



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI

CARTA ITTICA REGIONALE

Parte I - Tratti montani

con approfondimenti sulla distribuzione della
Trota sarda *Salmo cettii* Rafinesque, 1810

Vol. I



Assessorato regionale della Difesa dell'Ambiente - Servizio Tutela della natura e politiche forestali
Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di scienze della Vita e dell'Ambiente

ACCORDO RAS - UNICA REP. 27002 - 1/2015

Carta Ittica Regionale

Parte I -Tratti montani

con approfondimenti sulla distribuzione della
Trota sarda *Salmo cettii* Rafinesque, 1810

Vol. I



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Regione Autonoma della Sardegna
Assessorato della Difesa dell'Ambiente
Direzione Generale della Difesa dell'Ambiente



Università degli Studi di Cagliari
Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente
Sezione di Biologia Animale ed Ecologia

© 2018 Regione Autonoma della Sardegna

Tutti i diritti sono riservati

È consentita la riproduzione dei testi e dei dati con citazione della fonte

Finito di stampare il 18 dicembre 2018

Hanno collaborato alla realizzazione della presente pubblicazione

Assessorato della Difesa dell'Ambiente - Servizio Tutela della natura e politiche forestali

Dirigente del Servizio: Maria Ledda

Coordinamento del progetto: Laura Angius, Maria Bonaria Careddu, Laura Cappai

Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente

Coordinamento scientifico

Prof. Andrea Sabatini

Responsabile scientifico delle attività di monitoraggio

Prof. Andrea Sabatini

Dott. Francesco Palmas

Unità operativa

Aspetti biotici e abiotici:

Prof. Andrea Sabatini – Dott.ssa Maria Valentina Cani - Dott. Giacomo Frau – Dott. Alessio Musu – Dott. Francesco Palmas – Dott.ssa Cinzia Podda – Dott.ssa Melissa Serra

Aspetti informatici e cartografici:

Prof. Andrea Sabatini – Dott. Giacomo Frau – Dott. Francesco Palmas –

Dott.ssa Cinzia Podda

Analisi genetiche

Prof. Vincenzo Caputo Barucchi – Dott.ssa Tatiana Fioravanti –

Dott. Massimo Giovannotti – Dott. Tommaso Righi – Dott. Andrea Splendiani.

Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università Politecnica delle Marche (Ancona)

Fotografia

DiSVA – Università degli Studi di Cagliari

Progetto grafico e illustrazioni

Dott. Giacomo Frau

SOMMARIO

VOL. I

INTRODUZIONE	11
LA RETE IDROGRAFICA DELLA SARDEGNA	13
FAUNA ITTICA DELLE ACQUE DOLCI DELLA SARDEGNA	17
La zonazione ittica	20
LA TROTA SARDA	23
Tassonomia	23
Distribuzione, morfologia e biologia	27
Stato di protezione e normativa di riferimento	30
MATERIALI E METODI	35
Campionamento ittico	35
Elaborazioni e analisi statistiche	38
Rilevamento ed elaborazione dei parametri ambientali	40
Indagine genetica	41
RISULTATI	45
Ricostruzione quadro storico-conoscitivo	45
Stazioni di campionamento	51
Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F.)	51
Sintesi delle specie ittiche censite	53
Sintesi sulla consistenza delle popolazioni di salmonidi	59
Caratterizzazione genetica delle popolazioni salmonicole	61
Popolazioni di trota sarda <i>Salmo cettii</i>	67

FATTORI D'IMPATTO SULLE POPOLAZIONI DULCIACQUICOLE	71
CONSIDERAZIONI FINALI	73
PIANI DI GESTIONE E PROSPETTIVE FUTURE	75
SPECIE ITTICHE PRESENTI NEI CORSI D'ACQUA ISOLANI	77
GLOSSARIO	99
BIBLIOGRAFIA	103

VOL. II - SCHEDE BACINI INDAGATI

D - Bacino del Coghinas	116
F - Bacino del Liscia	124
H - Bacino del Padrongiano	132
K - Bacino del Tirso	138
L - Bacino del Posada	156
N - Bacino del Cedrino	166
O - Minori tra Cedrino e Flumendosa	174
P - Bacino del Flumendosa	182
Q - Minori tra Flumendosa e Mannu	196
R - Bacino del Flumini Mannu	202
S - Minori tra il Flumini Mannu e il Palmas	212
V - Bacino del Flumini Mannu di Pabillonis	220
X - Bacino del Temo	224
Y - Minori tra Tirso e Temo	230

ALLEGATI:

TAVOLA I: Mappa dei risultati dei campionamenti 2016-2017

TAVOLA II: Mappa risultati analisi genetiche campionamenti 2016-2017

PREMESSA

La pubblicazione della Parte I della Carta Ittica della Sardegna, riferita ai tratti montani dei corsi d'acqua, rappresenta un nuovo fondamentale passo in avanti lungo il percorso di tutela e salvaguardia del patrimonio naturalistico e ambientale regionale intrapreso dall'Assessorato della difesa dell'ambiente.

Questo traguardo ci conferma che la strategia individuata alcuni anni fa, basata sul trinomio conoscenza/ricerca, pianificazione/programmazione degli interventi e monitoraggio è vincente per l'avvio di solide politiche gestionali sito specifiche, sostenibili per l'ambiente e condivise con il territorio.

Il risultato è frutto di una pluriennale collaborazione con l'Università degli Studi di Cagliari Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente (Di-SVA), basata sull'applicazione virtuosa dell'art. 15 della Legge n.241/1990, che ha consentito lo sviluppo di una ricerca applicata orientata a rispondere alle sempre maggiori esigenze di contenuti informativi sulle componenti abiotiche e biotiche dei sistemi dulciacquicoli interni, dietro la spinta propulsiva di due direttive europee cardinali, la Direttiva Habitat e la Direttiva Quadro Acque, cui le istituzioni regionali sono tenute

a rispondere.

Tutto ciò si inserisce opportunamente e in coerenza con l'esperienza sviluppata nell'ambito delle attività di redazione della Carta della Natura della Sardegna (2010), che ha mostrato nella sua complessità le molteplici valenze naturalistiche presenti in ambito regionale, da proteggere anche al di fuori delle aree già riconosciute di pregio, e per questo già tutelate in sintonia con gli obiettivi della vigente normativa ambientale nazionale ed europea per la salvaguardia della biodiversità.

La Parte I della Carta Ittica regionale, realizzata anch'essa mediante un approccio metodologico sistemico, accende un focus di maggior dettaglio sugli ecosistemi acquatici continentali, proponendo un quadro aggiornato completo a livello di bacino idrografico, delle specie ittiche che attualmente popolano i corsi d'acqua, e un approfondimento sulla consistenza delle popolazioni di salmonidi.

Certamente il risultato più rilevante consegue a una importante attività di campionamento e analisi genetica effettuata sulle popolazioni di salmonidi che ha migliorato le conoscenze sulla composizione specifica delle popola-

zioni esaminate e, soprattutto, ha consentito l'individuazione di tre nuove popolazioni di *Salmo cettii* geneticamente pure, specie ricompresa nell'allegato II della Direttiva Habitat in quanto in pericolo di estinzione.

La localizzazione montana, pressoché estrema, dei siti dove hanno trovato rifugio queste popolazioni residuali di *Salmo cettii* che rappresenta il ceppo genetico autoctono della Sardegna, racconta molto delle pressioni antropiche che hanno potuto minacciare la sopravvivenza di questa specie, denominata comunemente Trota sarda, quasi a rappresentare un simbolo emblematico, fortemente identitario, per i territori in cui è stata rinvenuta.

Gli interventi di controllo e razionalizzazione delle risorse idriche in risposta allo storico problema della scarsa disponibilità d'acqua prima, le sistemazioni idrauliche dei corsi d'acqua per il riassetto idrogeologico del territorio poi e, non ultimo, lo sfruttamento economico legato all'attività estrattiva in alveo e alla pesca produttiva e sportiva che hanno introdotto la pratica dei ripopoli con specie esotiche, sono tutti elementi che hanno generato forti impatti e hanno rappresentato spesso

una seria minaccia per l'originaria biodiversità delle popolazioni ittiche, in assenza di una reale integrazione della dimensione ambientale con le politiche messe in campo in risposta alle diverse esigenze.

Tuttavia, in alcuni casi, potrebbero essere proprio le condizioni di scarsa connettività tra i tratti fluviali ad aver favorito l'attuale persistenza di aree rifugio dove hanno potuto concretizzarsi, in modo spontaneo, condizioni di sostenibilità e di equilibrio fra attività umane e natura e, molto probabilmente, analoghe condizioni potrebbero essere presenti in numerosi altri siti potenzialmente idonei a ospitare la nostra Trota sarda.

Alla luce di questo nuovo importante bagaglio di conoscenze, siamo richiamati ad una maggiore responsabilità nel condurre il ruolo istituzionale di questo Assessorato: promuovendo con maggiore forza l'assimilazione di specifiche misure di tutela all'interno degli strumenti di pianificazione e gestione territoriale, rendendo centrale il ruolo del monitoraggio ambientale e la diffusione dei dati disponibili in stretta integrazione con il Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA); ampliando

l'ombrello della tutela normativa verso gli ecosistemi dulciacquicoli con particolare riferimento alla salvaguardia della fauna ittica.

Già oggi sono state avviate significative iniziative progettuali di tutela e valorizzazione dei nuovi siti di rinvenimento della Trota sarda, coordinate dall'Agenzia Forestas in collaborazione con il Servizio tutela della natura e politiche forestali di questo Assessorato e l'Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente (DiSVA). La costruzione di questi progetti si basa sul riconoscimento del merito alle popolazioni locali di aver spontaneamente creato i presupposti per la conservazione dei rifugi ecologici della Trota sarda e mira a innalzare il livello di tutela ambientale restituendo centralità decisionale agli Enti Locali, interessati per territorio, ma anche rivalutando la reale efficacia

delle attuali modalità applicative della regolamentazione vigente in materia di pesca delle specie ittiche di acqua dolce. Infine la Parte II della Carta Ittica regionale, i cui lavori hanno appena preso avvio, completa il quadro delle conoscenze sugli ecosistemi fluviali e sulle popolazioni ittiche che li abitano, estendendo ai tratti vallivi dei fiumi sardi gli studi finora svolti.

Al fine di progredire nel cammino intrapreso e non vanificare i risultati ad oggi raggiunti, nel prossimo futuro sarà fondamentale mantenere in periodico aggiornamento le basi di dati realizzate, pianificando modalità di monitoraggio realmente sostenibili a vantaggio delle sempre crescenti esigenze di pianificazione e programmazione di interventi di conservazione del patrimonio naturalistico, oggi sempre più sotto pressione anche a causa degli effetti legati ai cambiamenti climatici.

Paola Zinzula
Direttore Generale



Panorama nei pressi del Riu Stanali, afferente all'Unità Idrografica del Flumendosa.

INTRODUZIONE

La Carta Ittica della Sardegna costituisce la sintesi di un lavoro di ricerca applicata per l'aggiornamento delle informazioni sulle popolazioni ittiche presenti nelle acque dolci. L'idea della sua realizzazione nasce con l'obiettivo di offrire un adeguato supporto alle decisioni pubbliche per la gestione degli ecosistemi dulciacquicoli. L'iniziativa, programmata in due fasi, è stata realizzata nell'ambito di un accordo di collaborazione tecnico-scientifica stipulato tra il Servizio tutela della natura e politiche forestali (STNPF) dell'Assessorato Regionale della Difesa dell'Ambiente e il Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente (DiSVA) dell'Università degli Studi di Cagliari (repertorio Ras n 27002-1 del 18.12.2015). Il progetto di indagine nella prima fase, i cui esiti sono contenuti nel presente volume (Parte I - tratti montani), è volto alla

razionalizzazione delle informazioni pregresse e all'approfondimento delle conoscenze sullo stato della fauna ittica nei tratti montani dei fiumi (Fig. 1). La seconda fase, attualmente in corso di realizzazione, prevede l'estensione degli studi ai tratti vallivi dei fiumi e sarà oggetto della seconda parte della Carta Ittica (Parte II).

Nello specifico, in questa prima fase sono state raccolte tutte le informazioni pregresse, in ambito regionale, derivanti dall'attività di diversi Enti che nel tempo hanno condotto monitoraggi specifici nei bacini idrografici insistenti nei propri territori. Queste informazioni, rilevate negli anni, sono frammentarie e disomogenee, tali da non consentire la definizione di un quadro esaustivo e aggiornato dello stato dell'arte ai fini di una pianificazione e razionalizzazione degli interventi

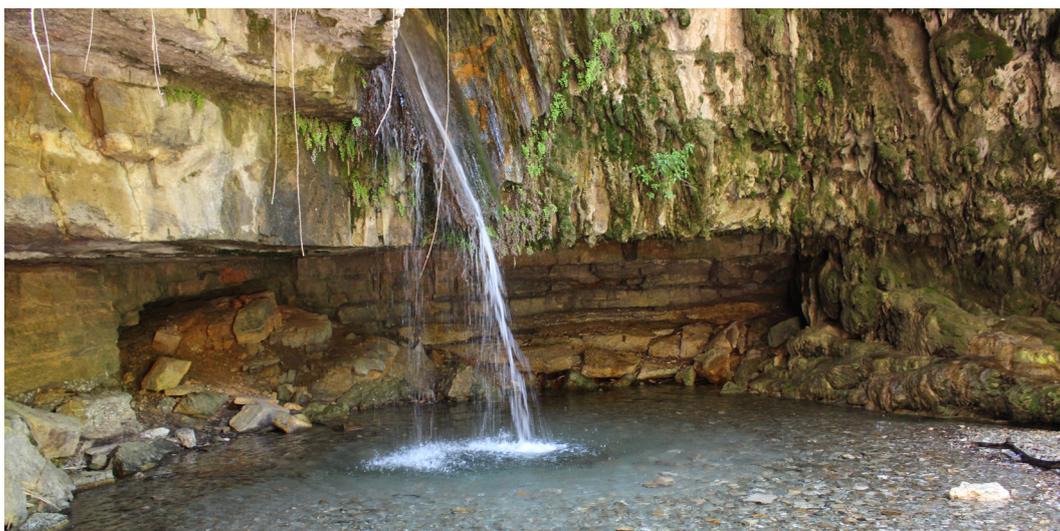


Fig. 1. Particolare del monumento naturale de Su Stampu 'e su Turrunu (Sadali).

di tutela. Nonostante ciò, tutti i dati raccolti sono risultati fondamentali per la realizzazione di questo progetto che ha previsto un'importante azione di raccordo tra le diverse iniziative già sviluppate e il nuovo piano di monitoraggio. La raccolta e informatizzazione di tali dati ha permesso di avere una comune base dati di riferimento, che è ora disponibile nel Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA).

L'attività di monitoraggio ha consentito di aggiornare le informazioni sullo stato di conservazione delle popolazioni nelle aree a salmonidi. Nei tratti montani dei fiumi sono stati raccolti i dati sulle popolazioni ittiche presenti e sullo stato ambientale dei corsi d'acqua.

Un obiettivo strategico, di grande rilevanza per il progetto, è stato l'individuazione degli ultimi siti ove ancora sopravvive la trota sarda nella forma pura caratterizzata mediante indagini genetiche. La trota sarda (*Salmo cetti*, Rafinesque 1810), infatti, è la specie simbolo delle acque dolci della Sardegna. Autoctona e di importanza comunitaria, (All. II Direttiva 92/43/ CEE "Habitat"), è connotata da uno status di conservazione critico e a rischio estinzione. È ormai noto che l'ibridazione

con la trota fario di origine atlantica, utilizzata storicamente per massicci ripopolamenti, ha in molti casi soppiantando le popolazioni autoctone.

Si auspica che i risultati e le informazioni contenute nella carta ittica regionale possano utilmente guidare l'introduzione di politiche regionali di indirizzo tese al superamento della storica dicotomia tra utilizzo delle risorse naturali e loro conservazione. Queste costituiscono una fonte di dati a disposizione di tutti i portatori di interesse e degli Enti incaricati della gestione delle acque interne, per una concreta salvaguardia non solo delle popolazioni di trota sarda ma di tutte le popolazioni ittiche naturali presenti, attraverso la rimozione, o quantomeno il contenimento, dei fattori limitanti e di disturbo che ne ostacolano la normale crescita. Integrando in modo appropriato i temi di conservazione delle specie animali dulciacquicole e di tutela della biodiversità, sia a livello di specie che di popolazione, è possibile calibrare le decisioni sulla conoscenza dello stato di conservazione indirizzate a una più generale riqualificazione degli ecosistemi acquatici.

LA RETE IDROGRAFICA DELLA SARDEGNA

La rete idrografica regionale è caratterizzata da una ridotta presenza di corsi d'acqua perenni rappresentati dal Fiume Tirso, Flumendosa, Coghinas, Cedrino, Liscia e dal Temo, unico navigabile nel tratto terminale. I restanti corsi d'acqua a carattere torrentizio, correlabile all'assetto geo-morfologico dei bacini imbriferi, sono incisi da un reticolo idrografico che presenta prevalentemente pendenze elevate e tratti vallivi brevi.

I torrenti sardi hanno infatti, spesso, carattere fortemente effimero, temporaneo e vanno in secca per la maggior parte del periodo estivo-autunnale, manifestando un regime intermittente con periodi di siccità estiva alternati a periodi di deflussi anche molto abbondanti coincidenti con le precipitazioni invernali e primaverili.

Lo sviluppo dei sistemi idrografici della Sardegna risente e risulta essere condizionato da una storia geologica e tettonico-strutturale piuttosto com-

pressa, riflessa nella grande variabilità morfologica dei paesaggi che gli stessi processi idrologici hanno contribuito a realizzare. Tale variabilità ha prodotto un'articolazione in bacini prevalentemente di modeste dimensioni con reticoli di assetto estremamente variabile (Fig. 2). Prevalentemente, comunque, si osservano reticoli di tipo radiale, in corrispondenza dei principali massicci montuosi, o ancora tipicamente dendritici, impostati in modo particolarmente diffuso su rocce a scarsa permeabilità che caratterizzano circa il 90% delle litologie affioranti nell'isola.

Il regime idrologico è strettamente correlato al clima semiarido della Sardegna, caratterizzato sia da un'elevata variabilità temporale delle precipitazioni, tipica delle regioni marittime, che da una variabilità spaziale determinata dalla forte influenza dell'orografia sui principali flussi di umidità indotti dalle perturbazioni atmosferiche. La stessa variabilità si registra inoltre nei

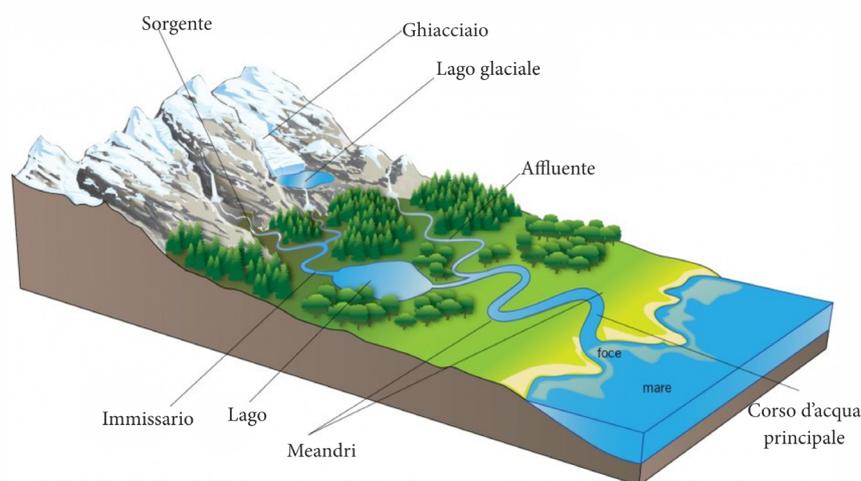


Fig. 2. Schematizzazione di un bacino idrografico.

Fonte: Cavazzuti et al., 2014 modificato.

valori annuali medi di precipitazione, risultando inferiori sul livello del mare rispetto alle quote altitudinali medie e alte. Si evidenzia inoltre un progressivo abbassamento delle medie annuali delle precipitazioni e un contestuale incremento di eventi di eccezionale intensità, difficilmente prevedibili.

I deflussi nei corsi d'acqua isolani, sono pertanto piuttosto irregolari, con valori bassi o quasi nulli nel periodo estivo, ma con picchi talvolta intensi in limitati periodi della stagione autunno-invernale.

La Sardegna si presenta totalmente priva di laghi naturali e fatta eccezione per quello di Baratz, unica formazione lacustre naturale, i restanti laghi sono artificiali. La necessità di reperire risorse idriche superficiali da tutti i corsi d'acqua disponibili ha portato alla costruzione di numerosissime dighe che hanno drasticamente modificato il regime idrografico, al punto che anche i fiumi principali, cosiddetti perenni, a valle degli sbarramenti si presentano in secca per lunghi periodi dell'anno.

Le acque superficiali interne, insieme a quelle di transizione, costiere e sotterranee sono tutelate a livello comunitario dalla Direttiva 2000/60/CE, recepita in Italia con il D. Lgs. 152/2006. Il Distretto idrografico della Sardegna, coincidente con l'intero territorio regionale, costituisce l'unità gestionale di riferimento per la pianificazione e la programmazione di specifiche misure per la protezione del valore ambientale delle acque e di sostenibilità nell'uso delle risorse idriche (Fig. 3). Il Piano di distretto Idrografico della Sardegna è stato adottato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 ottobre 2016 (Pubblicazione G.U. n.25 del 31.01.2017). Sono attualmente in corso di elaborazione le Linee Guida nazionali finalizzate all'armonizzazione delle Direttive comunitarie 2000/60/CE Direttiva Quadro Acque, 92/43/CEE Habitat e 2009/147/CE Uccelli, finalizzate al mantenimento/miglioramento dello stato delle acque per la protezione di Habitat e specie in aree tutelate.

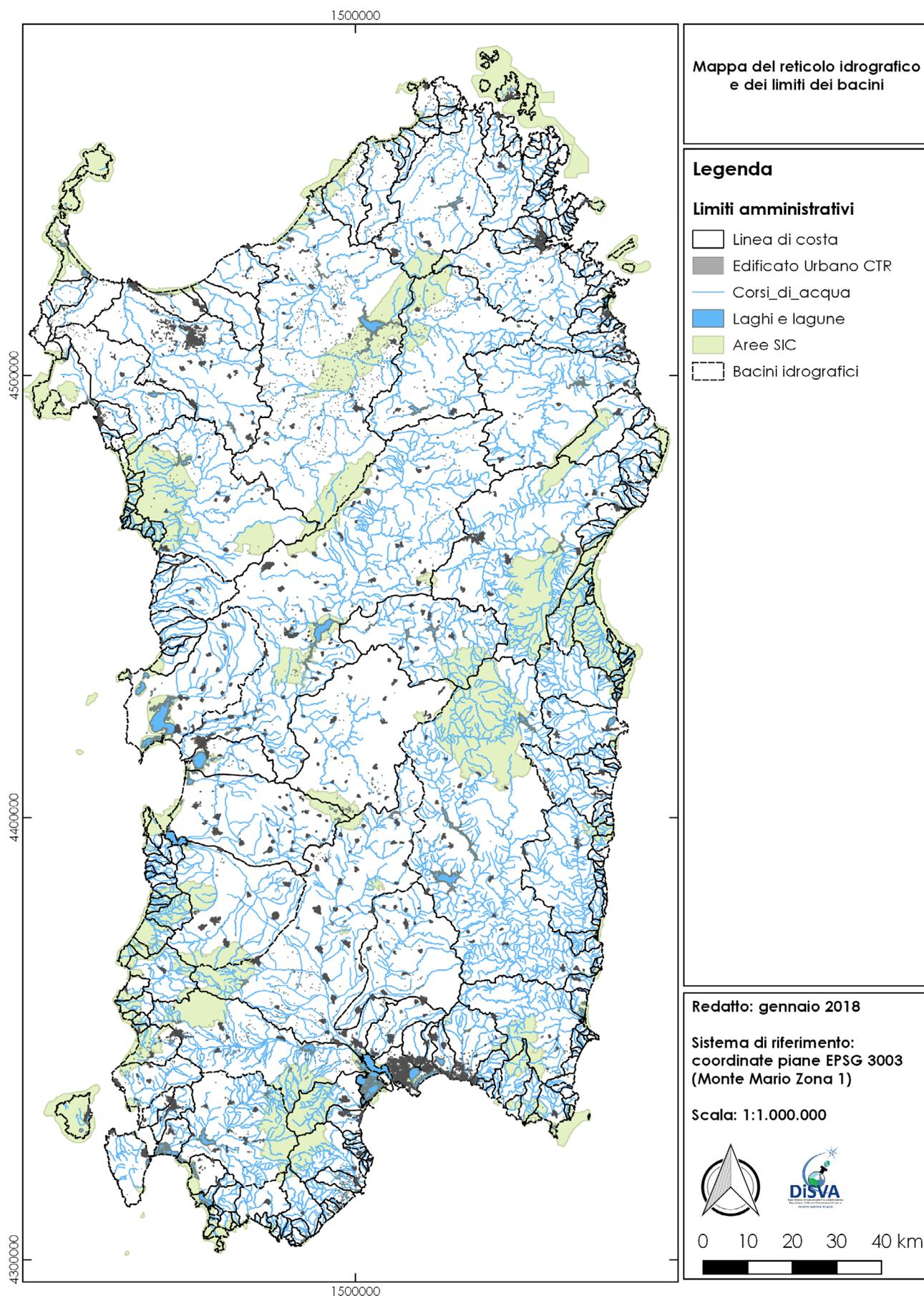


Fig. 3. Carta del reticolo idrografico e limiti dei bacini della Sardegna.



