelevati



Lago di Piediluco

26 lucci



Lago di Chiusi

41 lucci



Lago Trasimeno

55 lucci

Fase di campo:

Ispezione preliminare delle caratteristiche morfologiche:

- Misura della lunghezza totale
(tavola ittiometrica graduata, precisione ± 0.1 cm)
- Determinazione del peso
(bilancia elettronica, precisione ± 0.1 g)
- Prelievo di scaglie per la determinazione dell'età
 - riprese fotografiche
(macchina digitale)

Analisi di laboratorio:

Determinazione dell'età:
analisi microscopica delle scaglie



Individuazione preliminare di tre livree diverse:

Bolli neri



Marmoreggiata



Bolli bianchi



Caratteri morfometrici

<i>Codice</i>	<i>Parametro</i>
LT	Lunghezza totale
Lf	Lunghezza alla furca
DO	Diametro dell'occhio
LOC	Lunghezza all'occhio
LOP	Lunghezza all'opercolo
DINT	Distanza interorbitale
LBOC	Lunghezza mascellare
LPP	Lunghezza pinna pettorale
HPD	Altezza pinna pettorale
HPA	Altezza pinna anale
LPV	Lunghezza pinna ventrale

11 parametri

Caratteri meristici

<i>Codice</i>	<i>Parametro</i>
SD	Linea laterale con squame in serie lineare ben visibile
SSP	Squame forate sparse sopra la linea laterale
SST	Squame forate sparse sotto la linea laterale
NPM	Numero pori mascellari
NPD	Numero raggi ramificati pinna dorsale
NPA	Numero raggi ramificati pinna anale
COLPER	Colore peritoneo

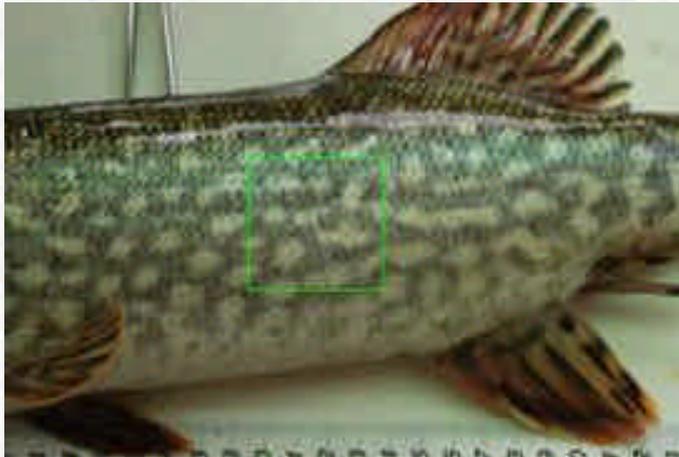
7 parametri

Caratteri associati alla livrea

<i>Codice</i>	<i>Parametro</i>
ColPV	Colorazione delle pinne ventrali
ColPA	Colorazione della pinna anale
ColPC	Colorazione della pinna caudale
%BIANCO	Percentuale della superficie a sfondo chiaro
MACCHIARE	Tipo di macchie a sfondo chiaro
MACNERE	Tipo di macchie a sfondo scuro
FONDO	Colorazione dello sfondo
MACNEREPED	Presenza di macchie nere rotondeggianti sul peduncolo caudale
MACNEREPC	Presenza di macchie nere rotondeggianti sulla pinna caudale
AREABIA	Superficie media delle macchie a sfondo chiaro
PERBIA	Perimetro medio delle macchie a sfondo chiaro
SINUOSITA'	Indice di sinuosità delle macchie a sfondo chiaro
DENSITA'	Numero medio di macchie a sfondo chiaro per 10 cm ²

13 parametri

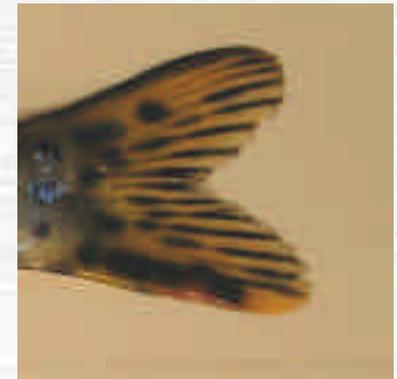
Caratteri associati alla livrea



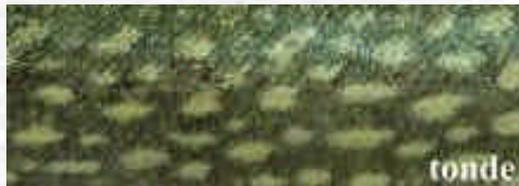
Area di selezione delle macchie chiare e scure