FAUNA ITTICA DELLE ACQUE DOLCI DELLA SARDEGNA

La comunità ittica delle acque interne della Sardegna è costituita da un ridotto numero di specie, fenomeno probabilmente legato alla peculiare evoluzione paleogeografica e paleoecologica dell'isola. Tale evoluzione è stata condizionata da alcuni eventi topici che hanno determinato l'attuale configurazione geologica e localizzazione geografica delle specie ittiche. Questi eventi sono riscontrabili nell'evoluzione geodinamica in ambito mediterraneo e nella deriva del blocco sardo-corso dall'attuale Golfo del Leone, nella cosiddetta crisi di salinità del Messiniano, nel corso della quale il Mediterraneo a causa di un forte deficit idrico è divenuto caldo e salato ed è stato popolato da organismi tipici dell'ambiente tropicale (Fig. 4). Infine le oscillazioni climatiche quaternarie hanno favorito la diffusione di specie diadrome che, successivamente all'ultima glaciazione (Würm circa 15.000 anni fa), sono rimaste confinate nelle acque interne della Sardegna co-

stituendo l'attuale distribuzione delle specie indigene tra cui la trota sarda *S. cettii*.

Le specie ittiche native delle acque interne della Sardegna furono descritte per la prima volta dall'abate Francesco Cetti nel 1777, dal Casalis nel 1836 e dall'ittologo-fisico Decio Vinciguerra nel 1895 [1, 2].

Se si escludono le specie marine con caratteristiche eurialine, originariamente, erano presenti in Sardegna 8 taxa nativi, considerando la specie *Acipenser sturio* (L., 1758) ormai estinta (Tab. I). Attualmente circa il 68% delle specie ittiche delle acque interne risulta di origine alloctona, frutto di immissioni avvenute a partire dal 1896 (Fig. 5 e Tab. II).

Infine, si segnalano le introduzioni di alcune specie invasive, seppur appartenenti al Subphylum Crustacea, tra cui il gambero della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Fig. 6). Questa specie proveniente dall'America cen-



Fig. 4. Situazione del Mediterraneo durante la crisi del Messiniano (circa 5 Ma).

Fonte: <https://iberiacunadelahumanidad.wordpress.com/lectura-libre/paleogeomorfological-de-lapenisula-iberica-y-los-primeros-pobladores-fernando-ledesma-rubio/>.

tro-settentrionale e dal nord-est del Messico [3] è stata introdotta in Europa per la prima volta in Spagna nel 1972. In Italia venne introdotta nel 1989 per scopi di acquacoltura e allevamento [4], ed in Sardegna è stata segnalata per la prima volta nel 2005 nel bacino del Coghinas [5].

Un altro crostaceo alloctono rinvenuto in Sardegna è il gambero di fiume ita-

lico *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858). Tale specie descritta nel Riu Basile (bacino idrografico del Coghinas), sebbene sia autoctona per la penisola italiana, è da considerarsi alloctona in Sardegna. In base alle analisi genetiche risulta simile alle popolazioni della Toscana, da cui probabilmente è stata transfaunata[6].

Tab. I. Specie ittiche autoctone originarie della Sardegna.

Nome scientifico	Nome comune
<i>Salmo cettii</i> ex <i>Salmo (trutta) macrostigma</i>	Trota sarda
<i>Anguilla anguilla</i>	Anguilla
<i>Alosa fallax</i>	Alosa, Agone, Cheppia
<i>Petromyzon marinus</i>	Lampreda
<i>Salaria fluviatilis</i>	Cagnetta
<i>Atherina boyeri</i>	Latterino
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Spinarello
<i>Acipenser sturio</i>	Storione

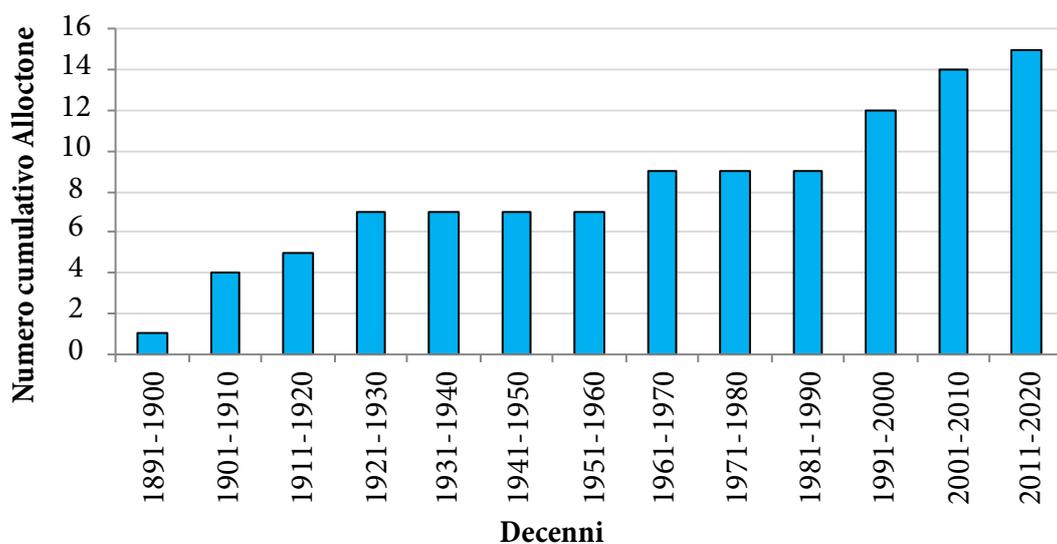


Fig. 5. Numero cumulativo di pesci alloctoni introdotti in Sardegna a partire dal 1896. Orrù *et al.*, 2010 [7], modificato.

Tab. II. Introduzione specie ittiche alloctone in Sardegna: anno, luogo di immissione e finalità.

Sino ai primi del '900 le introduzioni di specie ittiche avevano come scopo esclusivamente l'incremento della produttività dei fiumi. A partire dagli anni '60 del XX secolo le specie ittiche sono state deliberatamente immesse in quanto interessanti per la pesca sportiva.

Anno	Specie	Localizzazione	Finalità introduzione
1896	Trota iridea (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Nord Sardegna	Incremento specie ittiche
Primi del '900	Trota fario (<i>Salmo trutta</i>)	Nord Sardegna	Incremento specie ittiche
Primi del '900	Tinca (<i>Tinca Tinca</i>)	Stagno di Platamona	Incremento specie ittiche
Primi del '900	Carassio (<i>Carassius auratus</i>)	Fiume Flumendosa	Incremento specie ittiche
1920	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	Diffusione capillare	Incremento specie ittiche
1922	Gambusia (<i>Gambusia holbrooki</i>)	Diffusione capillare	Lotta biologica malaria
1926	Persico (<i>Perca fluviatilis</i>)	Laghi Coghinas e Omodeo	Pesca sportiva
1962	Persico trota (<i>Micropterus salmoides</i>)	Laghetto della provincia di Cagliari	Pesca sportiva
1962	Pesce gatto (<i>Ameiurus melas</i>)	Lago di Baratz	Pesca sportiva
1988	Cobite (<i>Cobitis taenia</i>)	Sardegna Sud-Ovest	Pesce foraggio
dagli anni '90	Scardola (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	Diga Alto-Temo	Pesce foraggio
1994	Alborella (<i>Alburnus a. alborella</i>)	Nord Sardegna	Pesce foraggio
2006	Persico sole (<i>Lepomis gibbosus</i>)	Lago Coghinas	Pesca sportiva
2006	Pseudorasbora (<i>Pseudorasbora parva</i>)	Lago Coghinas	Pesce foraggio
2011 / 2014	Luccio europeo (<i>Esox cisalpinus</i>)	Lago Alto Flumendosa	Pesca sportiva



Fig. 6. Esemplare di *P. clarkii* rinvenuto nel Parco Naturale Regionale Molentargius-Saline.

La zonazione ittica

La composizione delle comunità ittiche è influenzata dalle caratteristiche chimico-fisiche del corso d'acqua che esse popolano. In base alle proprie esigenze ciascuna specie ittica tende a collocarsi in un determinato tratto del corso d'acqua, che per le sue specifiche caratteristiche ecologiche è possibile classificare come zona ittica. Il concetto di zonazione ittica, prevede quindi la suddivisione longitudinale di un corso d'acqua in zone ecologiche differenti identificate dal nome della specie più abbondante riconosciuta come specie indicatrice. Tali zone ospitano naturalmente diverse altre specie, che risultano quindi d'accompagnamento.

In linea generale in una zonazione ittica risultano tipicamente presenti una zona a Salmonidi, localizzata nei tratti montani superiori e caratterizzata da acque limpide, fredde e ben ossigenate e una zona a Ciprinidi, nei tratti vallivi caratterizzati da acque lentiche, calde e ricche di sospensioni. Tra queste due zone limite si collocano le zone intermedie transitorie, variabili in relazione all'area geografica.

Per la zonazione dei corsi d'acqua sardi, caratterizzati da un ridotto numero di specie indicatrici, si fa riferimento all'adattamento proposto da Massidda & Turin (1988) [8] (Fig. 7):

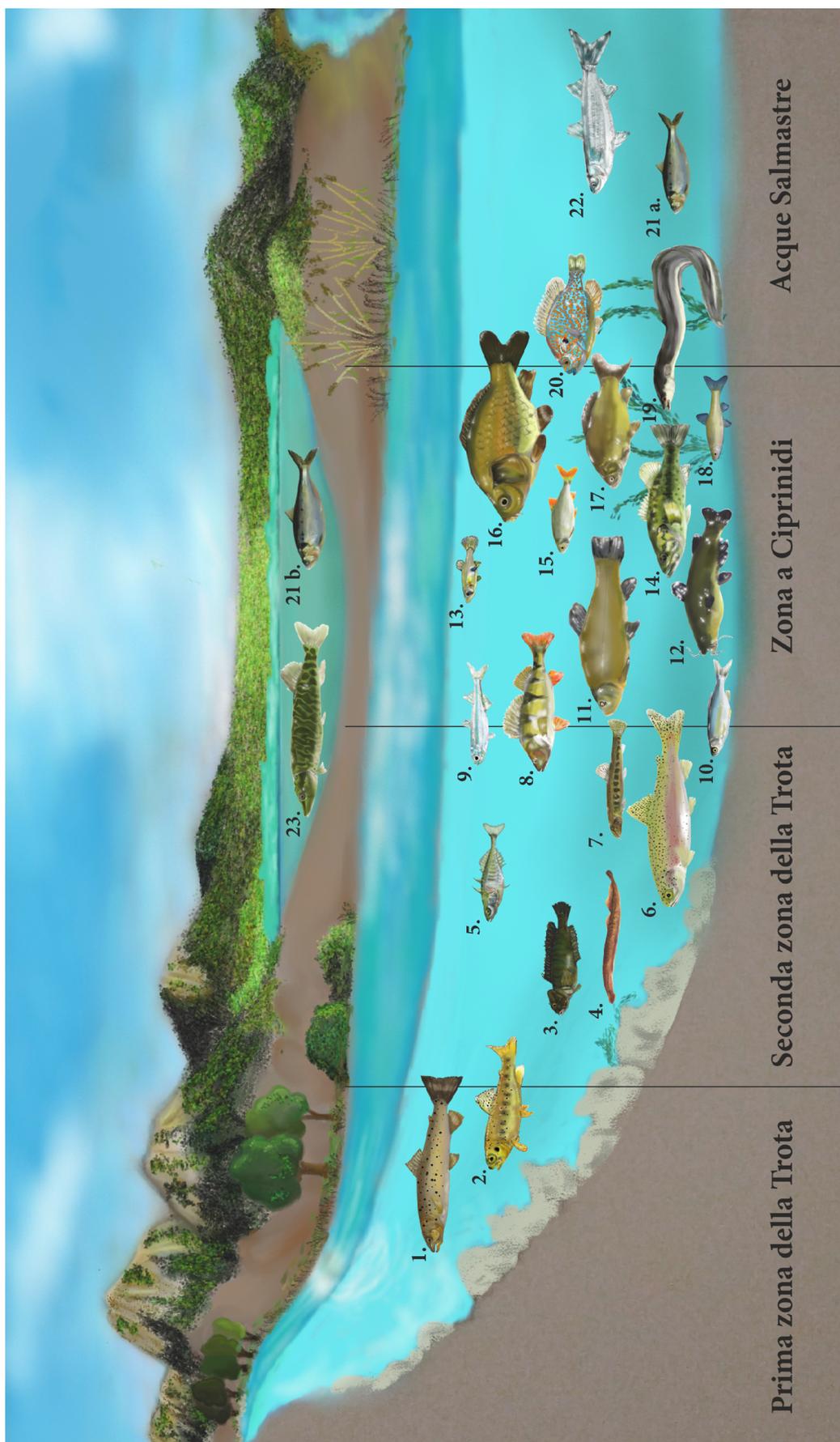
- **Prima zona della trota:** le specie indicatrici sono la trota sarda e la trota fario alloctona. Le acque sono limpide e ben ossigenate, corrente veloce con numerosi salti.

- **Seconda zona della trota:** sono presenti entrambi i salmonidi, con netta prevalenza della forma autoctona. Compare la cagnetta come specie d'accompagnamento. Acque più lente e turbolente, caratterizzate da ampie pozze.

- **Zona a Ciprinidi:** dominano la carpa e la tinca. Le acque sono lente e ricche di fitoplancton, con abbondante presenza di macrofite acquatiche che offrono riparo alle specie ittiche.

- **Zona delle acque salmastre:** compaiono i mugilidi. Le specie di accompagnamento sono tutte eurialine tipiche dell'area costiera.

Particolare attenzione spetta inoltre alle specie tipicamente lacustri come il luccio e la cheppia (*Alosa*), che fuoriescono dalle schematizzazioni longitudinali tradizionali creando una distribuzione a se stante.



- | | | | |
|--|---|--|--|
| <p>1. Trota fario (<i>Salmo trutta trutta</i>)
 2. Trota sarda (<i>Salmo cetifl</i>)</p> | <p>3. Cagnetta (<i>Salaria fluviatilis</i>)
 4. Lampreda (<i>Petromyzon marinus</i>)
 5. Spinarello (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)
 6. Trota iridea (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
 7. Cobite (<i>Cobitis taenita</i>)</p> | <p>8. Persico reale (<i>Percu fluviatilis</i>)
 9. Lutterino (<i>Atherina boyerfl</i>)
 10. Alborella (<i>Alburnus alburnus alborella</i>)
 11. Tinca (<i>Tinca tinca</i>)
 12. Pesce gatto (<i>Ictalurus melas</i>)
 13. Gambusia (<i>Gambusia holbrooki</i>)
 14. Persico trota (<i>Micropterus salmoides</i>)
 15. Scardola (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)
 16. Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)
 17. Carassio (<i>Carassius carassius</i>)
 18. Pseudorasbora (<i>Pseudorasbora parva</i>)</p> | <p>19. Anguilla (<i>Anguilla anguilla</i>)
 20. Persico sole (<i>Lepomis gibbosus</i>)
 21a. Alosa (<i>Alosa fallax</i>)
 22. Muggine (<i>Mugil sp.</i>)</p> |
|--|---|--|--|

Specie lacustri:
 23. Luccio italiano (*Esox cisalpinus*), 21 b. Agone (*Alosa fallax*)

Fig. 7. Zonazione ittica. Elenco delle specie facenti parte della comunità ittica potenziale.

Proteggi la biodiversità delle acque interne dall'immissione delle specie alloctone



Particolare del capo di una Carpa (*Cyprinus carpio*), catturata sul Fiume Massari (Unità Idrografica del Tirso).

Di origine asiatica, la carpa è stata introdotta in Sardegna dal Prof. Pasquale Mola nei primi anni '20 e si è rapidamente acclimatata, localizzandosi nei tratti più bassi dei corsi d'acqua.

La carpa determina intorbidamenti delle acque ed alterazioni degli equilibri faunistici e floristici.

La pesca ricreativa come la conosciamo si è trasformata e sviluppata sulla base del meccanismo che prevede di intervenire sulla fauna ittica per sostenere ed incentivare la domanda di pesca anziché regolare la pesca, per adattarla alla disponibilità naturale di risorse. Tale pratica è dannosa oltre che vietata in tutti i fiumi e laghi della Sardegna.

Perché le immissioni illegali sono un problema?

- Le specie ittiche introdotte nei laghi e fiumi della Sardegna trasformano radicalmente la composizione delle comunità ittiche delle nostre acque interne.
- Le specie alloctone, introdotte illegalmente, competono per il cibo e lo spazio con la componente autoctona.
- L'introduzione di specie con taxa strettamente affini a specie autoctone crea molto spesso problemi di inquinamento genetico a causa della loro interfecondità.
- Quando le specie introdotte si stabilizzano in un ecosistema sono difficilissime da eradicare. Il contenimento degli alloctoni richiede l'impegno di notevoli quantità di denaro pubblico che potrebbero essere investite per migliorare la pesca sportiva.
- Le immissioni illegali di specie predatrici piscivore nei fiumi e laghi implicano l'introduzione di altre specie alloctone utilizzate come pesce foraggio.
- L'immissione di stock ittici alloctoni nei corpi idrici artificiali ha determinato negli anni l'emigrazione e la conseguente diffusione di queste specie nella maggior parte dei corsi d'acqua isolani.



Cosa puoi fare?

- Non trasferire i pesci da un corpo idrico ad un altro. Questa pratica è illegale e può portare alla diffusione di dannose patologie.
- Se catturi una specie alloctona trattienila, non rilasciarla in natura.
- Segnala l'introduzione o l'avvistamento di specie alloctone al Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale (CFVA).

LA TROTA SARDA

Tassonomia

La classificazione sistematica costituisce un aspetto di prioritaria importanza, per qualsiasi programma di recupero, conservazione, salvaguardia o gestione. La determinazione certa della specie o del ceppo è particolarmente complessa in ambito ittologico. Specialmente per i Salmonidi, tale aspetto assume particolare rilevanza a causa della loro grande plasticità fenotipica, anche in condizioni di assoluta naturalità e purezza, e per i fenomeni di introgressione dovuti all'ibridazione tra popolazioni native e materiale alloctono.

La trota è una specie ittica diffusa in tutta Europa, nell'Asia occidentale e nel Nord Africa a media e alta quota [9] ed è un taxon complesso, dapprima studiato attraverso la morfologia, poi con i marcatori molecolari. Il termine "*Salmo trutta* L. complex" viene appunto utilizzato per indicare diverse forme che possono facilmente ibridarsi tra loro. Kottelat & Freyhof (2007) [10]

nel loro lavoro scientifico sui pesci delle acque dolci dell'Europa hanno fornito una revisione della nomenclatura esistente, riconoscendo circa 28 diverse specie appartenenti al genere *Salmo*, di cui 15 descritte solamente negli ultimi dodici anni [10, 11, 12, 13]. Questa complessità e variabilità è legata soprattutto alla plasticità dei tratti fenotipici che nei Salmonidi è particolarmente elevata [14] e in grado di riflettere la presenza di differenze genetiche legate anche all'ambiente.

Anche per la trota sarda autoctona la definizione sistematica è, per tutte queste ragioni, alquanto complessa, per cui si ritiene opportuno dare un'interpretazione più rigorosa possibile sulla base delle conoscenze scientifiche attuali.

La diffusione delle specie dulciacquicole in Europa va ricercata, come già detto, nella sua storia paleo-geografica e paleo-ecologica. La Sardegna e la Corsica si sono separate dall'Europa nel Miocene inferiore (circa 24 Ma) (Fig. 8)



Fig. 8. Separazione del blocco sardo-corso avvenuto durante il Miocene inferiore (ca 24 Ma).
Fonte: Università del Maryland - Dipartimento di Geologia: <https://www.geol.umd.edu/~tholtz/G102/lectures/102neogene.html>.

anche se non si possono escludere successivi e periodici collegamenti con la Corsica e la Toscana. L'attuale distribuzione dei Salmonidi sarebbe correlabile agli ultimi eventi glaciali riferibili ai cambiamenti climatici e ambientali del Pleistocene (compresi tra 2 Ma e 15.000 anni fa).

Le differenze morfologiche e genetiche attualmente rilevabili, funzionalmente determinate dalla maggiore o minore distanza spazio-temporale, sono il risultato della formazione di aree rifugio e al loro isolamento, ovvero alla possibilità di scambio e ridistribuzione genetica dovuta alle confluenze rese possibili in occasione degli sporadici interscambi tra bacini idrografici.

Considerati questi fattori e non avendo a disposizione nozioni di tipo molecolare, i primi ricercatori che hanno classificato i Salmonidi si sono basati sull'osservazione dei principali caratteri morfologici e meristici.

Aspetti ricorrenti nella forma, nel colo-

re, nella dimensione che si rinvergono in una determinata area permettono di definire una specie a cui viene attribuito un nome. Questo si complica nel tempo se diversi pareri si sovrappongono indicando nomi diversi per la stessa specie che poi restano nella memoria creando non poca confusione.

L'Abate Francesco Cetti fu il primo naturalista, nel 1777, a segnalare nei fiumi della Sardegna la presenza della trota, considerabile sicuramente autoctona di cui non riferisce purtroppo nessuna particolare descrizione [1] (Fig. 9).

Successivamente Constantine Samuel Rafinesque-Schmaltz descrive una trota della Sicilia, attribuendogli il nome di *Salmo cettii* Rafinesque, 1810 (Fig. 9). La specie descritta è di piccola taglia, sagoma tozza e dominanza delle macchie nere sulle rosse.

Nel 1858 lo zoologo francese Auguste Duméril nel suo studio descrive alcuni esemplari di trota catturati in Algeria [15], su cui osservò delle macchie vo-

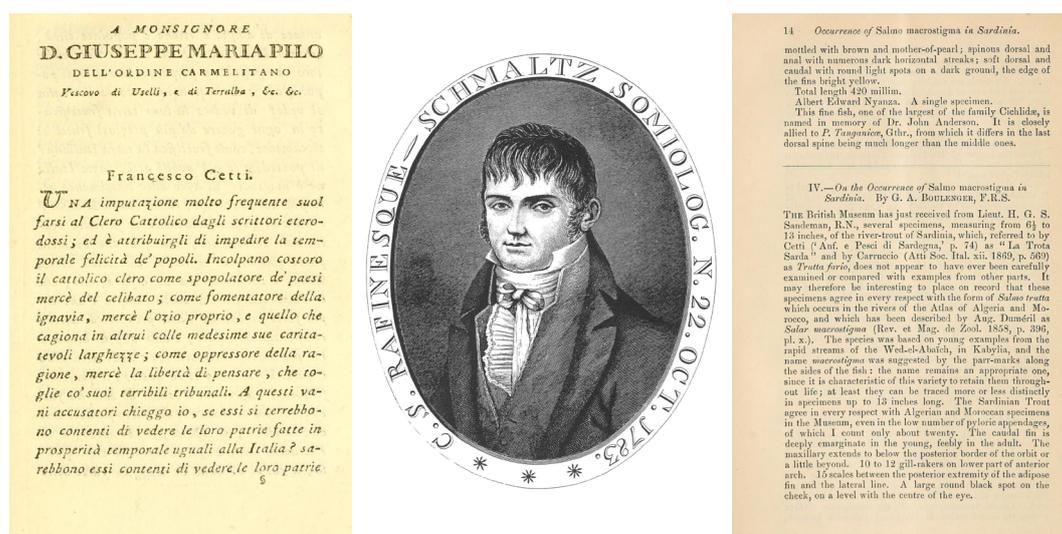


Fig. 9. Da sinistra a destra: Prima pagina del testo "Anfibi e Pesci di Sardegna", scritto dall'Abate Francesco Cetti nel 1777 e inserito nell'opera: "Storia Naturale della Sardegna". Rappresentazione del Biologo Statunitense Constantine Samuel Rafinesque-Schmaltz (1783-1840). Prima pagina del lavoro di George Albert Boulanger intitolato "On the occurrence of *Salmo macrostigma* in Sardinia", 1901.

luminose e tondeggianti, regolarmente disposte sui fianchi, che costituivano a suo avviso un chiaro carattere fenotipico diagnostico che lo portò a definirle come “*truite a grandes taches*” da cui *Salmo macrostigma* Duméril, 1858. Nella sua descrizione evidenzia anche la presenza di altri caratteri quali la macchia nera preopercolare, la sagoma raccolta e la particolare livrea.

Nel 1895 l'ittologo e fisico italiano Decio Vinciguerra associò le caratteristiche delle popolazioni della Sardegna e della Sicilia a quelle descritte da Duméril per le trote algerine [2]. Nel 1901 lo zoologo belga-inglese George Albert Boulanger confermò questa associazione osservando e comparando alcuni esemplari di origine sarda e algerina nel suo lavoro “On the occurrence of *Salmo macrostigma* in Sardinia” [16] (Fig. 9). Tra il 1939-40 fu Francesco Pio Pomini (Fig. 10) che, con le sue ricerche in Sardegna, analizzò diversi fiumi sardi e le relative popolazioni di trote presen-

ti [17]. Nel suo lavoro viene rimarcato come già allora fosse praticata la semina con materiale alloctono proveniente da incubatoi. Evitò tutti i bacini interessati da queste pratiche in modo che il materiale ittico raccolto fosse con una certa sicurezza puro. Osservò l'esistenza di un buon numero di popolazioni, spesso differenziate tra loro, ma tutte caratterizzate da una macchia nera dietro l'occhio e dalla presenza di 13-14 grandi macchie lungo i fianchi (macchie parr). Il confronto dei caratteri morfologici con la descrizione fatta dal Duméril per le trote algerine lo portarono a sostenere la loro appartenenza alla specie *macrostigma*. Rivisitazioni successive confermano questa indicazione anche se si arriva a definirla una semispecie e quindi *Salmo* (trutta) *macrostigma*, Dumeril 1858 [18, 19, 20]. Successivamente, nel lavoro di Freyhof & Kottelat del 2007 “*Handbook of European Freshwater Fishes*”, le evidenze dal punto di vista molecolare rimarca-



Fig. 10. Francesco Pio Pomini (1915-1941). Dedicò la sua vita allo studio delle scienze naturali e in pochi anni di attività scientifica pubblicò un gran numero di lavori. Egli si concentrò soprattutto sullo studio delle popolazioni di trota, creando degli allevamenti sperimentali. Dovette abbandonare i suoi studi quando venne chiamato in guerra, durante la quale morì giovanissimo in Albania.

no la necessità di distinguere le popolazioni tirreniche da quelle algerine il cui nome è *macrostigma* [10]. Questa distinzione porta a ripercorrere a ritroso i vari classificatori e ad attribuire nuovamente il nome di *Salmo cettii*, Rafinesque 1810 per le trote presenti in Sardegna in onore dell'abate Francesco Cettii, il primo a descrivere la presenza della trota in Sardegna. L'unico dubbio che ancora rimane è che Rafinesque in realtà nel 1810 accomuna la trota sarda con quella sicula che secondo alcuni studi sembrerebbe originarsi dal morfotipo del nord Africa piuttosto che da quello del bacino Tirrenico [21]. Soltanto gli studi filogenetici basati sul DNA mitocondriale (mtDNA) hanno finalmente consentito di proporre un sistema di classificazione chiaro e verificabile, dividendo la specie *Salmo trutta complex* in cinque linee evolutive principali, considerate come varianti geografiche (anche se non necessariamente come specie): Atlantica (AT),

Mediterranea (ME), Marmorata (MA), Adriatica (AD) e Danubiana (DA) [22, 23] (Fig. 11). Tre fanno riferimento all'Europa Mediterranea e due alla regione Tirrenica (AD e ME). Queste ultime presentano un areale ampiamente sovrapponibile e Berrebi (1995) evidenzia che le popolazioni della Corsica sono costituite sia dall'aplotipo Mediterraneo (ME) che da quello Adriatico (AD) [24].

Di contro tutti gli studi effettuati in Sardegna hanno confermato nelle popolazioni pure la sola presenza dell'aplotipo Adriatico (AD) [25, 26, 27]. L'analisi dei marcatori mitocondriali a trasmissione matrilineare (ereditati esclusivamente dalla madre), che non abbia subito inquinamento genetico, deve essere confermata dalle analisi dei marcatori nucleari (LDH). Nel caso in cui entrambi i marcatori per la totalità di individui campionati siano del tipo autoctono, allora le popolazioni possono essere considerate appartenenti al ceppo na-

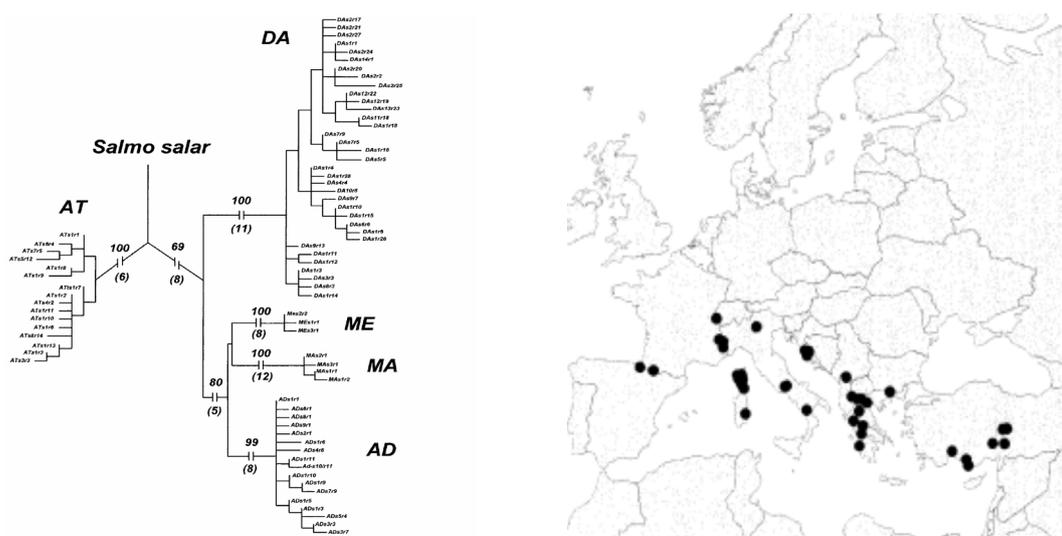


Fig. 11. Albero delle corrispondenze basato sull'analisi della massima parsimonia, relativo ai cinque lignaggi evolutivi. I numeri tra parentesi si riferiscono al numero di apomorfi per ciascun lignaggio. Distribuzione geografica della linea evolutiva del mtDNA Adriatica (AD) [23].

tivo.

Tali metodiche sono in grado di caratterizzare in modo certo l'origine di una popolazione analizzata. Ciò nonostante il dibattito scientifico sulla tassonomia della trota sarda rimane aperto. Talvolta si preferisce far riferimento alla più corretta definizione dal punto di vista accademico di *Salmo trutta complex* lignaggio AD o "*Salmo trutta* spp. AD". Attualmente per facilità di comprensione e trattazione si è preferito, seguendo le indicazioni del G.d.L. Salmonidi (Gruppo di Lavoro Salmonidi) dell'AIAD (Associazione Italiana Ittologi Acque Dolci), confermare il nome *Salmo cettii*, Rafinesque 1810 e scegliere il nome volgare di "trota sarda" più contestualizzato rispetto all'alternativa proposta di "trota insulare".

Distribuzione, morfologia e biologia

L'areale di distribuzione di *S. cettii* comprende Corsica, Sardegna, Sicilia e il versante tirrenico dal bacino del Magra verso nord (Fig. 12).

S. cettii è una specie polimorfica con caratteri differenti in funzione dell'area di origine. Per questo motivo non è possibile distinguere, attraverso l'osservazione dei caratteri fenotipici, un individuo puro da uno ibrido, ma occorre un approccio genetico, considerato l'unico in grado di discriminare con certezza l'appartenenza al taxon indigeno. Da studi condotti su diverse popolazioni sarde e da confronti effettuati anche attraverso numerose immagini fotografiche su vari individui nei singoli bacini, si possono riconoscere alcuni caratteri comuni che riconducono alle caratteristiche morfologiche e meristiche della specie. Si deve comunque



Fig. 12. Attuale distribuzione indicativa della specie *Salmo cettii*. Fonte metadato: IUCN (International Union for Conservation of Nature) 2008. *Salmo cettii*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3.

tenere presente che i fattori di stress e le differenze di habitat possono accentuare o rendere meno evidenti questi caratteri. Le livree mimetiche, le taglie e le colorazioni di fondo sono variabili tra popolazioni di diversi bacini.

I principali caratteri anatomici di riferimento della trota autoctona della Sardegna vengono riportati in figura 13. I caratteri secondari sono stati inseriti nella tabella a fondo pagina (Tab. III).

La trota sarda vive in corsi d'acqua di tipo "Mediterraneo", con lunghezza e portata limitate, soggetti a consistenti magre estive e conseguente innalzamento della temperatura [17, 28, 29]. Vive per lo più nei tratti alti dei corsi d'acqua di sistemi montuosi e collinari e nelle risorgive carsiche di pianura. Predilige acque fresche, limpide e correnti, temperature fra 10-20 °C e relativamente ricche di macrofite. Mostra una spiccata rusticità, trova rifugio in buche profonde e nell'intrico radicale della vegetazione riparia [10].

In Sardegna sono state registrate catture in condizioni estreme di temperatura dell'acqua (circa 31°C) e tenore di ossigeno inferiore al 20% (Riu Picocca) [28]. Durante la stagione estiva risiede nelle pozze, è fortemente euriecia e la si rinviene in zone proibitive per gli altri Salmonidi. È un predatore molto attivo, la sua dieta varia dalle larve agli adulti di insetti, piccoli crostacei e piccoli pesci [29].

Il periodo riproduttivo è compreso tra novembre e febbraio con delle variazioni geografiche e climatiche [26]. Una volta deposte le uova dalla femmina, il maschio le feconda e le nasconde sotto la ghiaia del fondo con vigorosi colpi di coda [29]. Lo sviluppo embrionale si completa in circa 30 giorni in funzione della temperatura dell'acqua. Dopo la schiusa, gli avannotti sostano quasi immobili sul fondo sino al completo assorbimento del sacco vitellino quando sono in grado di alimentarsi autonomamente [26].

Tab. III. Caratteri anatomici secondari per la determinazione della specie *S. cettii*.

Caratteri anatomici secondari

Pinna dorsale alta e corta con vela ben pigmentata, grigia; possono essere presenti anche piccole macchie nere

Pinna caudale incisa con lobi di colore grigio talvolta con sfumature giallastre e la pinna adiposa generalmente scura che schiarisce verso l'apice dove prende colore arancio o diffusamente rosso-aranciato, raramente con pigmentazione puntiforme

Pinne ventrali e pettorali di colore bruno-giallo e pinna anale con margine posteriore diritto o tendente al concavo, di colore grigio

Linea laterale poco evidente e decorrente sui fianchi in posizione mediana

Colore di fondo della regione dorsale generalmente grigio, bruno o bruno verdastro, i fianchi più chiari e la regione ventrale biancastra

Dimensioni massime in natura di circa 40 cm

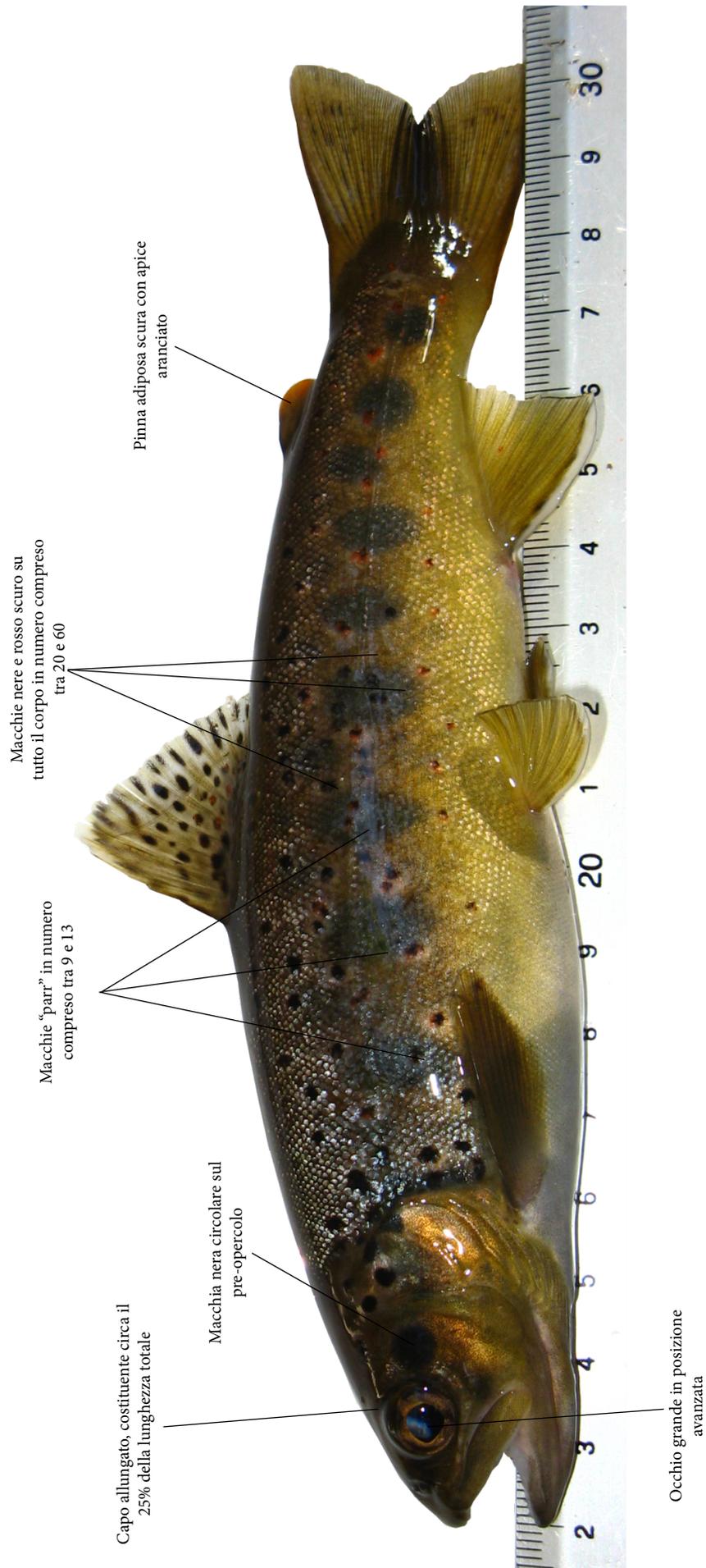


Fig. 13. Caratteristiche distintive morfologiche e meristiche della trota sarda (*Salmo cettii*, Rafinesque 1810).

La taglia riproduttiva è variabile, con forti oscillazioni a seconda delle popolazioni considerate. *S. cettii* raggiunge la maturità sessuale al 2° anno nei maschi e al 3° anno nelle femmine [19]. I maschi presentano una taglia di prima maturità (TPM) tra i 17-19 cm LT (lunghezza totale) e le femmine tra i 28-30 cm LT. In Sardegna la taglia di prima maturità può raggiungere valori medi di 18-20 cm e un peso medio di 70-80 grammi [26].

Stato di protezione e normativa di riferimento

La trota sarda è un endemismo ormai presente in pochissime popolazioni relictte, essa è considerata specie in pericolo critico (CR) dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) e per questo inserita nella Lista Rossa Italiana [30].

Le cause dello status critico attuale della trota sarda sono diverse: certamente il degrado ambientale e l'impoverimento idrico, di cui risentono in modo particolare i corsi d'acqua di tipo mediterraneo, ma anche gli interessi economici cresciuti intorno alla presenza della trota nei fiumi e torrenti sardi, in particolare l'attività di pesca sia produttiva sia a fini sportivi e ricreativi che hanno introdotto la pratica dei ripopolamenti incontrollati. In assenza di regole gestionali definite, le introduzioni e i ripopoli con le specie alloctone, in particolare con trote domestiche di origine nord atlantica, hanno causato gravi effetti di inquinamento genetico e di competizione.

Il primo importante strumento normativo di tutela per la specie applicabile a livello nazionale è la Direttiva comunitaria 92/43/CEE denominata "Direttiva Habitat", che la inserisce nell'Allegato II con il nome di *Salmo (trutta) macrostigma*, nomenclatura ormai superata



La Direttiva del Consiglio del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche detta **Direttiva Habitat**, costituisce insieme alla Direttiva Uccelli il cuore della politica comunitaria in materia di conservazione della biodiversità e sono la base legale su cui si fonda **Natura 2000**.

Scopo della Direttiva Habitat è "salvaguardare la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche nel territorio europeo degli Stati membri al quale si applica il trattato" (art. 2). Per il raggiungimento di questo obiettivo la Direttiva stabilisce misure volte ad assicurare il mantenimento o il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat e delle specie di interesse comunitario elencati nei suoi allegati.

La Direttiva è costruita intorno a due pilastri: la rete ecologica Natura 2000, costituita da siti mirati alla conservazione di habitat e specie elencati rispettivamente negli allegati I e II, e il regime di tutela delle specie elencate negli allegati IV e V.

Il recepimento della Direttiva è avvenuto in Italia nel 1997 attraverso il Regolamento D.P.R. 8 settembre 1997 n. 357 modificato ed integrato dal D.P.R. 120 del 12 marzo 2003. Secondo quanto disposto dall'articolo 12 del DPR 120/03 "sono vietate la reintroduzione, l'introduzione e il ripopolamento in natura di specie e popolazioni non autoctone".

e oggi sostituita da *Salmo cettii*, Rafinesque 1810. Per il mantenimento o il ripristino in uno stato di conservazione soddisfacente la Comunità Europea richiede pertanto per questa specie la designazione di Zone Speciali di Conservazione (ZSC) nonché l'approntamento di ogni misura volta ad evitarne il degrado e la perturbazione.

Il DPR n. 357 dell'8 settembre 1997 dà attuazione alla Direttiva Habitat rece-

pendo le indicazioni di conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche.

A livello regionale la disciplina di tutela della fauna selvatica prevista nel DPR n. 357/97 e ss.mm. è recepita con la Legge Regionale del 29 luglio 1998, n. 23 "Norme per la protezione della fauna selvatica e per l'esercizio della caccia in Sardegna", la quale però non ricomprende le specie ittiche.



Le **Liste Rosse**, rappresentano a livello mondiale la più autorevole fonte di informazione sullo stato di conservazione degli organismi viventi con l'obiettivo di incentivare la salvaguardia della biodiversità. Le Liste Rosse sono uno strumento introdotto dall'attività dell'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN), che si occupa di conservazione della biodiversità. Tale strumento permette di valutare ogni specie nella sua appropriata categoria di rischio di estinzione in funzione delle esigenze di conservazione a livello globale.

Le categorie di rischio sono 11, da **Estinto (EX, Extinct)**, applicata alle specie per le quali si ha la definitiva certezza che anche l'ultimo individuo sia deceduto, e **Estinto in Ambiente Selvatico (EW, Extinct in the Wild)**, fino alla categoria **Minor Preoccupazione (LC, Least Concern)**, adottata per le specie che non rischiano l'estinzione nel breve o medio termine. Tra queste si trovano le categorie di minaccia, che identificano specie che corrono un crescente rischio di estinzione nel breve o medio termine: **Vulnerabile (VU, Vulnerable)**, **In Pericolo (EN, Endangered)** e **In Pericolo Critico (CR, Critically Endangered)**.

Categorie e criteri della Red List



Nel 1995, il Decreto n. 412 dell'Assessore regionale della Difesa dell'Ambiente, all'epoca competente in materia di tutela delle acque e di pesca e acquacoltura, vieta in termini assoluti la detenzione e la pesca della trota sarda in tutti i corsi d'acqua della regione. Questo Decreto, che in assenza di una normativa regionale dedicata alla tutela della fauna ittica delle acque interne rappresenta, a tutt'oggi, l'unico strumento per la salvaguardia della specie, si è rivelato negli anni di difficile applicazione e di utilità controversa. Infatti, a causa della oggettiva difficoltà di determinare inequivocabilmente la specie mediante l'osservazione delle sole caratteristiche morfologiche e meristiche, sia per i detentori che per gli organismi di controllo, l'efficacia risulta fortemente condizionata. Inoltre con l'ampliarsi delle conoscenze e con l'approfondimento delle specifiche problematiche reso possibile dalla intensa attività di ricerca sviluppata sull'argomento negli ultimi

anni, è emerso che l'attività di pesca, sia essa produttiva o sportivo-ricreativa, può essere utilmente praticata anche con finalità di protezione della specie, quando regolamentata all'interno di un chiaro piano di gestione del corso fluviale di interesse, che ne ricomprenda adeguatamente il tema.

Alla luce di queste considerazioni e per potenziare l'efficacia delle azioni di tutela esistenti, in assenza di uno specifico strumento normativo regionale di tutela dedicato alla fauna ittica dulciacquicola o alla trota sarda, emerge la necessità di elaborare una proposta normativa organica per la tutela della fauna dei sistemi dulciacquicoli regionali, che si integri con le normative di tutela delle acque e gestione delle attività di pesca.

Di fatto una valutazione attenta delle pressioni che possono comportare un peggioramento dello stato di conservazione delle popolazioni ittiche nelle acque interne, non può prescindere da



Fig. 14. Tratto della concessione demaniale di pesca localizzata nel Rio Ulassai.

un'analisi dell'attività alieutica che, nelle acque interne, riveste un ruolo marginale.

A tale proposito, la gestione dei tratti dei corsi d'acqua attuata dalle associazioni di pesca sportiva attraverso l'acquisizione di una Concessione demaniale, può costituire un efficace sistema di controllo a garanzia dell'applicazione delle norme di tutela vigenti con particolare riguardo alle limitazioni che assicurano un prelievo sostenibile in

funzione delle caratteristiche specifiche del corso d'acqua interessato (Fig. 14).

Le concessioni demaniali nelle acque interne della Sardegna ai fini di pesca sportiva sono rilasciate dall'Assessorato regionale dell'agricoltura e riforma agro-pastorale (Tab. IV). Intanto, per le recenti nuove individuazioni di siti in cui è stata accertata la presenza di popolazioni pure, sono in via di definizione specifiche misure di protezione.

Tab. IV. Concessioni demaniali per la pesca sportiva nelle acque interne della Sardegna (ad oggi attive).

Tratti fluviali interessati dalle concessioni demaniali	
Tratto del Rio S. Girolamo (circa 12 Km)	Nel Comune di Ussassai, tra la confluenza con Rio Serra Longa in località Is Cuccurus ed il confine comunale di Seui.
Tratto del Rio Flumineddu (circa 16 km)	Ricadente nei Comuni di Seui, Perdasdefogu, Escalaplano e Ballao.
Tratto del Rio Ulassai (circa 1,7 Km) Tratto del Rio Flumineddu (Rio S. Girolamo) (circa 8 Km)	Nei Comuni di Ulassai, Ussassai, Seui ed Esterzili. La zona in concessione risulta suddivisa in sei tratti comprendenti un'area di riserva e divieto di pesca, aree adibite a pesca sportiva "no-kill", riservata ai soli concessionari, aree adibite a pesca sportiva per i soli concessionari e aree adibite a pesca sportiva di libero accesso.
Tratto Rio Sa Teula (circa 5 Km)	Presso il Comune di Villagrande Strisaili, definito nei 250 m a monte della centrale idroelettrica dell'ENEL e a valle, nel bacino artificiale di S. Lucia nella sua attuale estensione, ad eccezione delle zone in prossimità di infrastrutture ed impianti.
Rio Butule (circa 12 Km)	Ricadente nei Comuni di Nughedu S. Nicolò e Ozieri, tra la confluenza con il Rio Nughedu in località Tribides e la confluenza con il Rio Mannu.
Lago Posada	Nei Comuni di Torpè e Lodè. La concessione interessa l'intero invaso dalla riva fatta eccezione per le aree di rispetto delle opere di sbarramento e delle opere di carico e scarico.
Lago di Gusana	Nel Comune di Gavoi. La concessione interessa l'intero invaso con esclusione delle zone interessate dalle opere di presa delle condotte forzate e dalla diga.
Lago di Govossai	Ricadente nel Comune di Fonni. La concessione interessa l'intero invaso nella sua naturale estensione.

Le acque a vocazione Salmonicola

Tratto del Rio Ermolinus, presso la Foresta di Montarbu.
I corsi d'acqua entro cui sono in grado di vivere i Salmonidi sono caratterizzati da acque limpide e ben ossigenate, corrente moderatamente

veloce con presenza di cascatelle, salti e pozze. Il fondo è generalmente costituito da massi e ciottoli e si osserva una limitata presenza di macrofite acquatiche, mentre prevalgono i fusti ripali. Il grado di ombreggiatura è elevato.

MATERIALI E METODI

Le attività di campionamento sono state pianificate a valle di un'importante fase propedeutica di catalogazione dei dati storici disponibili, il cui sviluppo ha consentito di strutturare un database regionale di riferimento per la raccolta dei dati e di ricostruire le dinamiche temporali e spaziali di distribuzione delle popolazioni indagate.

La scelta delle stazioni di campionamento è stata fatta in funzione dei risultati ottenuti dalla ricognizione storica dei dati.

Nel reticolo idrografico della Sardegna sono state identificate 24 Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.), riportate in figura 16 e tabella V. Tali unità sono costituite da uno o più bacini idrografici limitrofi, a cui sono state convenzionalmente assegnate le rispettive acque superficiali interne nonché le relative acque sotterranee e marino-costiere. Oltre alle U.I.O. il distretto idrografico regionale è stato ulteriormente suddivi-

so in bacini idrografici secondo quanto riportato dal CeDoc (Centro di Documentazione dei bacini idrografici della Regione Sardegna).

La struttura operativa del progetto, di seguito descritta nel dettaglio, ha previsto e sviluppato le seguenti fasi:

a) campionamento ittico; b) elaborazioni e analisi statistiche; c) rilevamento ed elaborazioni dei parametri ambientali; d) indagine genetica.