Macchie nere sul peduncolo caudale



Macchie nere sulla pinna caudale



tonde



uniformi



irregolari



irregolari



tonde

Tipo di macchie a sfondo chiaro

Tipo di macchie a sfondo scuro

Caratteri geometrici

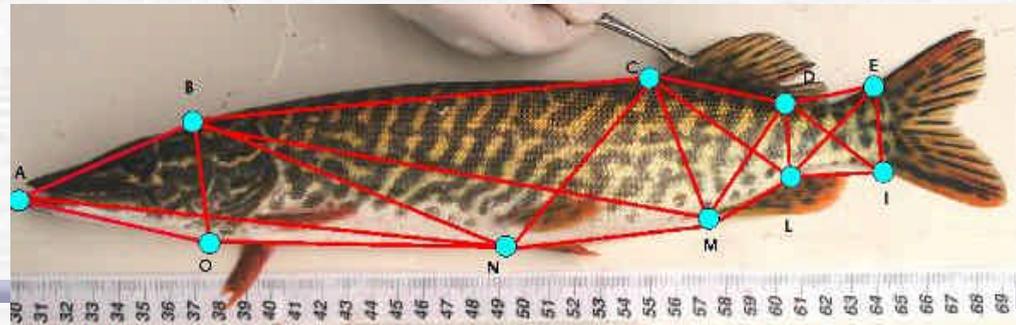
10 landmarks presi sul profilo del pesce

Per ciascun landmark sono state ricavate le coordinate che successivamente sono state elaborate e trasformate nelle relative distanze che separano le coppie di landmarks

<i>Codice</i>	<i>Localizzazione</i>
A	Apice del muso
B	Margine superiore dell'opercolo
C	Inserzione anteriore della pinna dorsale
D	Inserzione posteriore della pinna dorsale
E	Inserzione superiore della pinna caudale
I	Inserzione inferiore della pinna caudale
L	Inserzione posteriore della pinna anale
M	Inserzione anteriore della pinna anale
N	Inserzione pinna ventrale
O	Margine inferiore dell'opercolo

Le distanze così misurate sono 21

<i>Distanze</i>						
AB	BC	BO	CM	DI	EI	LM
AN	BM	CD	CN	DL	EL	MN
AO	BN	CL	DE	DM	IL	ON



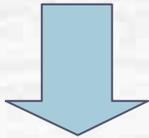
Elaborazioni

Complessivo

Descrizione del campione

Disaggregato

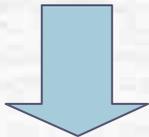
- per località
- per tipo di livrea
- per sesso



Selezione dei parametri da utilizzare

Eliminazione dei caratteri influenzati dalla taglia e dalla crescita allometrica

Standardizzazione
Analisi di correlazione



Elaborazioni finalizzate alla caratterizzazione morfologica

Eliminazione dei caratteri legati al dimorfismo sessuale

t-test
Analisi della covarianza

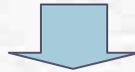
Analisi delle componenti principali

Analisi dei cluster

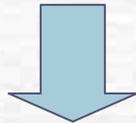
Analisi della covarianza

Confronto del campione disaggregato per provenienza, tipo di livrea e sesso

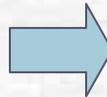
Le differenze legate alla taglia ed all'età degli esemplari sono risultate significative



Necessità di eliminare l'effetto taglia



standardizzazione



Correlazioni con la lunghezza totale

Caratteri correlati alla lunghezza totale

nessun parametro morfometrico e geometrico trasformato risulta correlato positivamente con le dimensioni dei pesci esaminati unica eccezione

Caratteri meristici

Parametro	r	p
SSP	-0.243	0.099
SST	0.184	0.217
NPM	0.323	0.027
NRAGGIPD	0.098	0.513
NRAGGIPA	0.152	0.309

Caratteri associati alla livrea

Parametro	r	p
%BIANCO	-0.307	0.036
MACCHIARE	0.554	0.000
FONDO	-0.069	0.647
MACNERE	0.370	0.010
MACNEREPED	-0.496	0.000
MACNEREPC	-0.571	0.000
AREABIA	-0.209	0.159
PERBIA	-0.229	0.121
SINUOSITA'	-0.270	0.067
DENSITA'	-0.017	0.908
CoIPV	0.393	0.006
CoIPA	0.357	0.014
CoIPC	0.393	0.006