Campionamento ittico

Lo studio della popolazione ittica è stato condotto seguendo il "Protocollo di campionamento e analisi della fauna ittica dei sistemi lotici guadabili", prodotto dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) [31].

La denominazione delle stazioni di campionamento è costituita da un codice alfanumerico composto in succes-



Fig. 15. Fase di cattura eseguita mediante elettrostorditore spallabile sul Rio Tricoli, in territorio di Lanusei.

Tab. V. Elenco delle Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.), definite dal Piano Tutela Acque – PTA (2006) art. 44 del D.L.gs 11 maggio 1999 n. 152 e dell'art. 2 della L.R. luglio 2000, n. 14.

ID BACINO	Nome bacino
A	Minori tra il Mannu di Porto Torres ed il Temo
B	Mannu di Porto Torres
C	Minori tra il Mannu di Porto Torres ed il Coghinas
D	Coghinas
E	Minori tra il Coghinas e il Liscia
F	Liscia
G	Minori tra il Liscia e il Padrongiano
H	Padrongiano
I	Minori tra il Padrongiano e il Posada
K	Tirso
L	Posada
M	Minori tra il Posada e il Cedrino
N	Cedrino
O	Minori tra il Cedrino e il Flumendosa
P	Flumendosa
Q	Minori tra il Flumendosa e il Flumini Mannu
R	Flumini Mannu
S	Minori tra il Flumini Mannu e il Palmas
T	Palmas
U	Minori tra il Palmas e il Flumini Mannu di Pabillonis
V	Flumini Mannu di Pabillonis
X	Temo
Y	Minori tra il Tirso e il Temo
Z	Minori tra il Flumini Mannu di Pabillonis e il Tirso

sione da quattro caratteri e da due cifre. Il primo carattere rappresenta il codice identificativo dell'U.I.O. in questione, i successivi tre caratteri rappresentano il nome del corso d'acqua (es. KFTi01: K=U.I.O. del Tirso, F=Fiume, Ti=Tirso); le ultime due cifre si riferiscono al numero della stazione, ordinato progressivamente da monte verso valle.

Il campionamento è stato effettuato mediante elettropesca con elettroscor-ditore spallabile a corrente continua pulsata e voltaggio modulabile (0-4 Ampere, 0-600 Volt).

L'azione di campionamento è stata svolta procedendo da valle verso monte per facilitare la cattura degli esemplari stor-diti trascinati dalla corrente ed evitare nel contempo di creare torbidità (Fig. 15).

Allo scopo di acquisire informazioni quali-quantitative sulle popolazioni ittiche presenti sono state inoltre effettuate misure biometriche sugli individui (lunghezza totale – LT cm; peso

totale – PT g).

La LT degli individui è stata misurata dall'apice del muso all'estremità della pinna caudale, utilizzando un apposito ittiometro, mentre per il rilievo del PT è stata utilizzata una bilancia elettronica (grado di precisione: ± 0.1 g).

Gli individui catturati sono stati raccolti in recipienti con acqua e anestetico (tricaine methanesulphonate MS222) al fine di minimizzare lo stress sugli animali e aumentare l'accuratezza delle successive misurazioni biometriche.

Elaborazioni e analisi statistiche

I dati di cattura sono stati utilizzati per misurare la densità delle popolazioni presenti nel sito. In particolare è stato valutato lo stato delle popolazioni ittiche presenti nei siti indagati, elaborando i dati di densità derivati dai

Tab. VI. Scale di abbondanza per visualizzazione cartografica.

Livello di abbondanza	Descrizione	Colore
<i>Assente</i>	Specie assente / non determinabile	ND
<i>Raro</i>	da 1 a 2 individui	
<i>Presente</i>	da 3 a 10 individui	
<i>Comune</i>	da 11 a 30 individui	
<i>Abbondante</i>	Più di 30 individui	

campionamenti effettuati per ottenere informazioni sull'abbondanza. Le stime di densità e biomassa sono state rilevate tramite l'applicazione del "depletion method" secondo la tecnica dei passaggi multipli [32] su transetti variabili, prediligendo una lunghezza di 100 metri.

L'abbondanza è stata espressa secondo una scala numerica a cinque livelli [33, 34]. Per la rappresentazione cartografica della distribuzione, a ciascun livello di abbondanza è stato associato un colore di riferimento (Tab. VI).

I dati di LT sono stati utilizzati per il calcolo delle distribuzioni di frequenza delle lunghezze. Sugli istogrammi ottenuti sono state individuate le coorti di età al fine di valutare la struttura di popolazione. Tale struttura è stata determinata tramite l'abbondanza relativa tra individui adulti (età > 2+) e giovanili (età < 2+), utilizzando una scala a 4 li-

velli: 0 - struttura non definibile; 1 - popolazione strutturata; 2 - popolazione non strutturata/dominanza individui giovanili; 3 - popolazione non strutturata/dominanza individui adulti.

Inoltre, i dati di LT e PT sono stati utilizzati per determinare la relazione lunghezza-peso degli individui campionati attraverso il calcolo dell'equazione $PT = a \cdot LT^b$, dove "PT" è il peso (g), "LT" la lunghezza totale (cm), "a" l'intercetta della regressione e "b" il coefficiente di regressione relativo all'accrescimento.

Per conoscere lo stato di nutrizione della popolazione in relazione alle opportunità ambientali è stato considerato il Fattore di Condizione di Fulton (K):

$K = 100 \cdot PT / LT^3$. L'utilizzo di questo fattore permette di evidenziare eventuali scostamenti dalla media che possono indicare uno stato di sofferenza della specie.

Tab. VII. Identificazione delle misure chimico-morfologiche rilevate in ogni stazione.

Parametro	Modalità di rilevamento	Unità
Larghezza dell'alveo attivo	Cordella metrica	(m)
Lunghezza e larghezza dell'alveo bagnato	Cordella metrica	(m)
Velocità della corrente	Flussimetro	(m/s)
Profondità media	Paletto graduato	(cm)
Tipologia del substrato	Distinzione in 9 categorie: roccia, massi > 40 cm, massi 20-40 cm, pietre di medie dimensioni 6-20 cm, pietre di piccole dimensioni 2-6 cm, ghiaia, sabbia, argilla, materiale artificiale	%
Mesohabitat	Distinzione in pool, run, riffle, step pool e cascade	%
Ombreggiatura	Visiva	%
Vegetazione ripariale	Distinta in alghe, macrofite sommerse, macrofite emergenti, briofite e vegetazione riparia	%
Presenza di schiume	Visiva	
Mezzi in alveo	Visiva	
Barriere/isole	Visiva	

Rilevamento ed elaborazione dei parametri ambientali

Per ogni stazione sono stati rilevati i parametri morfologici (Tab. VII). Successivamente sono stati rilevati i principali parametri chimico-fisici, quali: Temperatura dell'acqua (°C); Ossigeno disciolto (mg/l); pH; Conducibilità (mS/cm), misurati contestualmente all'esecuzione dei rilievi eseguiti sull'ittiofauna, mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica (Hanna Instruments HI 9828).

Per valutare lo stato complessivo dell'ambiente fluviale e della sua funzionalità è stato applicato l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF). L'IFF si basa sulla descrizione di parametri morfologici, strutturali e biotici, rispet-

to ai quali viene rilevata la funzione del fiume ad essi associata e valutato il grado di allontanamento dalla condizione di massima funzionalità. Esso viene applicato in campo, percorrendo il corso d'acqua a piedi da valle verso monte, identificando di volta in volta i tratti omogenei rispetto alle caratteristiche da rilevare e osservando le due rive, che possono presentare anche caratteristiche notevolmente differenti. I risultati delle osservazioni si riportano in una scheda di rilevamento strutturata in 14 quesiti, relativi alle quattro categorie/tipologie prese in esame. Per ciascuna domanda vengono identificate quattro alternative di risposta, le quali progressivamente indicano la funzionalità ecologica associata a tale fattore. Dalla sommatoria dei punteggi ottenuti si ottiene il valore di I.F.F. (Tab. VIII).

Tab. VIII. Valori di riferimento relativi all'Indice di Funzionalità Fluviale.

Valori di I.F.F.	Livello di funzionalità	Giudizio di funzionalità	Colore di riferimento
261-300	I	Elevato	
251-260	I-II	Elevato-Buono	
201-250	II	Buono	
181-200	II-III	Buono-Mediocre	
121-180	III	Mediocre	
101-120	III-IV	Mediocre-Scadente	
61-100	IV	Scadente	
51-60	IV-V	Scadente-Pessimo	
14-50	V	Pessimo	

Indagine genetica

Per valutare l'attuale diversità e variabilità genetica presente nelle popolazioni di trota sarda è stata effettuata l'analisi dei marcatori mitocondriali (D-loop) e nucleari (LDH e 11 loci microsatelliti), allo scopo di verificare la diffusione delle varianti genetiche alloctone nel genoma delle popolazioni indagate.

Sono stati campionati un totale di 171 esemplari in 29 località, distribuite in 11 bacini fluviali della Sardegna. A questi, come confronto, sono stati aggiunti 46 individui domestici di origine centro-europea rappresentativi dello stock alloctono usato per le attività di ripopolamento e 39 esemplari selvatici puri provenienti da due corsi d'acqua della Corsica. Il DNA genomico è stato estratto e purificato dai frammenti di tessuto seguendo un protocollo di estrazione automatica. Dopo l'estrazione, la concentrazione del DNA è stata

determinata tramite spettrofotometro. Per quanto concerne il DNA mitocondriale (mtDNA), la regione di controllo (D-loop) è stata amplificata tramite PCR (Polymerase Chain Reaction). Le reazioni di amplificazione sono state realizzate attraverso un termociclatore programmabile e la procedura sperimentale è stata eseguita in accordo con il protocollo di Bernatchez & Danzmann (1993)[35]. Lo screening della variabilità genetica mitocondriale è stato condotto su 213 individui attraverso l'analisi SSCP (Single-Strand Conformation Polymorphism). I prodotti di PCR del D-loop sono stati digeriti con l'enzima di restrizione AluI, caricati su un gel non denaturante di poliacrilamide e sottoposti a una corsa elettroforetica della durata di 12 ore effettuata in camera fredda a 5 W costanti. Un sub-campione di individui con lo stesso profilo SSCP è stato sottoposto al sequenziamento dell'intero tratto del D-loop per individuare i siti diagnosti-

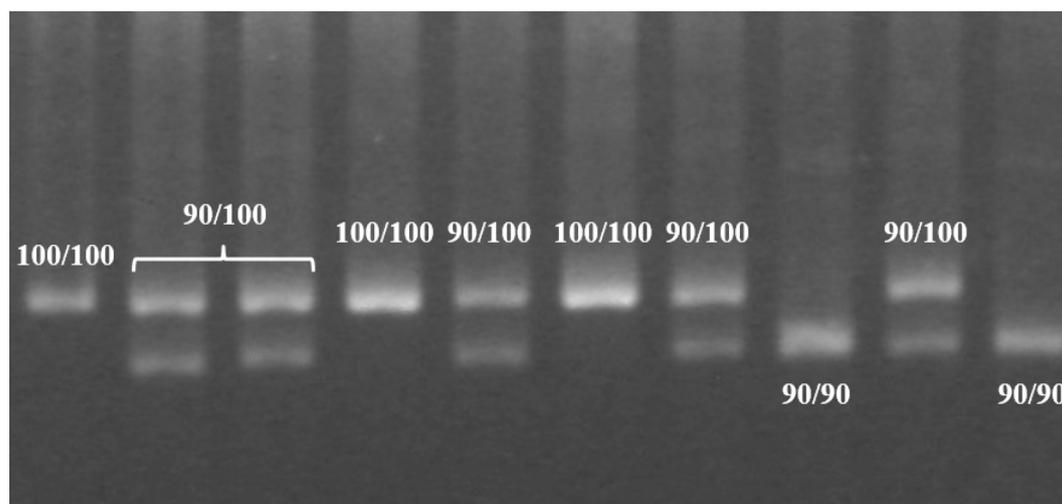


Fig. 17. Analisi del locus LDH-C1* in 10 individui di trota. Gli esemplari contrassegnati con 100/100 sono individui mediterranei puri (N = 3 omozigoti per l'allele 100), quelli con 90/90 sono atlantici puri (N = 2 omozigoti per l'allele 90), mentre gli individui 90/100 sono ibridi fra *Salmo cettii* e *S. trutta* (N = 5 eterozigoti).

ci delle principali linee evolutive del *S. t. complex* e quindi per valutare la frequenza degli aplotipi alloctoni (linea genetica AT e DA) e autoctoni del Bacino Mediterraneo (linee genetiche AD, ME e MA). Il livello d'introggressione è stato calcolato come proporzione tra aplotipi alloctoni rispetto al numero totale di aplotipi osservati in una data popolazione.

Sul totale dei 256 esemplari è stato amplificato un tratto di 440 bp del locus nucleare LDH-C1*, caratterizzato da alleli diagnostici per le popolazioni atlantiche di *S. trutta* (allele *90) e quelle mediterranee di *S. cettii* (allele *100) [36]. L'amplificato è stato quindi digerito con l'enzima di restrizione BslI che non taglia il tratto in questione negli individui omozigoti LDH-C1*100/100, mentre produce due frammenti di restrizione di 360 bp e 80 bp negli omozigoti *90/90, e tre frammenti di 440 bp, 360 bp e 80 bp negli eterozigoti *90/100. I tre genotipi sono stati visualizzati tramite elettroforesi su gel di agarosio al 2% (Fig. 17).

L'analisi del DNA microsatellite è stata effettuata su 255 campioni, utilizzando cinque loci dinucleotidici: Str73, Str60 [37], Ssa85 [38], SsoSL417 [39],

Ssa103NVH (non pubblicato, Genbank n. AF256746) e sei loci tetranucleotidici: SSsp2216, SSsp2213 [40], OMM1064 [41], SsaD190 [42], Ssa410UOS, Ssa408UOS [43]. Il protocollo classico di amplificazione è stato leggermente modificato introducendo un processo denominato touch down, allo scopo di aumentare la specificità della reazione e ridurre al minimo la formazione di amplificati incompleti che possono compromettere l'esatta interpretazione del risultato. Al termine del programma di PCR l'esito dell'amplificazione è stato controllato attraverso una corsa elettroforetica su gel di agarosio al 2%. Una volta accertato l'esito positivo dell'amplificazione, i campioni sono stati sequenziati allo scopo di individuare il numero più probabile di popolazioni (K) rappresentate nel campione totale di trote. L'analisi è stata eseguita attraverso il pacchetto statistico STRUCTURE 2.3.3. A questo proposito è stata valutata la probabilità che il campione fosse rappresentato da 1 a 21 "K" popolazioni. STRUCTURE 2.3.3 è stato utilizzato, inoltre, per calcolare il coefficiente di commistione genetica tra genoma alieno e genoma nativo (q), confrontando ogni popolazione selva-

tica con i campioni domestici. Assumendo che nel campione esaminato vi siano due gruppi genetici distinti ($K = 2$), gli individui domestici mostreranno bassa probabilità di appartenere al cluster nativo ($q = 0$), mentre gli individui autoctoni mostreranno valori prossimi

all'unità. Valori intermedi identificheranno possibili eventi di ibridazione tra i due genomi. L'analisi permette quindi di individuare i livelli di purezza e/o di introgressione genetica all'interno di ogni popolazione.

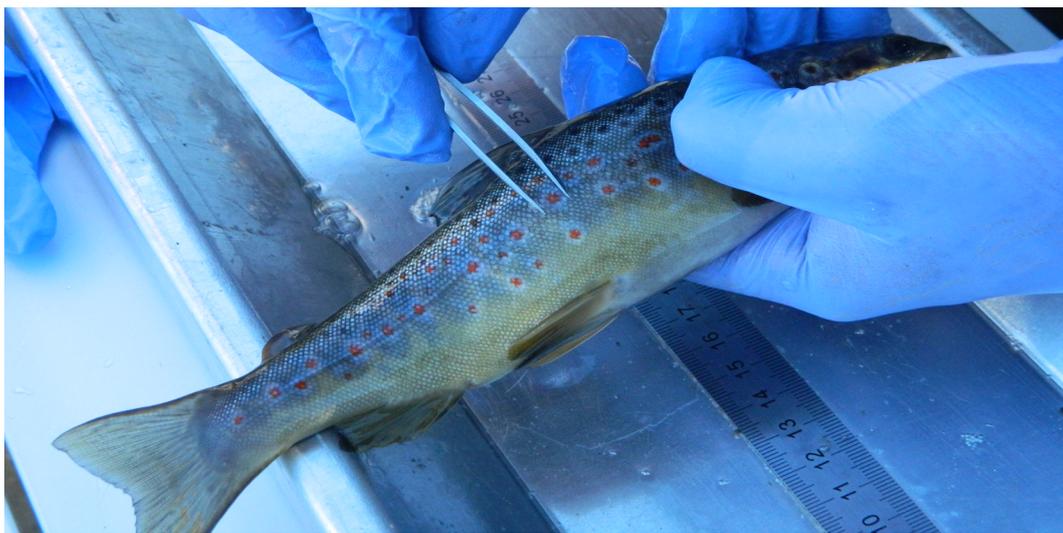


Fig. 18. Fase di prelievo dei tessuti da destinarsi all'analisi genetica da un individuo catturato sul Rio Pedras Fitta.

La livrea criptica della trota sarda

Gruppo di esemplari di trota sarda (*Salmo cettii* Rafinesque, 1810).

La trota sarda riesce a sopravvivere ai periodi di siccità stazionando in piccole pozze a

bassissima profondità. Grazie alla colorazione criptica della livrea riesce a sfuggire ai predatori, mimetizzandosi con il substrato.

RISULTATI

In questa sezione vengono sintetizzati e discussi i dati raccolti durante l'elaborazione della presente Carta Ittica (Vol. I). In particolare si riportano: a) ricostruzione del quadro storico-conoscitivo; b) stazioni di campionamento; c) Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F.); d) sintesi delle specie ittiche censite; e) sintesi sulla consistenza delle popolazioni di salmonidi; f) caratterizzazione genetica delle popolazioni salmonicole; g) popolazioni di trota sarda *S. cettii*. I risultati di tutti i campionamenti condotti sono riportati nella sezione successiva dedicata alla descrizione delle stazioni di campionamento per le diverse U.I.O. (Vol. II).

Ricostruzione quadro storico-conoscitivo

Questa fase ha comportato la ricognizione puntuale e la raccolta del materiale bibliografico, dati e informazioni disponibili, tra cui dati storici, pubblicazioni scientifiche, letteratura grigia e studi di settore disponibili riguardanti, in particolare, la presenza e consistenza delle popolazioni salmonicole in Sar-

degna. L'interesse era quello di definire un quadro storico il più completo possibile, a partire dalle prime informazioni note risalenti alla seconda metà del '700 per la ricostruzione della distribuzione geografica e temporale delle popolazioni ittiche nell'Isola, offrendo la possibilità di comprendere meglio gli eventi che hanno determinato l'attuale distribuzione.

Il lavoro è stato particolarmente oneroso a causa della frammentazione e dispersione della documentazione di interesse presso i diversi Enti pubblici, regionali e locali, Università e centri di ricerca che hanno nel tempo effettuato monitoraggi, ricerche e studi o redatto carte ittiche locali, trattandosi in genere di informazioni reperibili su materiali vari e disomogenei, disponibili su supporto cartaceo o digitali in vari formati. Inoltre, l'identificazione dei siti di riferimento o la localizzazione geografica puntuale dei dati/informazioni, quando non supportata da georeferenziazione accurata o da formulazioni toponomastiche coerenti con quelle oggi utilizzate nel data-base del Portale Sardegna Territorio (PST), ha richiesto un'attenta valutazione sito per sito, prima della validazione del dato.

Complessivamente dal 1777, sebbene i dati puntuali inizino dal 1940, sono stati catalogati 26 lavori tra pubblicazioni scientifiche, tesi universitarie e testi divulgativi a carattere regionale, che hanno consentito di implementare le informazioni sull'ittiofauna dei fiumi della

Sardegna per un totale di 812 stazioni di campionamento (Tab. IX).

In particolare, lo studio dei dati più recenti (1990-2016) di presenza e assenza delle popolazioni di trota ha consentito di ridurre lo sforzo di campionamento considerando come dati validi solo

Tab. IX. Fonti bibliografiche raccolte.

Numero	Fonte bibliografica	N° stazioni	Descrizione delle popolazioni salmonicole
1	Cetti, 1777	ND	morfologica
2	Casalis, 1836	ND	morfologica
3	Vinciguerra, 1895	ND	morfologica
4	Mola, 1928	ND	morfologica
5	Pomini, 1940	9	morfologica
6	Spano, 1959	ND	morfologica
7	Manca, 1965	1	morfologica
8	Cottiglia, 1968	228	morfologica
9	Cau et al., 1995	114	morfologica
10	Cau et al., 1997	64	morfologica
11	Cau et al., 2001	46	morfologica
12	Hydrocontrol, 2004	29	morfologica
13	Sabatini et al., 2006	4	genetica
14	Zanetti et al., 2007	62	genetica
15	Massidda & Orrù, 2008	11	morfologica
16	Casula et al., 2010	27	genetica
17	Puzzi et al., 2010	23	morfologica
18	ARPAS, 2011	25	morfologica
19	Massidda & Orrù, 2011	17	morfologica
20	Sabatini et al., 2011	7	genetica
21	ARPAS, 2012	4	morfologica
22	Zirichiltaggi, 2012	62	morfologica/genetica
23	Sabatini et al., 2014	4	morfologica/genetica
24	Puzzi et al., 2015	60	genetica
25	Sabatini et al., 2015	11	morfologica/genetica
26	Sabatini et al., 2016	4	morfologica/genetica

quelli supportati da analisi genetiche e ripetuti ex novo se precedentemente effettuati mediante classificazione morfologica.

I dati dei campionamenti ittici raccolti sono stati suddivisi in 2 periodi storici, dal 1940 al 1970 e dal 1990 al 2016. Tale suddivisione temporale dei dati ha permesso di rilevare la distribuzione storica in termini di presenza/assenza delle popolazioni di trota e contestualmente di osservare come è cambiata la distribuzione spaziale nel tempo. Dal confronto di questi 2 periodi storici (Fig. 19, 20) è evidente come l'areale di distribuzione della specie si sia fortemente ridotto.

Nonostante negli ultimi 30 anni lo sforzo di campionamento sia stato maggiore, la presenza di salmonidi sembrerebbe drasticamente ridotta e concentrata nelle zone montane più interne dell'isola. Gli approcci metodologici, relativi alla caratterizzazione delle popolazioni salmonicole, sono stati condotti nella maggior parte degli studi su base morfologica (N=97), mentre le indagini genetiche hanno interessato solamente 68 stazioni di campionamento e concentrate nel periodo storico che va dal 1990 al 2016.

Tra le popolazioni di trota caratterizzate geneticamente è importante osservare come queste siano contraddistinte da alti livelli di ibridismo o da popolazioni completamente alloctone di origine domestica (ceppo AT) (Fig. 21).

Nei dati precedenti al presente lavoro, le uniche popolazioni numericamente consistenti esenti da ibridazione furono censite nelle U.I.O. del Flumini Mannu di Cagliari (Riu Camboni e suoi affluenti) e nell' U.I.O. dei Minori tra il Flumini Mannu ed il Palmas (Riu Pula e affluenti) [25, 26, 27]. Individui esenti da introggressione furono anche rinvenuti nel bacino idrografico del Flumendosa (Riu S'acqua callenti e Fiume Flumendosa a monte dell'invaso) e in quello del Temo (Riu Ponte Enas) [44, 45].

La totalità delle informazioni ottenute dall'analisi dei dati storici ha consentito di originare una base dati complessiva di riferimento. Successivamente, attraverso un lavoro di approfondimento e comparazione dei dati, è stata rivalutata e aggiornata la probabile situazione distributiva della trota sarda. Sulla base di questa rivisitazione è stata eseguita la scelta delle stazioni di campionamento.