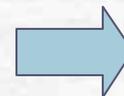
DO



NPM



QUESTI PARAMETRI VERRANNO ELIMINATI NELLA SUCCESSIVA ANALISI DEI CLUSTER



MACCHIARE
MACNERE
MACNEREPED
MACNEREPC
CoIPV
CoIPA
CoIPC

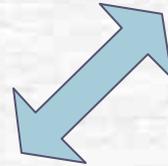
Presenza di dimorfismo sessuale

Caratteri risultati dimorfici:

T-test Caratteri geometrici
Caratteri morfometrici

Ancova Caratteri associati
alla livrea
Caratteri meristici

**Queste parametri saranno
eliminati dalle successive
analisi**



diametro dell'occhio

colore pinne ventrali

an

bn

no

lm

dm

PERBIA

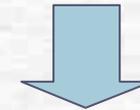
SINUOSITA'

Analisi delle componenti principali

Dati di partenza:

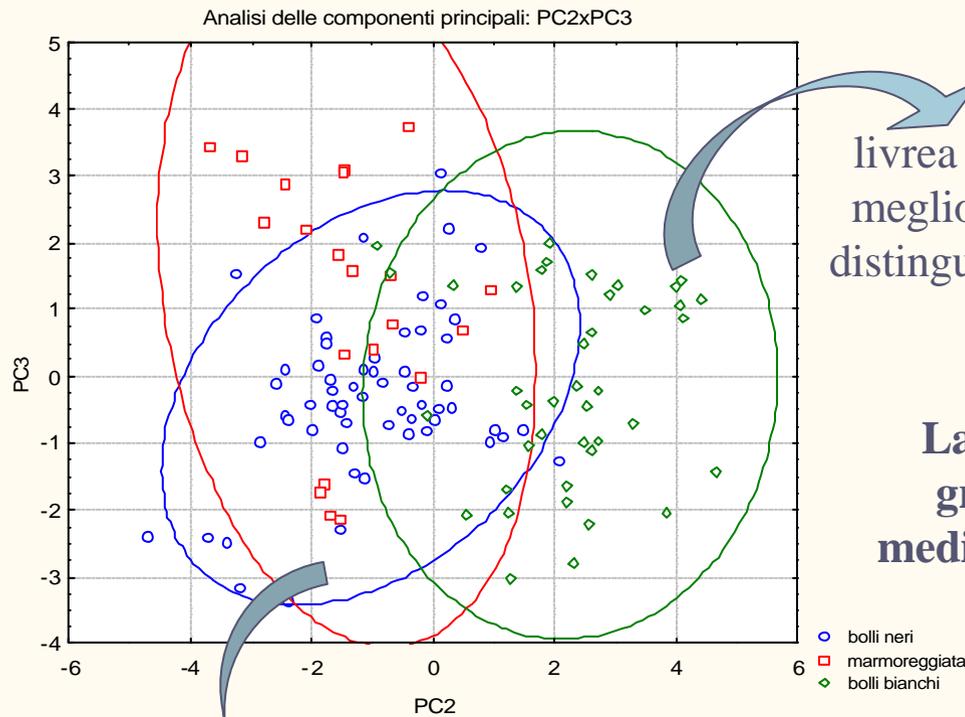
- Lt
- 7 parametri morfometrici
- 16 parametri geometrici
- 5 parametri meristici
- 11 parametri associati alla livrea

Le primi tre componenti giustificano il 71% della Varianza cumulata



Componente principale	Autovalore	% varianza	Varianza cumulata
1	21.839	54.598	54.598
2	4.252	10.629	65.227
3	2.300	5.749	70.976

Distribuzione degli individui diversificati per livrea sul piano fattoriale PC2 x PC3



livrea “a bolli bianchi”
meglio caratterizzata e
distinguibile rispetto alle
altre

**La discriminazione tra i due
gruppi avviene soprattutto
mediante la seconda componente**

maggior grado di sovrapposizione caratterizza
gli esemplari attribuibile alle livree “a bolli neri”
e “marmoreggiata”

Parametro	PC2
Lt	-0.053
LOC	-0.039
LOP	-0.068
DINT	0.132
LBOC	-0.132
LPP	-0.079
HPD	-0.240
HPA	-0.102
ab	-0.018
ao	-0.119
bc	-0.057
bm	-0.097
bo	-0.141
cd	-0.052
cl	-0.072
cm	-0.081
cn	-0.094
de	-0.025
di	-0.048
dl	-0.142
ei	-0.101
el	-0.121
il	-0.050
mn	-0.094