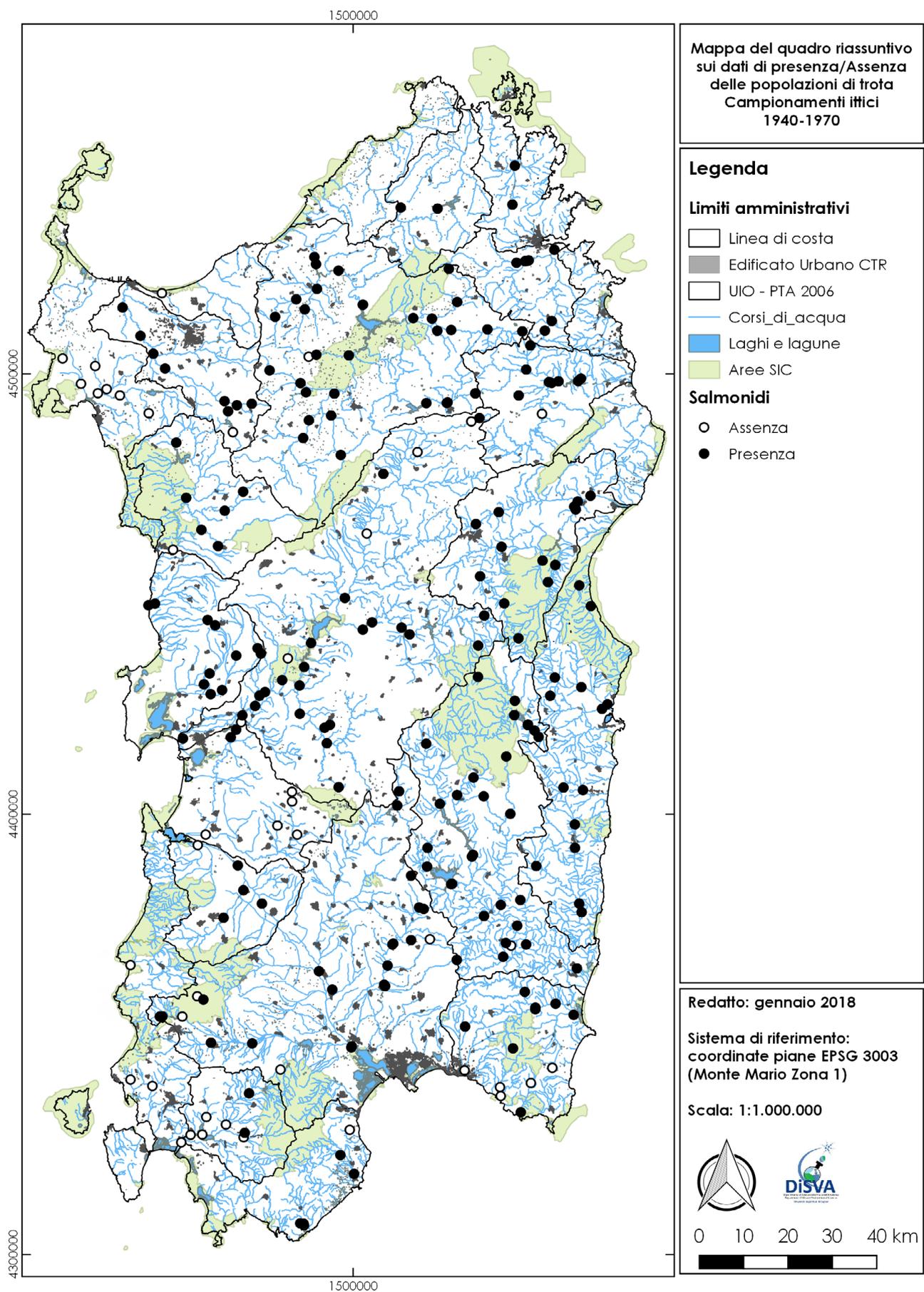


Fig. 19. Carta della distribuzione geografica delle popolazioni di trota tra il 1940 e il 1970. Dati di presenza/assenza.

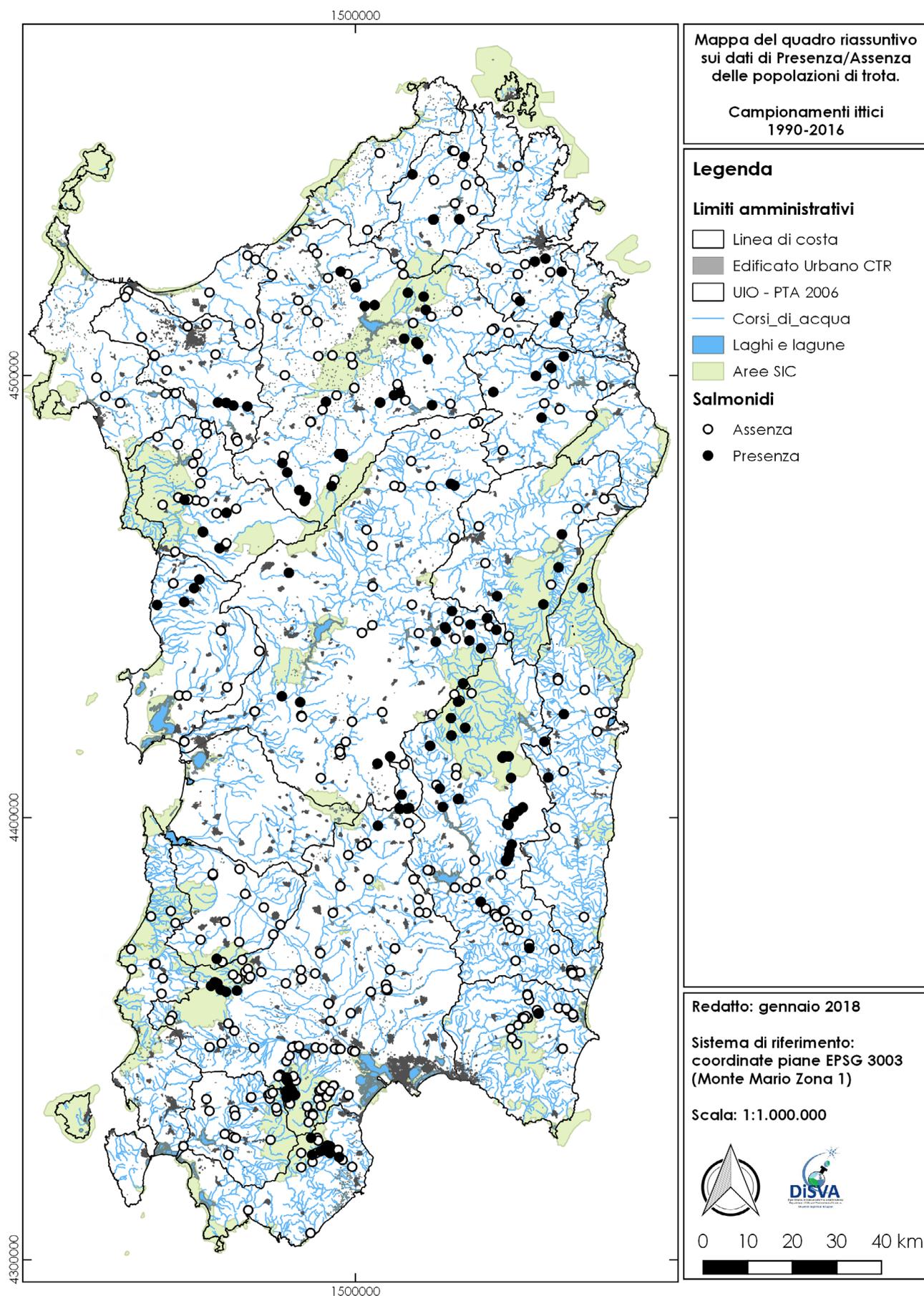


Fig. 20. Carta della distribuzione geografica delle popolazioni di trota tra il 1990 e il 2016. Dati di presenza/assenza.

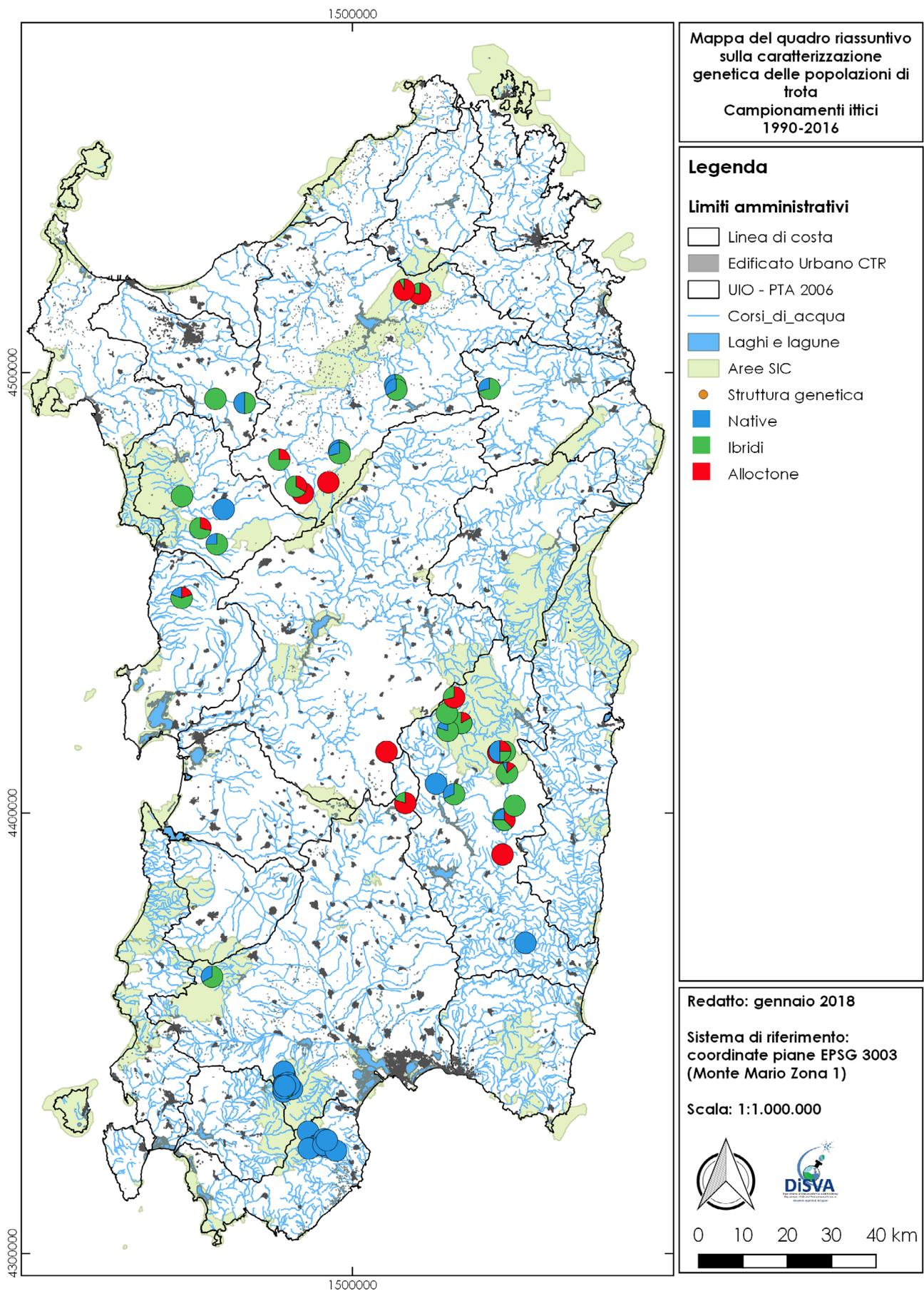


Fig. 21. Carta della caratterizzazione genetica delle popolazioni di trota campionate tra il 1990 e il 2016.

Stazioni di campionamento

Le attività di monitoraggio sono state condotte in 81 stazioni di campionamento distribuite su 59 corsi d'acqua dell'isola (Fig. 22). Tali stazioni sono state considerate le più idonee sulla base dei risultati ottenuti durante la fase conoscitiva in quanto mostravano la presenza di popolazioni di Salmonidi. I campionamenti sono stati condotti per la maggior parte durante i periodi di magra, tra giugno 2016 e novembre 2017, in modo da ottimizzare l'efficienza di cattura dello strumento.

Nella carta seguente viene riportata la distribuzione delle stazioni di campionamento scelte (Fig. 23).

Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F.)

La caratterizzazione ambientale dei corpi idrici dulciacquicoli a vocazione salmonicola della Sardegna è relativa a 81 stazioni di campionamento in 58 corsi d'acqua distribuiti in 21 bacini idrografici. In queste stazioni sono stati raccolti, nell'ambito delle campagne del 2016 e 2017, dati ambientali, fisico-chimici e biologici.

In particolare l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) è stato applicato nel 79% delle stazioni individuate per una lunghezza totale di tratti indagati pari a circa 7.6 km. L'applicazione dell'indice ha evidenziato un'elevata funzionalità



Fig. 22. Fase di campionamento lungo il Riu Flumineddu.

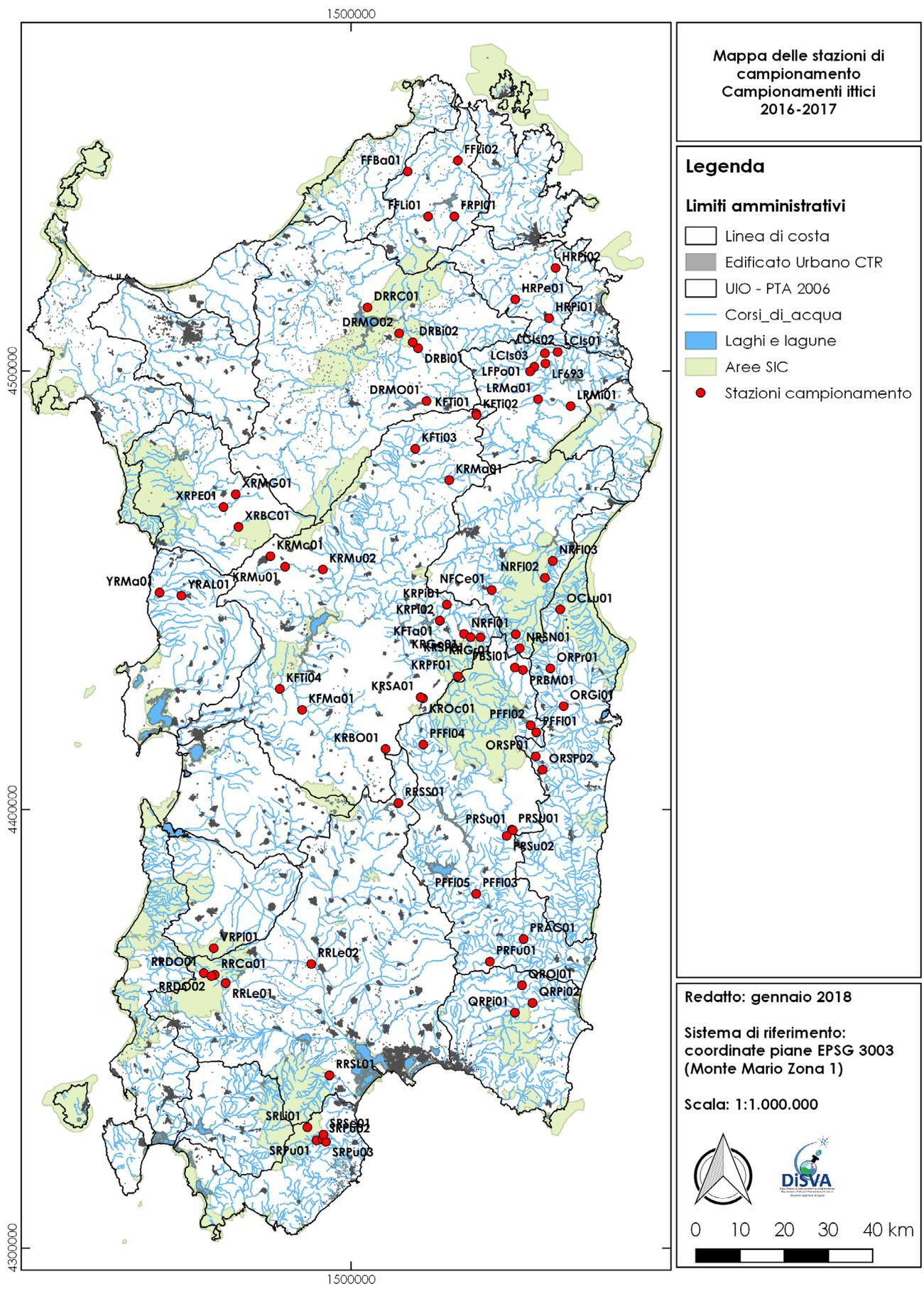


Fig. 23. Carta delle stazioni di campionamento indagate nel presente lavoro.

e naturalità dei corsi d'acqua indagati che nell'57% corrispondono ad un giudizio elevato e buono. Il 12% delle stazioni campionate mostra giudizi compresi tra il buono ed il mediocre, mentre ambiti fluviali a valenza ecologica mediocre sono stati identificati sul 13% degli ambienti osservati (Fig. 24, 25). Tale fotografia mostra come gli ambienti fluviali indagati siano di particolare pregio ambientale e caratterizzati da un'elevata naturalità. L'individuazione di ambiti fluviali a valenza ecologica mediocre consente inoltre di identificare i tratti in cui la funzionalità, solo in parte compromessa, può essere recuperata mediante interventi di riqualificazione fluviale.

Sintesi delle specie ittiche censite

In totale sono stati catturati 1891 esemplari di fauna ittica per un totale di 20 taxa appartenenti a 11 famiglie (Tab. X).

L'elenco delle specie ittiche rilevate comprende una forma autoctona ad ampia valenza ecologica (anguilla), due forme autoctone eurialine (latterino e cagnetta), due forme alloctone della famiglia dei Centrarchidi (persico sole e persico trota), una forma alloctona tipica dei fondali lentici (cobite), cinque specie tipiche della zona dei ciprinidi alloctoni (alborella, carassio, carpa,



Fig. 24. Esempi di giudizi di funzionalità. In alto a sinistra: Elevato - Riu Codula di Luna (OCLu01); in alto a destra: Elevato/Buono - Riu di Pula (SRPu01); in basso a sinistra: Buono/Mediocre - Riu Mannu (LRMa01); in basso a destra: Mediocre - Fiume Massari (KFMa01).

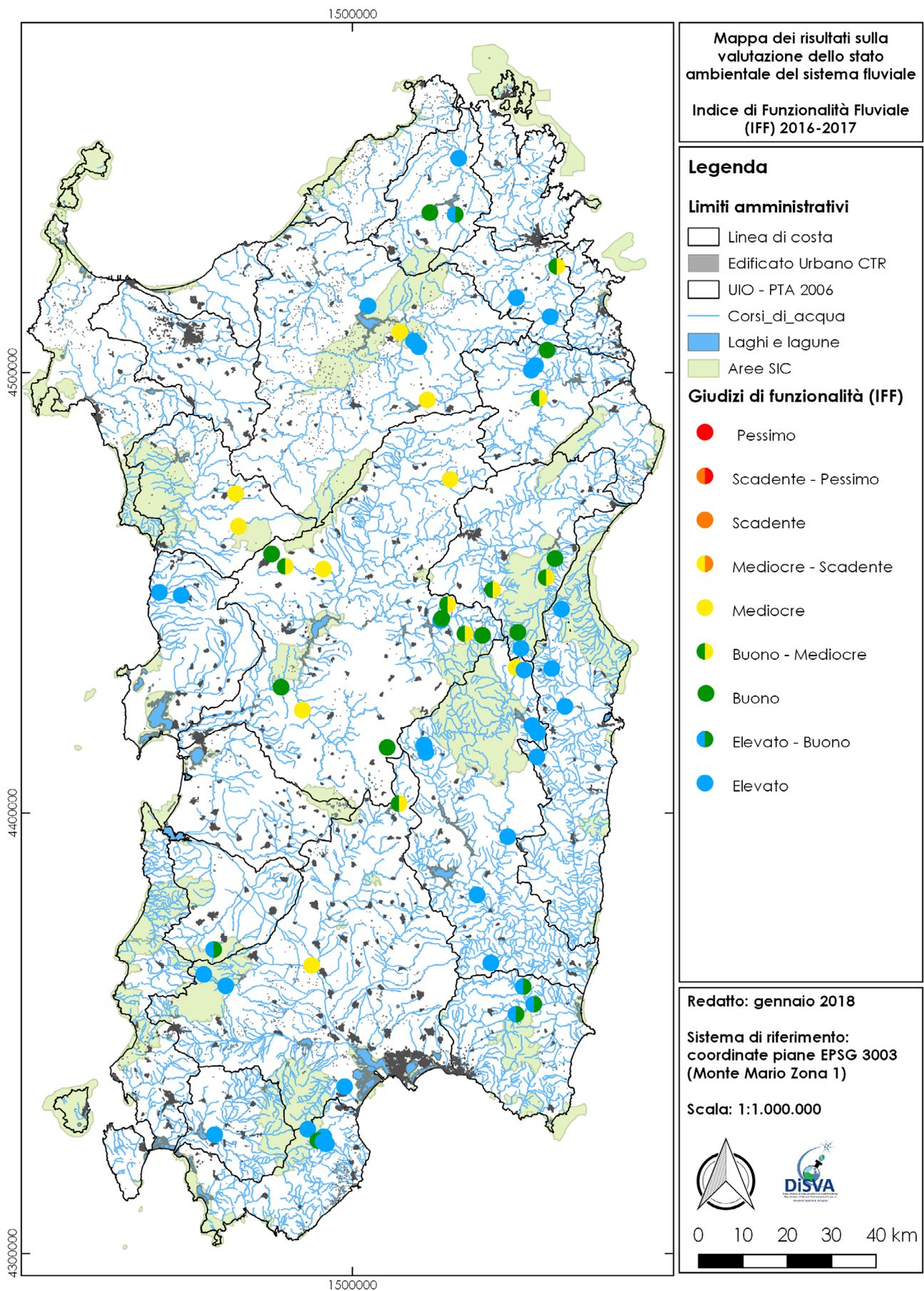


Fig. 25. Carta dei risultati dello stato ambientale dei corsi d'acqua mediante applicazione dell'I.F.F.

scardola e tinca), una forma autoctona appartenente alla famiglia dei Gasterosteidi (spinarello), una specie alloctona appartenente alla forma degli Ictaluridi (pesce gatto), una forma alloctona risalente alla famiglia dei Percidi (persico), una forma alloctona appartenente alla famiglia dei Pecilidi (gambusia), tre

forme alloctone appartenenti alla zona a Salmonidi (trota iridea, fario e ibrida) e una forma autoctona (trota sarda).

Il taxon *S. t. complex* comprende tutte le varianti aplo-tipiche del genere *Salmo*. La specie autoctona *Alosa fallax* (cheppia) non è stata rinvenuta durante il presente studio, essendoci concentra-

Tab. X. Fonti bibliografiche raccolte.

N.	Specie	Nome comune	Famiglia
1	<i>Anguilla anguilla</i> (I)	Anguilla	<i>Anguillidae</i>
2	<i>Atherina boyeri</i> (I)	Latterino	<i>Atherinidae</i>
3	<i>Salaria fluviatilis</i> (I)	Cagnetta	<i>Blenniidae</i>
4	<i>Lepomis gibbosus</i> (A)	Persico sole	<i>Centrarchidae</i>
5	<i>Micropterus salmoides</i> (A)	Persico trota	<i>Centrarchidae</i>
6	<i>Cobitis taenia</i> (A)	Cobite	<i>Cobitidae</i>
7	<i>Alburnus a. alborella</i> (A)	Alborella	<i>Cyprinidae</i>
8	<i>Carassius auratus</i> (A)	Carassio	<i>Cyprinidae</i>
9	<i>Cyprinus carpio</i> (A)	Carpa	<i>Cyprinidae</i>
10	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (A)	Scardola	<i>Cyprinidae</i>
11	<i>Tinca tinca</i> (A)	Tinca	<i>Cyprinidae</i>
12	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (I)	Spinarello	<i>Gasterosteidae</i>
13	<i>Ameiurus melas</i> (A)	Pesce gatto	<i>Ictaluridae</i>
14	<i>Perca fluviatilis</i> (A)	Persico	<i>Percidae</i>
15	<i>Gambusia holbrooki</i> (A)	Gambusia	<i>Poeciliidae</i>
16	<i>Esox cisalpinus</i> (A)	Luccio	<i>Salmonidae</i>
17	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (A)	Trota iridea	<i>Salmonidae</i>
18	<i>Salmo cettii</i> (I)	Trota sarda	<i>Salmonidae</i>
19	<i>Salmo trutta</i> (A)	Trota fario	<i>Salmonidae</i>
20	<i>Salmo trutta complex</i> (A)	Trota ibrida	<i>Salmonidae</i>

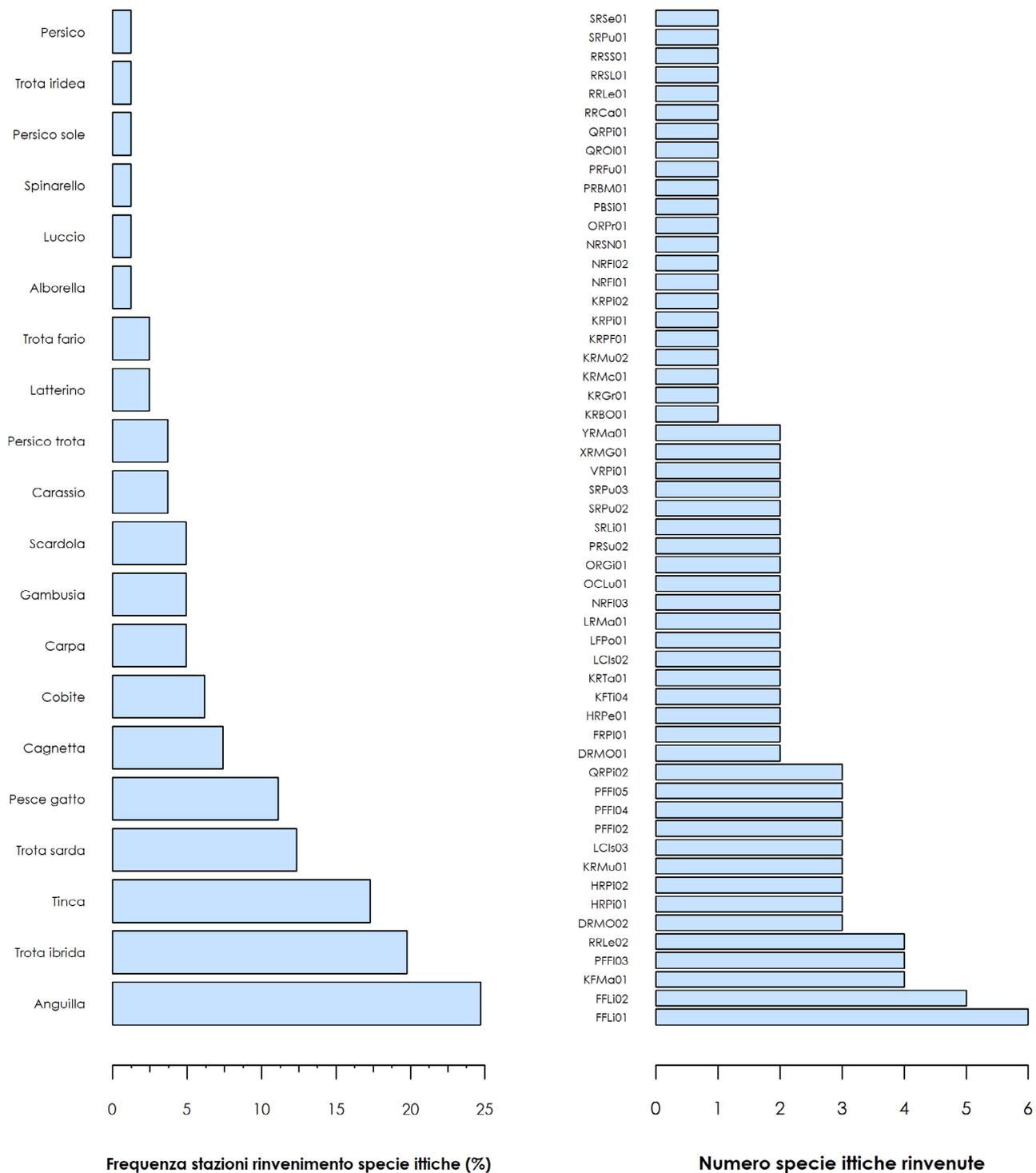


Fig. 26. Frequenza percentuale delle stazioni di rinvenimento delle specie ittiche nei corsi d'acqua montani della Sardegna e numero di specie ittiche rinvenute in ciascuna stazione di campionamento.

ti sui tratti montani a vocazione salmo-nicola, difficilmente raggiungibili per la cheppia, sia in termini di distanza dalla foce che per la presenza di sbarramenti artificiali che interrompono la continuità fluviale. Il Prof. Cottiglia nel suo lavoro risalente al 1968 rilevò la presenza stagionale della specie in diversi corsi d'acqua della Sardegna [46]. Anche il Prof. Cau nel 1995 segnalò la cattura di pochi individui, attribuendo la scarsità delle catture principalmente alla costruzione di sbarramenti artificiali che impediscono la naturale migrazione della specie [28]. La specie è stata segnalata più recentemente nella Carta Ittica della Provincia di Cagliari del 2007 [44]. Attualmente la specie è presente in alcuni laghi artificiali dove è rimasta confinata (Lago Omodeo, Lago del Medio Flumendosa) [7, 29].

Si segnala per la prima volta il rinvenimento della specie alloctona *E. cisalpinus* in un tratto del Fiume Flumendosa. La popolazione è risultata costituita

prevalentemente da individui giovanili. Il tratto di fiume indagato possiede caratteristiche idonee e ottimali per costituire un'area di nursery confermate dall'ulteriore cattura anche di novellame di trota. Si pensa che gli avannotti di luccio risalgano il fiume dall'omonimo lago (Alto Flumendosa). In questo lavoro è stato accertato il rilascio del luccio a partire dal 2014 come riportato nel lavoro di Casu et al. [47]. Oltre alle specie ittiche, nel corso dei campionamenti sono stati rilevati anche dei crostacei decapodi alloctoni della specie invasiva *Procambarus clarkii* nella stazione sul Riu Mannu di Oschiri (DRMO02) nell'U.I.O. del Coghinas, Riu de su Piricone (HRPi02) nell'U.I.O. del Padrongiano, Rio di Santa Lucia (RRSL01) e nel Rio Leni (RRLe02), entrambi ricadenti nell'U.I.O. del Flumini Mannu (Fig. 26).

Dal presente studio si evince come, nelle stazioni campionate, le specie alloctone dominano in modo preoc-

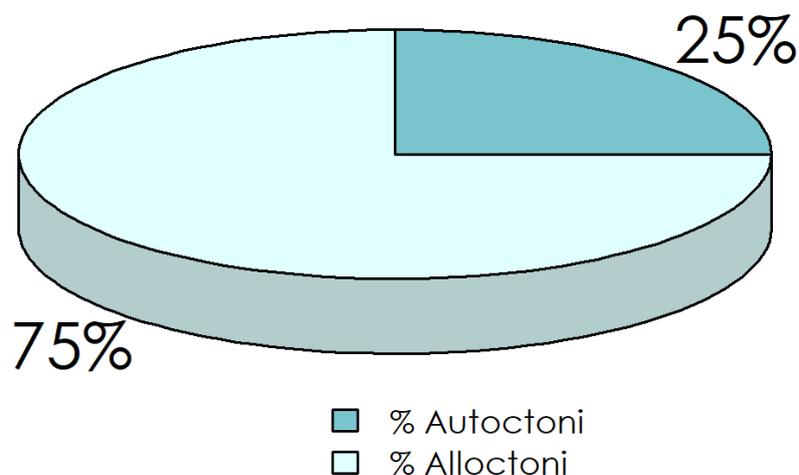


Fig. 27. Distribuzione percentuale delle specie ittiche, in autoctone e alloctone.

cupante i corsi d'acqua della Sardegna rappresentando il 75% rispetto al totale delle specie ittiche rinvenute, contro il restante 25% costituito dalle specie autoctone (Fig. 27). Relativamente alla occorrenza (frequenza di rinvenimento per stazione) la specie più frequente è risultata l'anguilla (24.69%), seguita, se si esclude la trota, da tinca (17.29%) e pesce gatto (11.1%).

Valori elevati sono stati ottenuti anche per la trota ibrida (19.75%) e la trota sarda (12.35%) ma che sono da considerarsi sovrastimati dal disegno di campionamento in quanto indirizzato verso le acque a salmonidi.

Le restanti specie sono risultate presenti con valori inferiori al 10% (Fig. 28). Per quanto riguarda il numero di specie ittiche rinvenute per ogni stazione

di campionamento, la massima biodiversità ittica è stata rilevata nella stazione più a monte posizionata sul Fiume Liscia (FFLi01), che ha fatto registrare la presenza di 6 specie tutte di origine alloctona (pesce gatto, persico, cobite, persico trota, trota ibrida e scardola). Segue la stazione nel Fiume Liscia, nel tratto poco più a valle (FFLi02) in cui sono state catturate 5 specie, di cui tre alloctone (pesce gatto, scardola e tinca) e due autoctone (anguilla e latterino).

In tre stazioni sono state catturate 4 specie ittiche, il Fiume Massari (KFMa01) appartenente all'U.I.O. del Tirso, il Fiume Flumendosa (PFFl03), seguiti infine dal Rio Leni (RRLe02) appartenente all'U.I.O. del Flumini Mannu.

In 22 stazioni invece la componente faunistica è risultata monospecifica.



Fig. 28. Specie alloctone rinvenute nei siti di campionamento. In alto a sinistra: Giovane esemplare di *E. cisalpinus* catturato nel Fiume Flumendosa a monte della Diga di Bau Muggerris. Nella foto è possibile osservare la predazione eseguita nei confronti di un avannotto di trota. In alto a destra: esemplare di *C. auratus* catturato nel Riu Murtazzolu in località Oddetta. In basso a sinistra: esemplari di pesce gatto (*A. melas*) catturati nel Riu Ollastu (QROl01), affluente del Rio Picocca. In basso a destra: individuo di *M. salmoides* rinvenuto nel Fiume Flumendosa (Ballao).

Sintesi sulla consistenza delle popolazioni di salmonidi

La consistenza delle popolazioni di Salmonidi osservata nelle diverse Unità Idrografiche della Sardegna ha evidenziato una situazione alquanto variegata con siti in cui sono presenti popolazioni abbondanti e discretamente strutturate e siti, la maggior parte di quelli indagati, che mostrano situazioni alquanto alterate principalmente a causa della scarsità di acqua.

I censimenti condotti in questo lavoro, confrontati con quelli storici (Fig. 19, 20, 21), mostrano una generale riduzione dell'areale di distribuzione delle popolazioni di trota. Nel presente lavoro la presenza di Salmonidi è stata rilevata prevalentemente nelle aree più interne dell'isola, anche se sono mancati dati di presenza nelle stazioni posizionate più a valle. In particolare sono state censite popolazioni di trota nelle U.I.O. del Liscia, del Padrongiano, del Tirso, del

Posada, del Cedrino, dei Minori tra Cedrino e Flumendosa, del Flumendosa, del Flumini Mannu, dei Minori tra il Flumini Mannu ed il Palmas, del Flumini Mannu di Pabillonis e del Temo, tanto in ambienti torrentizi e prossimi alla sorgente che in settori lentici e collinari (Fig. 29).

Nei siti indagati più montani, a vocazione prevalentemente salmonicola, è stata riscontrata la presenza di comunità monospecifiche a Salmonidi. Al contrario, nei siti più a valle e vicini ai laghi, aumenta la componente alloctona costituita per la maggior parte da Ciprinidi, andando a costituire comunità multispecifiche, in cui la trota risente particolarmente della competizione con altre specie.

Complessivamente, delle 81 stazioni sono state campionate popolazioni salmonicole nel 34.1% dei siti indagati (Fig. 29). Da segnalare la presenza di una popolazione di trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) rinvenuta nel Riu su Nurrone (NRSN01) riscontrata nella parte alta del bacino idrografico del Cedrino.

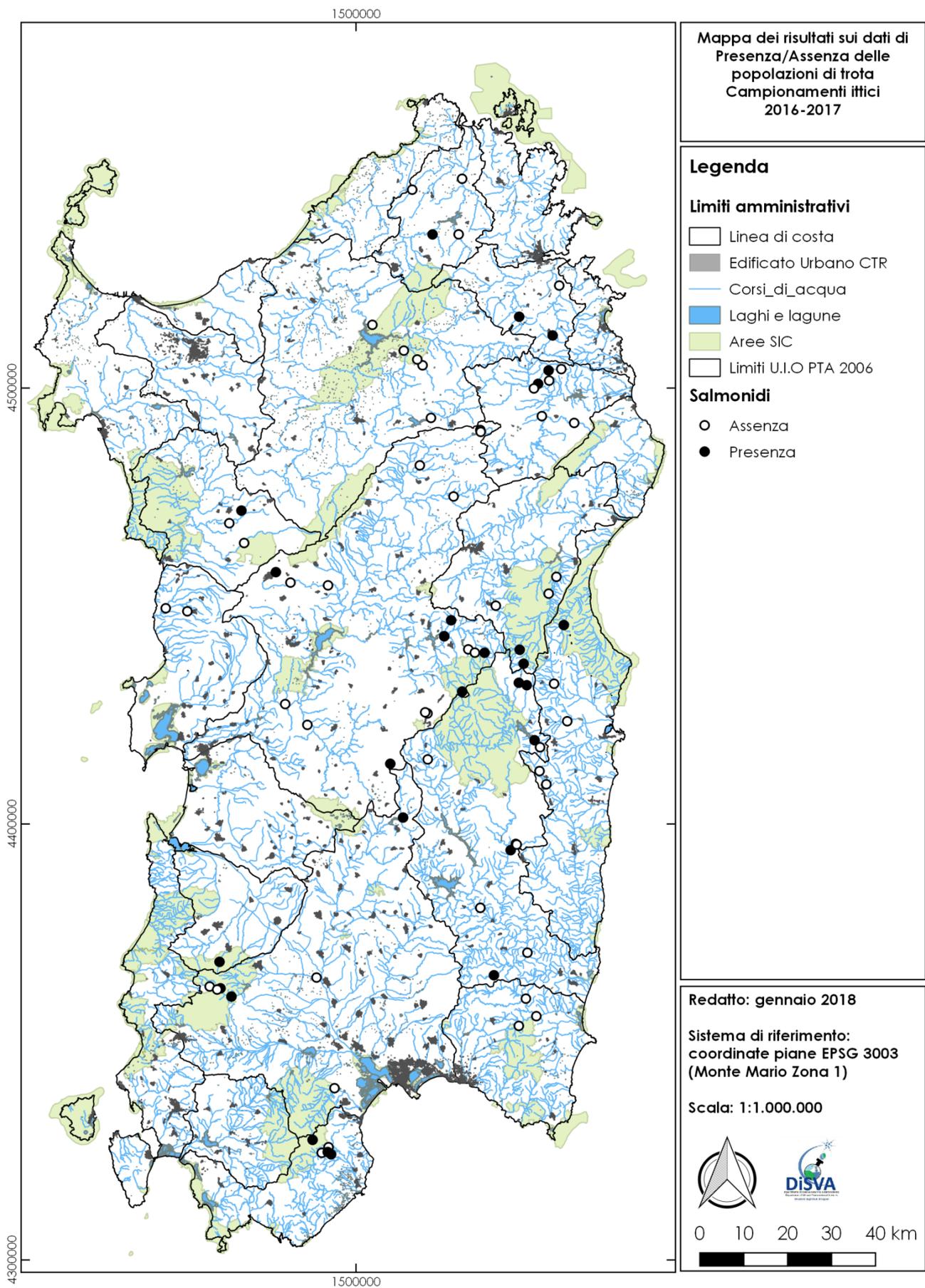


Fig. 29. Carta di distribuzione dei salmonidi.

Caratterizzazione genetica delle popolazioni salmonicole

I risultati delle analisi genetiche condotte su esemplari di trota provenienti da 29 località di campionamento in 11 bacini idrografici della Sardegna (Liscia, Posada, Riu Codula de Luna, Tirso, Flumendosa, Cedrino, Padrongiano, Temo, Flumini Mannu di Pabillonis, Flumini Mannu e Riu Pula), sono stati messi a confronto con quelli ottenuti in individui provenienti da 2 bacini della Corsica (Prunelli e Vecchio) e da due troticolture (Tab. XI). Per valutare l'attuale struttura genetica delle popolazioni di trota sarda, lo studio è stato condotto tramite l'uso di marcatori mitocondriali (D-loop) e nucleari (LDH e 11 loci microsatelliti), allo scopo di verificare la diffusione delle varianti genetiche alloctone nel genoma delle

popolazioni di trota native della Sardegna. La trota sarda nativa è caratterizzata dall'aplotipo AD, a trasmissione matrilineare e definito dall'analisi dei marcatori mitocondriali (mt-DNA), in associazione con l'allele LDH-C*100, definito tramite analisi dei marcatori nucleari.

Le informazioni riguardanti il DNA mitocondriale hanno evidenziato la presenza di aplotipi nativi (AD) in campioni provenienti dai corsi d'acqua del Cedrino (NRFl01), Flumini Mannu di Pabillonis (VRPi01), Flumendosa (PRFu01, PRBM01), Pula (SRLi01, SRPu02, SRPu03), Posada (LCIs02, LCIs03), Padrongiano (HRPe01, HRPi01), Flumini Mannu di Cagliari (RRCa01 e RRLe01) e Tirso (KRGr01, KRTa01) (Fig. 30 e 31). Al contrario, la diffusione degli aplotipi di origine atlantica (AT) e danubiana (DA), ritrovati negli altri campioni, sono la chiara conseguenza di semine di trota effettuate con materiale d'allevamento

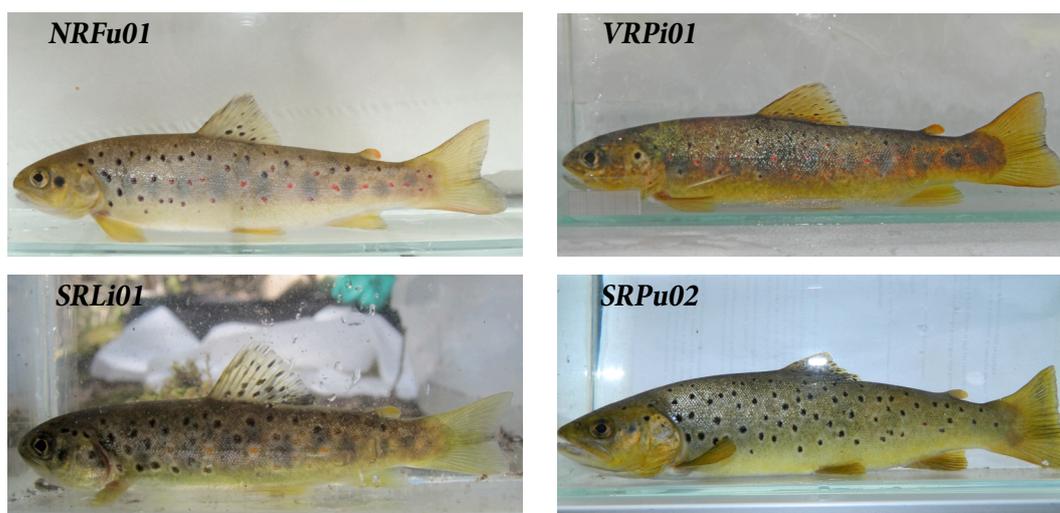


Fig. 30. Esemplari di trota sarda catturati nel Riu Furittu (in alto a sinistra); Riu Piras (in alto a destra); Riu Litteras (in basso a sinistra); Riu Pula (in basso a destra).

Tab. XI. Quadro riassuntivo dei campionamenti. Da sinistra a destra sono indicati: il codice della stazione, il nome del fiume, il nome del bacino idrografico e le dimensioni del campione analizzato con i tre marcatori molecolari (n = LDH-C1*; mtDNA = D-loop; mc = microsatteliti).

ID Stazione	Fiume	Bacino Idrografico	N. n	N. mtDNA	N.mc
NRFI01	Riu Flumineddu	CEDRINO	18	16	18
VRPi01	Riu Piras	FLUMINI MANNU DI PABILLONIS	17	17	17
PRFu01	Riu Furittu	FLUMENDOSA	5	5	5
SRLi01	Riu Litteras	PULA	12	12	12
SRPu02	Rio di Pula	PULA	7	7	7
SRPu03	Rio di Pula	PULA	1	1	1
PRBM01	Riu Bau Mandara	FLUMENDOSA	1	1	1
LCIs03	Canale dell'Iserno	POSADA	1	1	1
LCIs02	Canale dell'Iserno	POSADA	1	1	1
HRPe01	Riu Pelasole	PADRONGIANO	1	1	1
KRPi02	Riu Pirasteddu	TIRSO	1	1	1
HRPi01	Riu de su Piricone	PADRONGIANO	13	10	12
RRCa01	Riu Cannisoni	FLUMINI MANNU	8	8	8
KRGr01	Riu Gremanu	TIRSO	4	3	4
RRLe01	Torrente Leni	FLUMINI MANNU	2	2	2
PRSt01	Riu Stanali	FLUMENDOSA	2	2	2
OCLu01	Riu Codula de Luna	RIU CODULA DE LUNA	8	8	8
XRMG01	Riu Matta Giuanna	TEMO	6	0	6
PBSi01	Bacu Silacacero	FLUMENDOSA	5	5	5
KRTa01	Fiume Taloro	TIRSO	6	6	6
KRPF01	Rio Pedras Fitta	TIRSO	7	7	7
KRPi01	Riu Pirasteddu	TIRSO	2	2	2
FFLI01	Liscia	LISCIA	1	1	1
PFFI03	Fiume Flumendosa	FLUMENDOSA	4	4	4
PRSu02	Riu Su Luda	FLUMENDOSA	4	4	4
RRSS01	Riu su Salixi	FLUMINI MANNU	12	12	12
PFFI02	Fiume Flumendosa	FLUMENDOSA	10	9	10
KRBO01	Rio Bau Onu	TIRSO	5	5	5
KRMc01	Riu di Macomei	TIRSO	7	7	7
VE	Ese	PRUNELLI	19	19	19
VIV	Speloncello	VECCHIO	20	20	20
HAT1	Troticoltura1	CANTIANO	26	8	26
HAT2	Troticoltura2	VISSO	20	8	20
Totali			256	213	255

di origine alloctona. Gli aplotipi atlantici sono gli unici presenti nei campioni domestici usati a scopo comparativo nella presente analisi e la linea genetica AT è anche molto diffusa in alcune popolazioni selvatiche nei bacini Tirso, Flumendosa, Flumini Mannu di Cagliari e Liscia. Per quanto riguarda l'aplotipo MA, osservato in un singolo individuo nel Rio Pirasteddu (KRPi01), non è stato possibile stabilire se la sua presenza sia di origine naturale o antropica. La linea evolutiva MA, infatti, è stata osservata in Corsica [24, 25, 48] e considerata l'affinità filogeografica fra le due isole, non è da escludere che possa rappresentare un aplotipo nativo anche se la sua bassa diffusione (presente in un solo sito) ci farebbe propendere per l'origine alloctona.

La diffusione dell'allele nativo LDH-C*100 evidenzia uno scenario simile a quello descritto per il mt-DNA, confermando che in alcuni corsi d'acqua della Sardegna la variabilità genetica originaria della trota è ancora ampiamente diffusa malgrado il massiccio utilizzo di trote atlantiche per i ripopolamenti. I campioni selvatici, in cui la variabilità genetica originaria è risultata esclusiva e con numerosi-

ità campionaria rappresentativa, sono risultati quelli provenienti dai bacini idrografici: Cedrino (NRFl01), Flumini Mannu di Pabillonis (VRPi01), Flumendosa (PRFu01) e del Pula (SRLi01, SRPu03, SRPu02). Queste rappresentano nuove popolazioni pure che vanno ad aggiungersi alla popolazione presente nel Rio Camboni (Bacino idrografico del Cixerri) e suoi affluenti già identificate in precedenti indagini [25, 26, 27]. L'allele nativo LDH-C*100 in associazione con l'aplotipo AD è stato rilevato in altri 4 siti di indagine (Flumendosa - PRBM01, Padrongiano - HRPe01, Posada - LCIs03, LCIs02) ma la numerosità del campione è insufficiente per poter confermare statisticamente che si tratti di popolazioni esenti da ibridazione. Viceversa, l'unico individuo rinvenuto nel Rio Pirasteddu (KRPi02), bacino del Tirso, è da considerarsi ibrido in quanto mostra un locus nucleare LDH-C*omozigote 100/100 (nativo) associato ad un aplotipo AT di origine alloctona. Tale dato è confermato dal campionamento condotto più a monte sempre sul Rio Pirasteddu (PKRPi01) in cui la variabilità alloctona viene ulteriormente evidenziata dalla presenza dell'aplotipo AT (alloctono) e MA

(di dubbia origine). Basse percentuali di ibridazione (presenza esclusiva dell'aplotipo AD e frequenza dell'allele nucleare LDH-C*100 maggiore del 75%), pertanto da tenere sotto osservazione per futuri interventi gestionali, sono state rinvenute nei siti del bacino del Padrongiano (Riu de su Piricone – HRPi01), bacino del Tirso (Riu Gremannu – KRGr01), bacino del Rio Mannu di Cagliari (Riu Cannisoni – RRCa01 e Torrente Leni – RRLe01). Al contrario, i restanti siti del Flumendosa, Tirso e Flumini Mannu di Cagliari ospitano le popolazioni più fortemente caratterizzate dalla presenza dall'allele atlantico (allele *90), che in alcuni siti raggiunge la frequenza del 100%. Probabilmente, la maggior diffusione della variabilità genetica alloctona è conseguenza di una più intensa attività di ripopolamento in questi bacini.