Parametro	PC2
SSP	-0.247
SST	-0.006
NPM	0.115
NRAGGIPD	0.302
NRAGGIPA	0.221
%BIANCO	-0.739
MACCHIARE	0.773
FONDO	0.560
MACNERE	0.673
MACNEREPED	-0.608
MACNEREPC	-0.359
AREABIA	-0.489
DENSITA'	0.564
CoIPV	0.534
CoIPA	0.535
CoIPC	0.502

PC2 indica l'associazione tra alcuni caratteri riferiti alla livrea ad essa correlati



- fianchi con macchie a sfondo chiaro di forma sferica
- macchie chiare di dimensioni più ridotte tendenti al giallo in numero più elevato
- colorazione scura sui fianchi uniforme e non a chiazze
- pinne rosso più intenso.

Tali caratteristiche coincidono con quelle attribuibili ai soggetti aventi tipo di livrea descritta come “a bolli bianchi”

Analisi dei cluster

Analisi della covarianza



Individuazione degli elementi che contribuiscono a distinguere i due gruppi

Parametro	F	p
SSP	8,401	0,006
SST	0,053	0,818
NPM	0,862	0,358
NRAGGIPD	1,042	0,313
NRAGGIPA	7,028	0,011

- Numero dei raggi ramificati
- Numero delle squame forate sopra la linea laterale
- Colorazione delle pinne
 - Tipo di macchie scure
 - Tipo di macchie chiare
- Macchie nere sul peduncolo e sulla pinna caudale
- Percentuale di area a sfondo chiaro

Parametro	F	p
%BIANCO	10,205	0,003
MACCHIARE	23,621	0,000
FONDO	2,187	0,146
MACNERE	22,225	0,000
MACNEREPED	13,677	0,001
MACNEREPC	58,376	0,000
AREABIA	0,521	0,474
PERBIA	0,531	0,470
SINUOSITA'	0,823	0,369
DENSITA	0,721	0,400
ColPV	10,368	0,002
ColPA	9,797	0,003
ColPC	10,368	0,002

sono soprattutto alcune caratteristiche della livrea a differire maggiormente fra gruppi di esemplari

Caratteristiche differenziali

Cluster 1

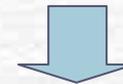
- esemplari caratterizzati da fianchi con macchie a sfondo chiaro di forma irregolare e generalmente grandi
- macchie a sfondo scuro anch'esse irregolari o talvolta sferiche
- macchie chiare sono tendenzialmente di colore bianco
- le pinne risultano meno arrossate e più chiare.



68,42% dei pesci caratterizzati da una livrea a “bolli neri” e l'88,14% dei lucci con livrea “marmoreggiata”

Cluster 2

- esemplari caratterizzati da fianchi con macchie a sfondo chiaro di forma sferica
 - macchie chiare di dimensioni più ridotte, di colorazione tendente al giallo e presenti in numero più elevato
 - colorazione scura sui fianchi con distribuzione uniforme e non a chiazze
- le pinne risultano di colorazione rossa più intensa.



82,93% degli individui a bolli bianchi

Conclusioni

LE ANALISI STATISTICHE INDICANO LA PRESENZA DI DUE GRUPPI DI INDIVIDUI RICONOSCIBILI SULLA BASE DI ALCUNI ELEMENTI MORFOLOGICI DELLA LIVREA

QUESTI 2 GRUPPI SEMBRANO COINCIDERE CON LA DIVISIONE FATTA PRELIMINARMENTE SUL CAMPO IN ESEMPLARI AVENTI LIVREA “A BOLLI BIANCHI” E PESCI AVENTI LIVREA “MARMOREGGIATA”

LA PRESENZA DI UNA LIVREA “A BOLLI NERI” SEMBRA POTER ESSERE SCARTATA POICHE’ TIPICA DI ESEMPLARI DI GIOVANE ETA’ CHE POSSONO ESSERE COMPRESI NELLA VARIABILITA’ DEI SOGGETTI A LIVREA “MARMOREGGIATA”

PROSEGUENDO LA RICERCA POTRA’ ESSERE VERIFICATA L’EVENTUALE SOVRAPPOSIZIONE TRA RISULTATI MORFOLOGICI E GENETICI ED EVIDENZIATI I CARATTERI CHE PERMETTONO DI DISCRIMINARE GLI INDIVIDUI DI CEPPO AUTOCTONO