L'analisi condotta attraverso 11 microsatelliti ha messo in evidenza che nel reticolo idrografico indagato le popolazioni di trota native e quelle domestiche non hanno raggiunto una condizione di panmissia. Questo tipo di approfondimento tende a caratterizzare in modo puntuale le differenze genetiche tra le popolazioni evidenziando i

gruppi (cluster) genetici di appartenenza per ogni singolo individuo (Fig. 32). Il risultato di tale analisi è in linea con quanto osservato con gli altri marcatori molecolari: infatti, le popolazioni che mostravano alte frequenze sia di aplotipi mitocondriali alloctoni sia dell'allele *90 sono risultate affini alle popolazioni domestiche in tutte le K strutture individuate (cluster autoctono azzurro, in figura 31). Allo stesso modo, le popolazioni con l'esclusiva presenza di alleli e aplotipi nativi non sono mai state associate con le popolazioni domestiche che si raggruppano separatamente fra loro, evidenziando una differenziazione solo a livello di singoli bacini. L'esito delle simulazioni ha indicato come più probabile la presenza di tre gruppi principali (K=3, un cluster alloctono e 2 cluster autoctoni) e di due sottostrutture genetiche (evidenziate per K=5 e K=7). Per la sottostruttura composta da cinque "gruppi" (K=5) i cluster autoctoni si suddividono in quattro gruppi genetici che separano i campioni della Corsica (1 cluster) dai campioni sardi (tre cluster): i) il primo cluster del fiume Pula (SRLi01, SRPu02, SRPu03) ii) il secondo raggruppa i campioni nel bacino del Cedrino (Riu Flumineddu - NRFi01),

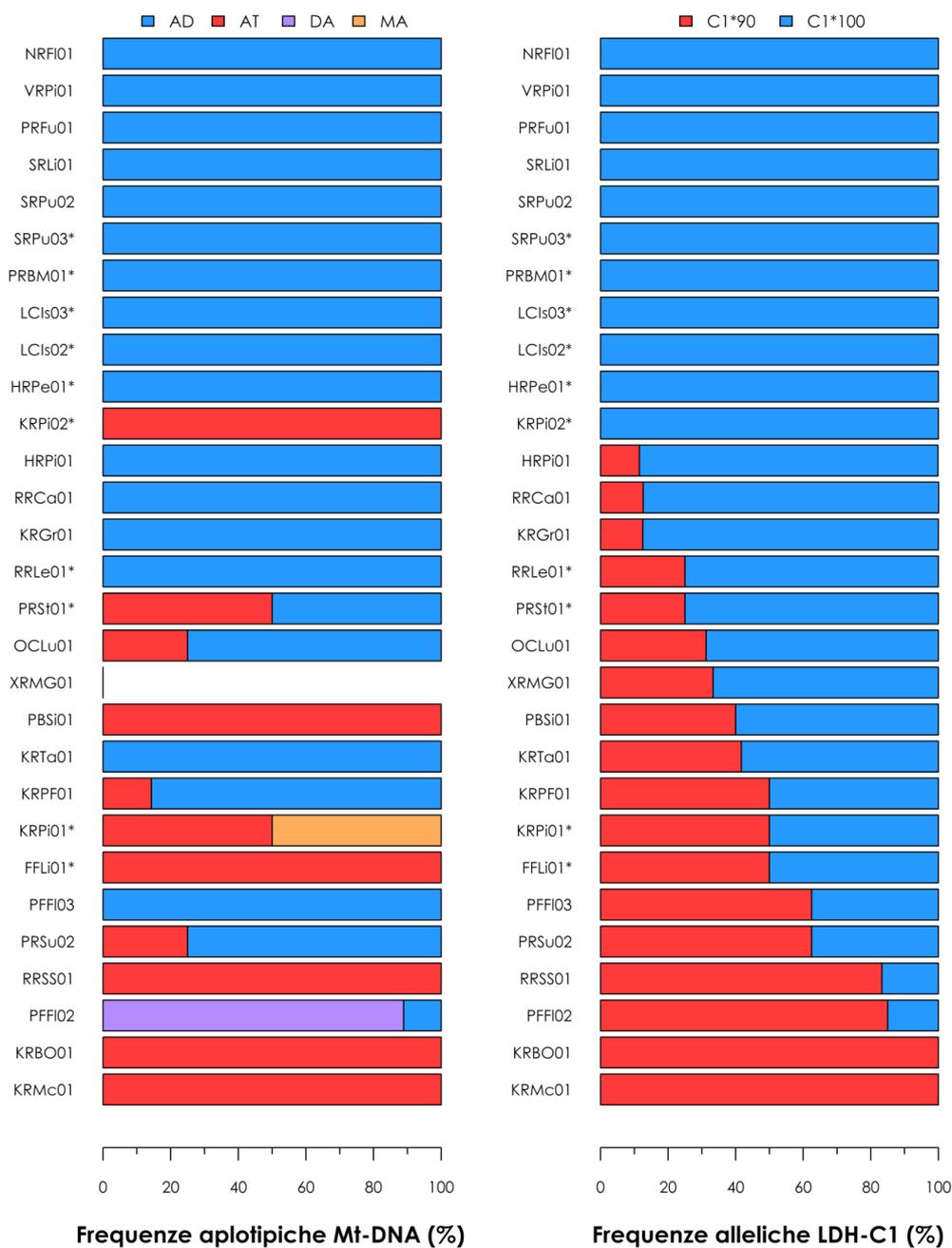


Fig. 31. Distribuzione, in ordine crescente di introgressione genetica, delle frequenze aploipiche (mtDNA) e alleliche (LDH-C1*) nelle 29 popolazioni di trota sarda analizzate.

del Flumini Mannu di Pabillonis (Riu Piras - VRPi01) e Flumendosa (Riu Furruttu - PRFu01) iii) e un terzo ampio cluster sardo che comprende i campioni di popolazioni ibride. Se si prende in considerazione la sottostruttura composta da sette “popolazioni” si osserva, rispetto alla struttura per $K=5$, la separazione in cluster distinti dei campioni NRF101 (Cedrina) e VRPi01 (Flumini Mannu di Pabillonis) e il frazionamento del terzo stock sardo con la netta separazione in un cluster distinto dei campioni RRCa01 e RRLe01 (rispettivamente Rio Cannisoni e Torrente Leni nel bacino Flumini Mannu di Cagliari) (Fig. 32). I valori intermedi osservati nei siti LCIs02, LCIs03, HRPe01,

PRBM01, che potrebbero indicare una cospicua introgressione tra genoma atlantico e nativo, vanno considerati con cautela poiché in queste località è stato possibile analizzare un numero limitato di individui.

È da tenere in considerazione, infine, che il campione domestico utilizzato come confronto proveniva da troticoltura dell'Italia centrale. D'altra parte, l'affinità osservata tra i campioni domestici e le popolazioni sarde sostituite dalla trota domestica alloctona, suggerisce che il materiale utilizzato per le attività di ripopolamento in Sardegna abbia la stessa origine delle trote domestiche di confronto.

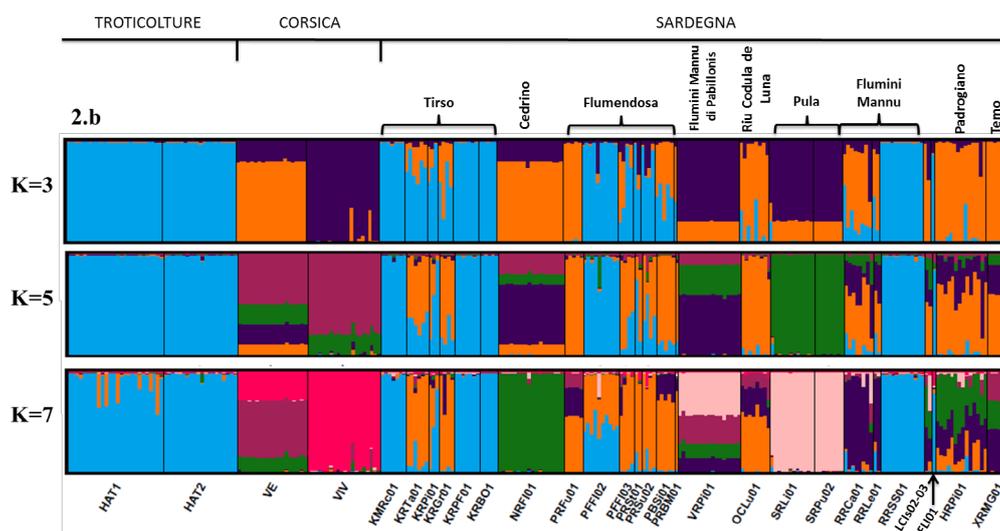


Fig. 32. Bar plot che mostra l'appartenenza del genotipo di ogni singolo individuo, rispettivamente, a 3, 5 e 7 cluster genetici. Per $K=7$ si distinguono il cluster autoctono (azzurro), il cluster con i campioni della Corsica (magenta), il cluster del Cedrina (verde), il cluster del bacino del Pula (rosa) e il cluster del bacino del Flumini Mannu di Cagliari (viola). Per il codice delle sigle cfr. vedi la tabella XI.

Popolazioni di trota sarda *Salmo cettii*

Sulla base delle analisi genetiche condotte in questo studio siamo in grado di indicare i siti dove è stata rinvenuta la trota sarda (non introgressa) con la totalità degli individui analizzati con DNA mitocondriale AD e nucleare LDH-C1* 100/100. Secondo tale indicazione popolazioni di trota sarda sono state censite sia nella porzione meridionale della Sardegna (Riu Piras, Riu di Pula, Riu Litteras e Riu Furittu) che nella parte centro orientale (Riu Flumineddu e Riu Bau Mandara) e nord orientale (Canale dell'Iserno e Riu Pelasole). Bisogna precisare che una numerosità campionaria consistente è necessaria per poter definire con buona approssimazione lo status di popolazione pura. È questo il caso delle popolazioni del Canale dell'Iserno (LCIs02 e LCIs03), Riu Bau Mandara (PRBM01)

e Riu Pelasole (HRPe01) dove le catture numericamente pari o inferiori a 2 ci hanno di fatto portato a declassare queste popolazioni che saranno oggetto di ulteriori indagini.

La biomassa media rinvenuta nelle stazioni sopra riportate è risultata pari $1.47 \pm 2.19 \text{ g/m}^2$. Analizzando i dati per singola stazione, la biomassa calcolata ha registrato il valore massimo nel Riu Piras (VRPi01) nell'U.I.O. del Flumini Mannu di Pabillonis, seguita dalla stazione sul Riu Litteras (SRLi01) nell'U.I.O. dei Minori tra il Flumini Mannu ed il Palmas. Valori discreti sono stati registrati anche nel Riu Flumineddu (NRFl01) nell' U.I.O. del Cedrino, nel Riu Furittu (PRFu01) nell' U.I.O. del Flumendosa e nel Rio di Pula (SRPu02) U.I.O. dei Minori tra il Flumini Mannu ed il Palmas. Nelle restanti stazioni di campionamento i valori di biomassa sono sempre risultati molto bassi e inferiori a 0.27 g/m^2 (Fig. 33).

Andamenti analoghi sono stati os-

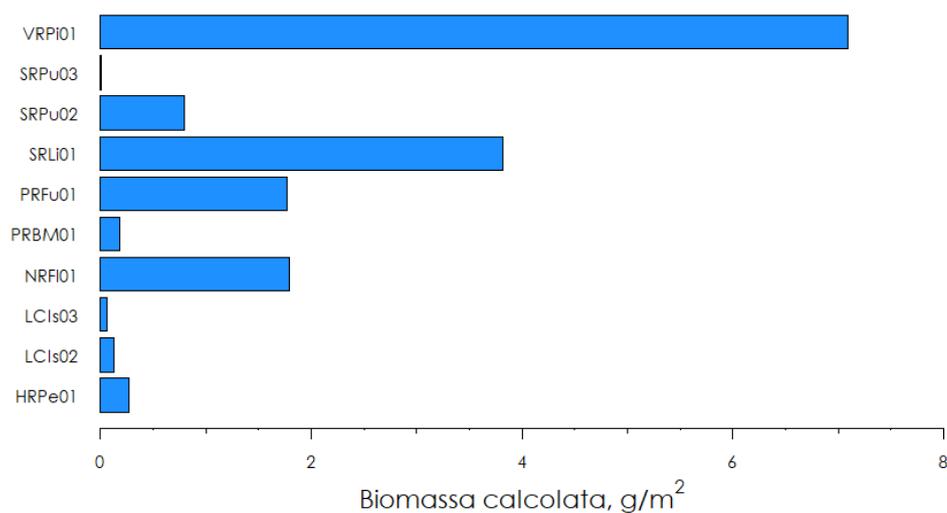


Fig. 33. Grafico della biomassa media delle popolazioni di *Salmo cettii* calcolata per ciascun sito.

servati, per i valori di densità stimata, nella maggior parte delle stazioni di campionamento dove il valore medio è risultato pari a 0.05 ± 0.07 Ind/m². Fa eccezione la stazione NRFl01 nella parte più a monte del Riu Flumineddu (U.I.O. del Cedrino), in cui gli elevati valori di densità sono in contrapposizione ai valori di biomassa in quanto la popolazione campionata è risultata demograficamente costituita da esemplari di piccole dimensioni (LT medio = 9.5 ± 2.8 cm) (Fig. 34).

Nel 40% delle stazioni in cui è stata rinvenuta la specie *S. cettii* le popola-

zioni sono risultate strutturate con la presenza di individui adulti, sub-adulti e giovanili; solo nel 10% dei casi la popolazione era composta esclusivamente da individui giovanili. Al contrario, nel 50% delle stazioni non è stato possibile definire la struttura di popolazione in quanto le catture sono state numericamente inconsistenti. Tali dati sono in parte confermati dall'indice di abbondanza che mostra come nel 50% delle stazioni la specie, in termini quantitativi, sia risultata "rara" e solamente nel 10% "abbondante" (Fig. 35).

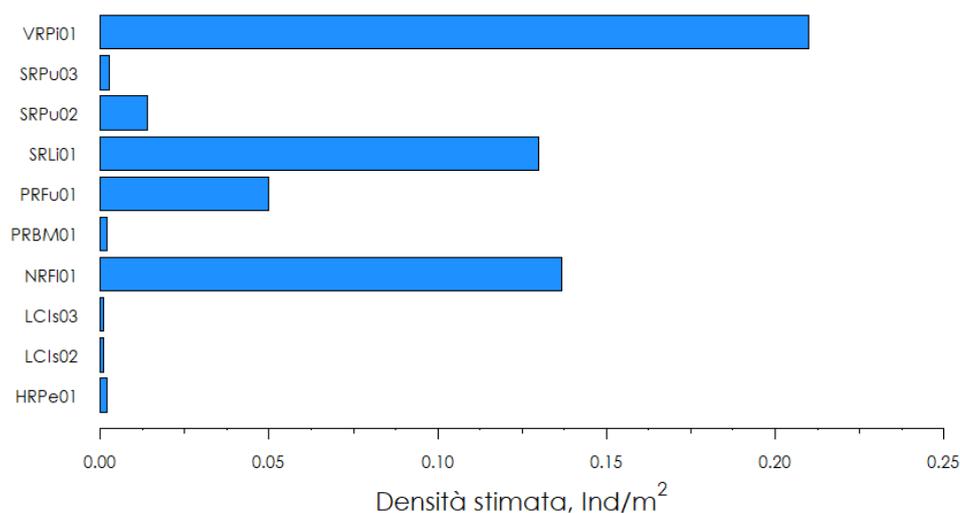


Fig. 34. Grafico della densità media delle popolazioni di *Salmo cettii* calcolata per ciascun sito.

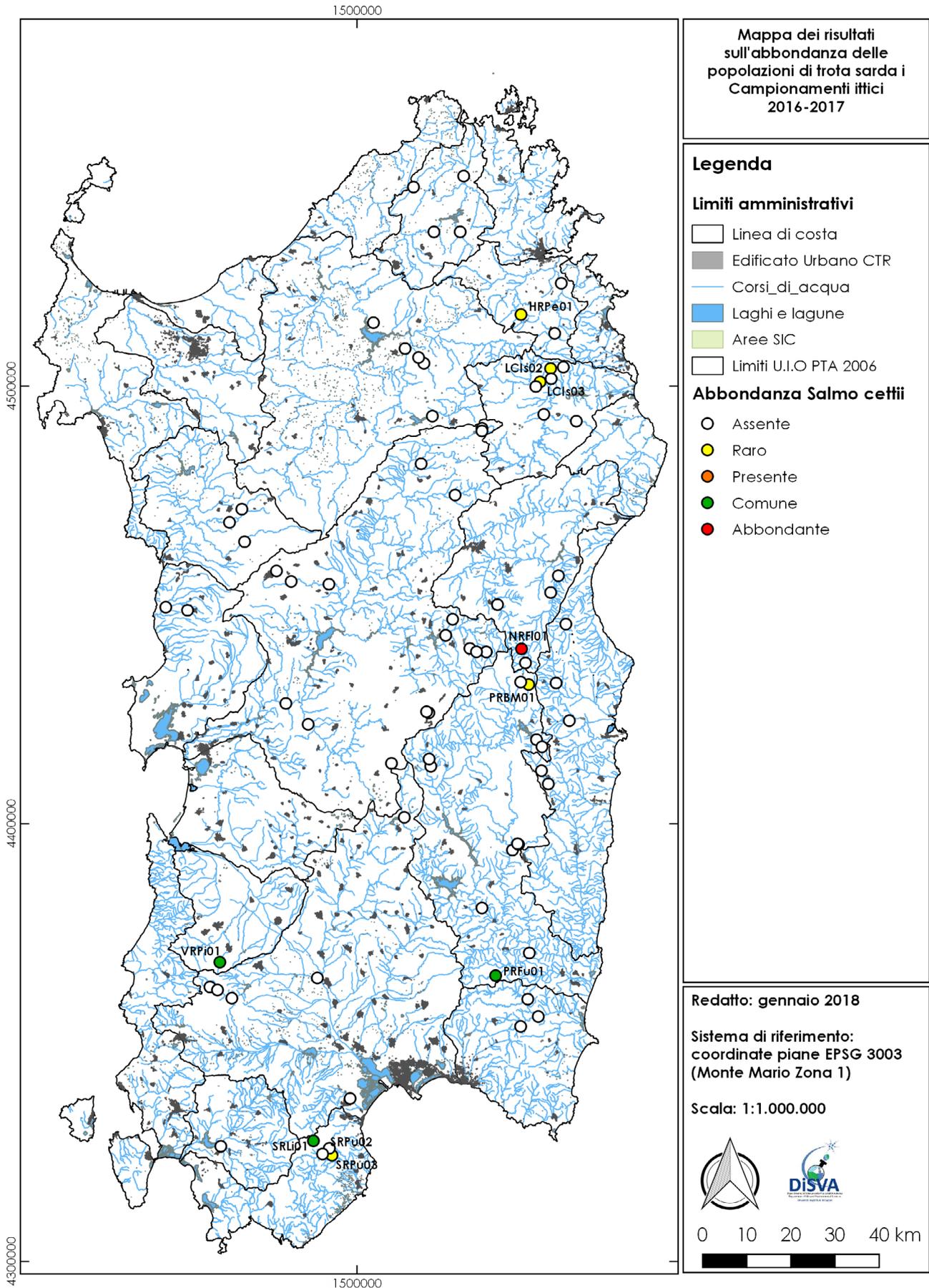


Fig. 35. Carta di abbondanza delle popolazioni di trota sarda.

L'importanza della Genetica negli studi tassonomici



Il DNA è la macromolecola organica in cui è contenuta l'informazione genetica sotto forma di un codice formato da quattro basi azotate (Adenina, Guanina, Citosina e Timina). Il genoma dei vertebrati comprende miliardi di copie di queste basi in diverse combinazioni che possono essere oggi decifrate grazie agli straordinari progressi nel campo delle biotecnologie molecolari. Queste metodologie consentono di ottenere il profilo genetico di un organismo, acquisendo così preziose informazioni sulla struttura genetica delle popolazioni naturali. Tali conoscenze sono fondamentali non

solo per una migliore comprensione della biologia e dell'evoluzione di tali popolazioni, ma anche per alcune importanti ricadute gestionali nell'ambito della **genetica della conservazione**.

I metodi genetico-molecolari si sono rivelati particolarmente efficaci in ambito conservazionistico perché, rispetto al classico approccio morfologico, hanno permesso di delineare in modo più oggettivo i confini tra le specie (DNA barcoding) e fra le popolazioni all'interno di una stessa specie (genetica di popolazione e della conservazione). Ciò è particolarmente significativo per definire

le unità di conservazione a diversi livelli: la specie, a un livello di "macro-scala" e la popolazione come unità locale - quindi a livello di "micro-scala" - all'interno di una singola specie. Tale tipo di analisi permette un immediato confronto con il DNA di un esemplare non determinato, giungendo alla sua corretta identificazione specifica.

Un'ulteriore applicazione di notevole significato biologico e conservazionistico, riguarda lo studio dei **polimorfismi genetici** all'interno delle singole popolazioni animali che ha permesso di misurare i livelli di variabilità genetica e di valutare in modo quantitativo:

- 1) l'impatto della caccia e della pesca sulle popolazioni naturali;
- 2) il progressivo impoverimento genetico in popolazioni che siano rimaste isolate a causa delle alterazioni antropiche del loro habitat naturale;
- 3) l'ibridazione e l'introggressione genetica fra popolazioni native e stock alloctoni introdotti per scopi alieutici o venatori.

FATTORI D'IMPATTO SULLE POPOLAZIONI DULCIACQUICOLE

I fattori d'impatto che hanno contribuito a modificare la distribuzione e l'abbondanza delle specie dulciacquicole sono per la maggior parte di origine antropica (Fig. 36). Questi hanno determinato, sia direttamente che indirettamente, squilibri a carico di tutto l'ecosistema e rappresentano delle criticità a cui è necessario far riferimento per la definizione dei piani di gestione.

I principali impatti possono essere suddivisi in 3 categorie principali:

1) **Inquinamento e alterazioni dell'ecosistema fluviale** - Inquinamento dell'acqua; derivazioni idriche e realizzazione di sbarramenti artificiali; alterazione morfologica degli alvei fluviali. Questi aspetti in Sardegna riguardano prevalentemente le aree più a valle dei bacini (Zona a Ciprinidi) e nel contesto della tutela ambientale è necessario garantire il deflusso minimo vitale e assicurare la continuità fluviale.

2) **Pesca illegale** - con strumenti e modalità illecite rappresentano il principale fattore che determina il sovrasfruttamento della risorsa:

- *Strumenti illeciti* - L'utilizzo di reti da pesca, generatori di corrente e sostanze chimiche per la cattura di trote e anguille era il metodo maggiormente utilizzato che oggi, grazie alle azioni di sensibilizzazione, sembrerebbe in progressiva diminuzione. Il maggiore impatto si ha in quanto questi metodi incidono negativamente sia sui giovani che su tutte le altre forme animali che vivono nel fiume. L'impossibilità di avere un controllo costante sul territorio ne favorisce l'utilizzo incentivato dall'elevata capacità di cattura di tali metodiche.

- *Modalità illecite* - Quando non vengono rispettati i periodi di pesca, i quantitativi massimi e le taglie minime di cattura, anche i metodi consentiti diventano impattanti incrementando la pressione di pesca. Il sovrasfruttamento

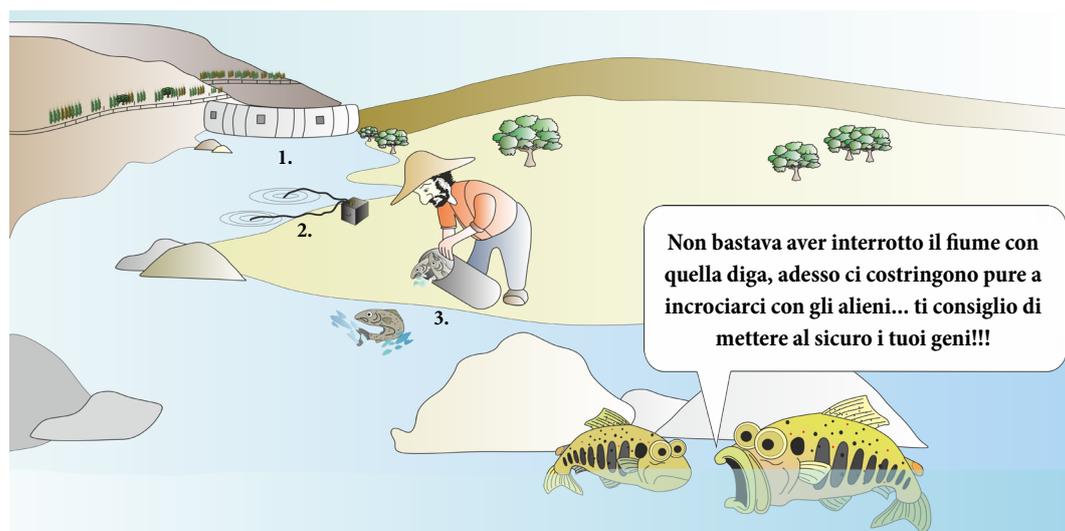


Fig. 36. Rappresentazione dei differenti fattori di stress che minacciano la sopravvivenza della trota sarda: 1. Interruzione dei corsi d'acqua; 2. Metodi di pesca illegali; 3. Inquinamento genetico mediante immissione di forme alloctone.

di una popolazione naturale determina una drastica riduzione numerica degli individui sino a collassare e divenendo quindi incapace di rigenerarsi autonomamente.

3) Introduzione di specie alloctone - La progressiva immisione di specie alloctone ha profondamente modificato gli equilibri ecologici tra le specie.

Oggi nei fiumi sardi si rinvencono 16 specie alloctone a fronte di 7 autoctone. In alcuni casi l'introduzione è avvenuta utilizzando le nuove specie come pesce foraggio dai pescatori sportivi (*Alburnus alburnus alborella*) o per motivi

sanitari come arma biologica per contrastare la malaria (*Gambusia holbrooki*). Per la maggior parte delle specie l'introduzione, talvolta incentivata dalle amministrazioni locali, è avvenuta con lo scopo di ristabilire quantitativi di biomassa tali da consentire l'attività di pesca. La norma attuale ci dice che "Sono vietate la reintroduzione, l'introduzione e il ripopolamento in natura di specie e popolazioni non autoctone". (DPR 357/97 e modifiche DPR 120/03) con tale norma è di fatto vietata l'introduzione di specie e popolazioni non autoctone così come il rilascio dopo la cattura.



Il Gambero Killer

Il *Procambarus clarkii*, conosciuto anche come **Gambero rosso della Louisiana**, è un gambero di acqua dolce originario del nord-est del Messico e della parte più meridionale del nord America. A causa della sua capacità di percorrere lunghe distanze anche via terra, di resistere ad ampie oscillazioni di temperatura e

adattarsi a condizioni ambientali estreme, ha gradualmente invaso quasi tutte le aree dove è stato introdotto per scopi di acquariofilia e allevamento.

La specie è considerata una Specie Aliena Invasiva (IAS) ai sensi del D.Lgs. 230/2018, pertanto deve essere assoggettata a speciali misure gestionali finalizzate al suo contenimento. Il Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Cagliari ha condotto uno studio con il sostegno di Fondazione CON IL SUD e in collaborazione con l'Ente **Parco Naturale Regionale Molentargius-Saline** per la definizione di piani di contenimento della specie.



CONSIDERAZIONI FINALI

Con la Carta Ittica, realizzata in due anni di lavoro, vengono rese disponibili tutte le informazioni ad oggi raccolte sulla distribuzione delle specie ittiche nei tratti a vocazione salmonicola dei corsi d'acqua della Sardegna. Frutto della collaborazione tra STNPF dell'Assessorato Regionale della Difesa dell'Ambiente e l'Università degli Studi di Cagliari (DiSVA), vuole essere uno strumento strategico per la definizione delle politiche di gestione per la tutela della biodiversità nei sistemi dulciacquicoli. La raccolta di tutte le informazioni pregresse associate alle nuove campagne di indagine ha consentito, infatti, di avere una solida base conoscitiva di tale ecosistema in tutto il territorio regionale.

Dalla ricostruzione storica si osserva che originariamente la comunità ittica delle acque interne era costituita da un ridotto numero di specie. Oltre un secolo di immissioni hanno profondamente modificato il quadro distributivo delle popolazioni ittiche autoctone. Basti considerare che alle 8 specie originarie, di cui una oggi estinta, si sono, infatti, aggiunte 15 specie alloctone che, in alcuni casi, risultano particolarmente impattanti e tali da mettere a serio rischio la sopravvivenza della componente autoctona.

In particolare, l'attività di monitoraggio svolta in questa fase, volta ad aggior-

nare le informazioni ormai datate, ha riguardato i tratti montani dei fiumi e particolare attenzione è stata dedicata alla presenza della trota sarda (*S. cettii*). Storicamente la progressiva riduzione dei quantitativi pescabili di questa specie ha reso necessario attuare politiche di ripopolo, comunemente dette semine. Di tale pratica, attualmente vietata, si hanno notizie già dalla prima metà del XX secolo con un progressivo incremento a partire dagli anni '60. Non avendo a disposizione avannotti di origine autoctona, il materiale utilizzato per la semina è sempre stato di origine alloctona (*O. mykiss* di origine nord americana e *S. trutta* di origine nord europea). In particolare, la trota fario (*S. trutta*), contrariamente a quella nord americana, si incrocia con la *S. cettii* determinando fenomeni di ibridazione. L'intensa attività di ripopolamento, in diversi bacini fluviali della Sardegna, ha compromesso le popolazioni di trota autoctona che mostrano frequenze dei caratteri genetici nativi molto basse o addirittura pari a zero a causa della completa sostituzione da parte della trota atlantica alloctona. Con i risultati ottenuti dalle ultime ricerche è stato possibile confermare che l'areale di distribuzione delle popolazioni di *S. cettii* in Sardegna è in forte contrazione e la specie è tuttora a rischio di estinzione. Sebbene questa criticità permanga è importante evidenziare che l'indagine

genetica ha permesso di certificare alcune nuove popolazioni di trota sarda esenti da ibridazione: Riu Piras (bacino del Flumini Mannu di Pabillonis), Riu Flumineddu (bacino del Cedrino) e Riu Furittu (bacino del Flumendosa). Aver individuato altre 3 popolazioni, oltre a quelle già individuate nell'area di Monte Arcosu e Monti Nieddu, ci consente di poter paragonare la nostra realtà a quella della Corsica che sino ad

oggi sembrava l'unica regione ad aver conservato un numero consistente di popolazioni di *S. cettii*. È inoltre importante evidenziare che in alcuni corsi d'acqua sono stati rilevati bassi livelli di introgressione in cui sarà possibile attuare piani di gestione e in taluni casi è concreta la possibilità di poter individuare altre popolazioni non introgressate.

Ripopoli Sperimentali di trota sarda



Presso il Rio Ermolinus, nel cuore della Foresta demaniale di Montarbu (Seui), è stato intrapreso un progetto di ripopolamento della forma autoctona di trota sarda.

Una volta individuato il sito ideale per la sopravvivenza degli esemplari rilasciati è stato eseguito un vuoto biologico con l'eradicazione di tutte le trote di origine alloctona presenti. Parallelamente, presso l'impianto

di allevamento di Sadali, è stato mantenuto in vita un pool di riproduttori puri geneticamente certificati. Attraverso la riproduzione artificiale di questi individui sono state garantite diverse generazioni di trota sarda da utilizzare per i ripopolamenti. Le azioni di ripopolo sono state precedute dall'inserimento di un nano-microchip nella cavità celomatica dei riproduttori, in modo da poterle monitorare migrazioni e accrescimento individuale. Gli incoraggianti risultati dei primi monitoraggi, fanno sperare che entro pochi anni si potrebbe raggiungere in questo sito la capacità portante del sistema, con la possibilità di creare un rifugio genetico per la specie.

PIANI DI GESTIONE E PROSPETTIVE FUTURE

Sebbene il lavoro di ricerca non si possa ritenere concluso è necessario iniziare a programmare le azioni per la gestione del patrimonio ittico isolano e definire un nuovo quadro legislativo sviluppato con il coinvolgimento di tutti i portatori di interesse che ruotano attorno alla tutela dell'ecosistema:

- le popolazioni locali che potrebbero avere un vantaggio dalla presenza di specie autoctone e soprattutto se diventano capaci di dare un valore aggiunto nell'offerta turistica;
- i pescatori sportivi che devono diventare sempre più responsabili nelle politiche di gestione e nel combattere tutte le attività illecite;
- gli enti di gestione statali e non, che per interessi diversi (gestione dell'acqua per usi umani, agricoli e industriali, produzione di energia elettrica, deviazioni dell'alveo, cementificazione di alveo, tutela da rischio idrogeologico, regolamentazione dell'apertura delle foci a mare) possono intervenire nella gestione degli ecosistemi fluviali.

È inoltre importante sviluppare piani capillari di informazione e formazione, a partire dalle scuole, con l'obiettivo di accrescere la sensibilità ambientale e la presa di coscienza di una gestione ecosostenibile dell'ambiente e nello specifico di quello relativo alle acque dolci.

Per quanto riguarda i Salmonidi, oggetto specifico di questo studio, è impor-

tante ripartire dall'enorme patrimonio che ancora oggi abbiamo in Sardegna e che adesso possiamo certificare con dati oggettivi. Questo consente di superare i dubbi che la classificazione morfologica pone ogni qualvolta si cerchi di applicare divieto di pesca in base al Decreto 412/95. Per tale motivo è già stata attivata la procedura che impone il divieto di pesca nelle aree in cui risulta presente la trota autoctona come primo approccio precauzionale alla tutela.

Per poter definire ulteriori misure gestionali è necessario approfondire le conoscenze sulla consistenza, l'ecologia e l'esatta caratterizzazione molecolare di ciascuna popolazione pura, attraverso uno studio puntuale su una elevata numerosità campionaria distribuita durante tutto l'arco dell'anno. Bisogna infatti considerare che gli approcci tassonomici più moderni superano il concetto di specie e sottospecie per focalizzare l'attenzione sul ruolo centrale delle singole popolazioni e delle entità evolutive che le caratterizzano. Questo aspetto diventa oltremodo importante se si ha la necessità di operare su scala di bacino.

Questo consentirà di andare oltre il limite imposto dal divieto di pesca definendo un piano di gestione che abbia come obiettivi:

- incrementare gli areali di distribuzione della specie;
- sviluppare la pesca sportiva anche

**Specie ittiche
presenti nei
corsi d'acqua
isolani**



ANGUILLA EUROPEA

Anguilla anguilla L., 1758

Ordine: Anguilliformes

Famiglia: Anguillidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 3019

Status IUCN Italia: CR (Pericolo critico)



Autoctona

Morfologia: Corpo serpentiforme compresso nella parte posteriore. Il capo è piccolo e allungato, la bocca fornita di mascelle con denti acuminati. La colorazione varia dal grigio al bruno-verdastro fino al nero per il dorso mentre nel ventre dal bianco al giallo. Le pinne ventrali sono assenti, mentre quella caudale, dorsale e anale sono fuse tra loro. La fase larvale (leptocefalo) raggiunge la lunghezza massima di 85 mm, ha forma trasparente e compressa in senso laterale, dopo 6 mesi-2 anni si trasforma in cieca, ancora trasparente ma di forma allungata (4-8 cm) e più simile all'adulto. Lo stadio giovanile (ragano) differisce dall'adulto solo per le dimensioni (8-15 cm). L'adulto sessualmente immaturo prende il nome di anguilla gialla, il quale una volta cominciata la migrazione riproduttiva, in seguito a un'ulteriore metamorfosi, prende il nome di argentina. Le femmine adulte possono superare il metro di lunghezza e i 2 kg di peso (capitone) mentre i maschi raramente raggiungono i 50 cm e i 200 g.

Origine e distribuzione: Specie autoctona di ampia distribuzione, presente in tutte le coste europee e in quelle dell'Africa atlantica nord-occidentale. In Italia si ritrova nelle acque interne di tutte le regioni.

Habitat ed ecologia: È una specie catadroma facoltativa, semelpara, panmittica ed eurialina, capace di tollerare ampie oscillazioni di salinità e temperatura. Predilige acque calde, limpide e con substrati molli adatti all'infossamento.

Alimentazione: Si nutre di invertebrati come anellidi, molluschi e crostacei e al crescere della taglia include nella dieta piccoli teleostei.

Riproduzione: La femmina raggiunge la maturità sessuale a 5-15 anni, il maschio a 3-8 anni. In seguito allo stadio di accrescimento nelle acque interne, in tardo autunno inizia la migrazione verso il mare, per raggiungere la zona di riproduzione identificata nel Mar dei Sargassi. Si ritiene che dopo l'accoppiamento gli adulti muoiano.

Individuo di anguilla argentina catturato sul Fiume Flumendosa (PFFI05).



CAGNETTA

Salaria fluviatilis Asso, 1801

Ordine: Perciformes

Famiglia: Blenniidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5825

Status IUCN Italia: DD (Dati mancanti)



Morfologia: Aspetto molto simile a quello delle bavose, che occupano ambienti marini e salmastri. Taglia piccola (10-12 cm). Corpo allungato e compresso lateralmente. Capo con profilo anteriore obliquo. Presenta un piccolo tentacolo sopra l'occhio, diviso in 3-5 filamenti. Bocca piccola dotata di grosse labbra. Lunghe pinne dorsale e anale che giungono fino al peduncolo. Corpo privo di scaglie e ricoperto da abbondante secrezione mucosa. Colore di fondo variabile dal verdastro al grigio-brunastro, con puntinature e strie giallastre e blu-nerastre.

Origine e distribuzione: È una specie autoctona, che fino al 1968 risultava abbondante in diversi bacini isolani. Attualmente la sua distribuzione risulta notevolmente ridotta.

Habitat ed ecologia: Predilige acque limpide ed ossigenate, con fondi pietrosi e ghiaiosi ricchi di vegetazione. Tollera variazioni di temperatura e salinità.

Alimentazione: Si nutre di insetti ed altri piccoli invertebrati.

Riproduzione: La riproduzione avviene generalmente in estate in prossimità delle rive. I maschi, tendenzialmente territoriali, assumono comportamenti aggressivi nei confronti dei rivali. Una volta avvenuta la deposizione da parte della femmina è lui che si occupa delle cure parentali. La schiusa avviene entro circa 3 settimane.

Autoctona



← Individuo di cagnetta catturato sul Fiume Flumendosa (PFFI04).

LATTERINO

Atherina boyeri Risso, 1810

Ordine: Atheriniformes

Famiglia: Atherinidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5562

Status IUCN Italia: LC (Minor preoccupazione)



Autoctona

Morfologia: Pesce di piccola taglia che raramente va oltre i 13-14 cm di lunghezza. Presenta un corpo snello, slanciato e leggermente compresso lateralmente. La colorazione del dorso è grigio-argentea costellata di punteggiature nere, il ventre è bianco quasi trasparente. Il capo è appiattito superiormente, l'occhio risulta molto grande e il muso è corto, con bocca protrattile munita di piccoli denti.

Origine e distribuzione: È una specie autoctona, presente nell'intero mar Mediterraneo, nel mar Nero, nel mar Caspio, nel mare d'Aral ed in alcuni tratti delle coste atlantiche europee. In Italia è comune in tutti i mari e in tutte le acque interne costiere e nei principali bacini idrici.

Habitat ed ecologia: Specie eurialina di abitudini gregarie. L'ampia tolleranza alle variazioni di salinità fa sì che il latterino sia in grado di sopravvivere in diversi tipi di ambiente: acque marine costiere, estuari, laghi interni d'acqua dolce e tratti bassi dei corsi d'acqua. Predilige acque poco correnti, limpide, ossigenate e ricche di vegetazione.

Alimentazione: Nelle fasi giovanili il latterino si nutre principalmente di zooplankton di piccole dimensioni, larve di ditteri e ostracodi mentre gli adulti si nutrono di organismi zooplanctonici più grandi e di organismi bentonici.

Riproduzione: La maturità sessuale in entrambi i sessi è raggiunta normalmente al 1° anno di età. La riproduzione avviene generalmente tra maggio e agosto, sia in acque dolci che salmastre. Ciascuna femmina depone le uova (3000-4000) in più riprese e le larve schiudono in 12-13 giorni.

→
Individuo
di latterino
catturato sul
Fiume Liscia
(FFli02).



SPINARELLO

***Gasterosteus aculeatus* Rafinesque, 1820**

Ordine: Gasterosteiformes

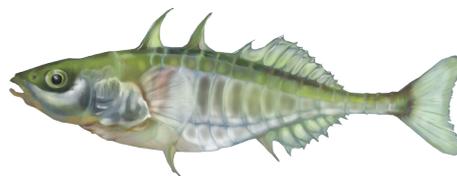
Famiglia: Gasterosteidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5655

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Presenta una forma affusolata e compressa lateralmente, con peduncolo caudale molto sottile. Muso breve e bocca leggermente obliqua. Sul dorso presenta le 3 caratteristiche spine, seguite da una membrana triangolare. Anche la pinna ventrale ed anale presentano delle spine robuste. Il corpo presenta delle placche ossee lungo i fianchi. La colorazione è verde-grigiastra sul dorso, con riflessi dorati, mentre diventa biancastra sui fianchi e ventre. Durante il periodo di frega il ventre diventa rossastro nei maschi, mentre la femmina assume una colorazione rosata. Specie di taglia piccola, raggiunge una dimensione di 8-10 cm.

Origine e distribuzione: Specie autoctona, si rinviene nei tratti medio-alti dei bacini centro-meridionali dell'isola.

Habitat ed ecologia: Popola corsi d'acqua a corso lento ricchi di vegetazione in cui nascondersi.

Alimentazione: La sua dieta comprende piccoli crostacei, vermi, insetti, molluschi e larve di altri pesci. Attende la sua preda nascosto tra la vegetazione assumendo una posizione caratteristica: si posiziona con la parte caudale angolata rispetto all'asse del corpo.

Riproduzione: Raggiunge la maturità sessuale al secondo anno di vita. Il periodo di frega è compreso tra maggio e luglio. La femmina depone tra le 100 e le 400 uova, che schiudono in funzione della temperatura in 4-27 giorni. Il maschio esercita un'azione di ventilazione delle uova mediante movimento delle pinne pettorali. Le cure parentali continuano per i successivi 10 giorni dalla schiusa.

Autoctona



← Individuo di spinarello catturato sul Riu Piras (VRPi01).

ALBORELLA

Alburnus alburnus alborella De Filippi, 1844

Ordine: Cypriniformes

Famiglia: Cyprinidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5539

Status IUCN Italia: LC (Minor preoccupazione)



Morfologia: Specie di piccola taglia, con corpo snello, slanciato e compresso lateralmente, che generalmente non supera i 14 cm di lunghezza e i 40 g di peso. Il capo risulta relativamente piccolo, l'occhio è grande e la bocca è priva di barbighi. Il dorso presenta una colorazione grigio-verdastra, mentre i fianchi e il ventre sono chiari con riflessi metallici.

Origine e distribuzione: Rappresenta una sottospecie autoctona dell'Italia settentrionale, in Italia centro-meridionale e insulare la sua presenza si deve invece a recenti immissioni.

Habitat ed ecologia: Frequente in acque fluviali e lacustri sufficientemente ossigenate, limpide e correnti. È una specie generalmente gregaria, può formare grossi sciami, in particolare negli ambienti lacustri di maggiori dimensioni.

Alimentazione: Presenta una dieta onnivora, costituita principalmente da zooplancton, larve di insetti, lombrichi, uova di pesci e alghe.

Riproduzione: Diventa sessualmente matura al secondo anno di vita. Il periodo riproduttivo è compreso tra maggio e agosto, quando le acque raggiungono valori di temperatura di circa 15°C. Le uova sono piccole e deposte prevalentemente di notte o nelle ore prossime all'imbrunire in prossimità di bassi fondali con sabbia e ghiaia. Ciascuna femmina rilascia circa 1000-2000 uova.

Alloctona

Individuo di alborella catturato sul Riu Matta Giuanna (XRMG01).



CARASSIO

Carassius auratus L., 1758

Ordine: Cypriniformes

Famiglia: Cyprinidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5583

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Ciprinide simile alla carpa, dalla quale si distingue principalmente per l'assenza dei barbigli e per le dimensioni ridotte. Caratterizzato da una gibbosità dorsale e da una bocca piccola. Pinna caudale incisa, dorsale unica. Il colore di fondo è olivastro su dorso e fianchi, mentre assume tinte giallo-biancastre sul ventre.

Origine e distribuzione: Originaria dell'Asia orientale, introdotta in tutto il mondo per scopi ornamentali. Allevato e selezionato dal X secolo in Cina e diffuso in Europa alla fine del XVII secolo.

Habitat ed ecologia: Specie infestante che compete con altri ciprinidi. Capace di sopportare alti livelli di inquinamento e ampie oscillazioni termiche (da 0°C a 30°C) e concentrazioni di ossigeno. Si ritrova sia in acque lentiche che in ambienti lagunari e lacustri.

Alimentazione: Specie onnivora e si ciba di piccoli invertebrati acquatici, alghe e detrito acquatico.

Riproduzione: A circa 3-4 anni di vita raggiunge la maturità sessuale e in primavera, in acque calde (20°C), depone circa 150000-400000 uova in più riprese sulla vegetazione acquatica. Questa specie presenta un ciclo biologico molto particolare, in quanto mette in atto la "ginogenesi", modalità molto rara di riprodursi: la femmina può unirsi in frega con altre specie affini e le sue uova possono essere attivate da spermatozoi dell'altra specie. Se questo accade, gli spermatozoi "estranei" però non sono in grado di combinarsi con le cellule uovo femminili e di conseguenza i discendenti, ereditando solo il corredo genetico della madre, nasceranno tutti di sesso femminile.

Alloctona



← Individuo di carassio catturato sul Riu Murtazzolu (KRMu01).

CARPA

Cyprinus carpio L., 1758

Ordine: Cypriniformes

Famiglia: Cyprinidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5617

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: La corporatura risulta piuttosto tozza, la bocca è piccola, con labbra carnose e munita di due paia di corti barbigli. Il colore del dorso e dei fianchi è bruno-verdastro mentre il ventre è biancastro o giallognolo. A seconda della varietà il corpo può essere ricoperto di grandi scaglie, averle concentrate in determinate zone (*C. carpio specularis* Lacepède, 1803) o esserne completamente privo. Può raggiungere taglie notevoli, con lunghezze totali di 130 cm e peso di oltre 30 kg.

Origine e distribuzione: La forma selvatica della carpa si ritiene originaria dell'Europa orientale e dell'Asia. In Italia è stata introdotta in epoca romana ed è ormai acclimatata e ampiamente diffusa nel territorio.

Habitat ed ecologia: La carpa è un tipico abitatore di acque lente, stagnanti, calde e ricche di vegetazione acquatica. Supera i periodi più freddi infossandosi nel fondale ed entrando in latenza. È attiva soprattutto durante le ore notturne, durante le quali va alla ricerca di cibo.

Alimentazione: La dieta è onnivora, comprende detriti vegetali, larve di insetti, crostacei, molluschi, oligocheti e altri invertebrati. Durante la ricerca del cibo smuove molto materiale intorbidando l'acqua e facendo salire a galla bollicine di gas formatesi nel fondale.

Riproduzione: Raggiunge la maturità sessuale tra il secondo e il quarto anno di età. Si riproduce in tarda primavera/inizio estate e dopo aver individuato il luogo più opportuno depone da 100.000 a 200.000 uova, facendole aderire alle piante acquatiche.

Alloctona

Individuo di carpa catturato sul Riu Mannu di Oschiri (DRMO02).



COBITE

***Cobitis taenia* L., 1758**

Ordine: Cypriniformes

Famiglia: Cobitidae

Convenzione di Berna: Presente

Dir. Habitat: Presente

Cod. Natura 2000: 1149

Status IUCN Italia: LC (Minor preoccupazione)



Morfologia: Piccolo pesce dal corpo allungato, cilindrico e compresso lateralmente, raramente supera la lunghezza totale di 12-13 cm nelle femmine e 6-7 cm nei maschi. Il capo è piccolo, la bocca è infera e munita di tre paia di corti barbighi. Caratteristica è la linea continua che parte dalla bocca e arriva all'occhio. La colorazione corporea è bruno-chiara con ventre giallastro, nei fianchi sono presenti delle macchie nere circolari.

Origine e distribuzione: È una specie indigena del territorio italiano, il suo areale naturale comprende tutte le regioni settentrionali e alcune centrali. Introdotta in Sardegna probabilmente da pescatori sportivi [29].

Habitat ed ecologia: Predilige corsi d'acqua poco profondi, con acque limpide a corrente moderata e fondo sabbioso, nel quale può facilmente infossarsi. Sopporta bene basse concentrazioni di ossigeno.

Alimentazione: La dieta è molto varia e comprende detriti vegetali, larve di insetti, crostacei e altri piccoli invertebrati che trova aspirando e filtrando il sedimento del fondale.

Riproduzione: Entrambi i sessi divengono maturi sessualmente al secondo anno di età. La riproduzione avviene tra maggio e luglio con la deposizione delle uova (circa 2000) in acque poco profonde. La durata dello sviluppo embrionale è breve, con temperatura dell'acqua intorno al 20-25 °C richiede circa 3 giorni.

Alloctona



← Individuo di cobite catturato sul Fiume Flumendosa (PFF105).

GAMBUSIA

***Gambusia holbrooki* Girard, 1859**

Ordine: Cyprinodontiformes

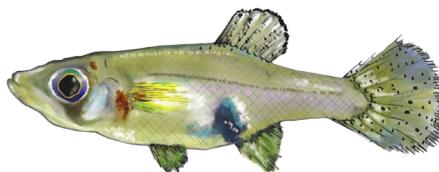
Famiglia: Poeciliidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5654

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Specie di piccola taglia, presenta un marcato dimorfismo sessuale. I maschi differiscono dalle femmine per le dimensioni corporee minori (fino a 30 mm contro i 50 mm delle femmine), per il corpo più snello e per la presenza di un organo copulatorio (gonopodio). La colorazione in entrambi i sessi è bruno-verdastra sul dorso e più chiara nei fianchi e nel ventre. Il capo è corto, con muso appuntito e mandibola prominente.

Origine e distribuzione: Specie nativa dell'America centrale. In Italia è stata introdotta negli anni '20, come mezzo biologico per la lotta contro la malaria, in quanto vorace predatrice di larve di ditteri.

Habitat ed ecologia: Predilige acque calde, calme, con fondale fangoso e ricche di vegetazione. Risulta sensibile alle basse temperature, alle quali non sopravvive, mentre è ben tollerante alle alte. È una specie tipicamente gregaria, forma banchi numerosi in superficie.

Alimentazione: Si nutre di piccoli insetti, piccoli crostacei, alghe ma soprattutto larve di ditteri.

Riproduzione: La gambusia rappresenta una specie ovovivipara, la fecondazione avviene infatti internamente attraverso il gonopodio presente nei maschi. Una volta fecondate le femmine liberano in acqua, in più riprese, da pochi fino a un centinaio di piccoli già formati. Il periodo riproduttivo è compreso tra maggio e settembre.

Alloctona

Individuo di gambusia catturato sul Fiume Massari (KFMa01).



LUCCIO CISALPINO

***Esox cisalpinus* Bianco & Delmastro, 2011**

Ordine: Esociformes

Famiglia: Esocidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: --

Status IUCN Italia: DD (Dati mancanti)



Morfologia: Specie di grande taglia, capace di raggiungere una lunghezza superiore a 135 cm ed un peso di oltre 30 kg. Il corpo è molto allungato e slanciato, capo molto grande con muso appiattito e affusolato a forma di becco d'anatra. La bocca è molto ampia con mandibola prominente su cui sono impiantati denti, diseguali, robusti, acuminati ed affilati, presenti su mascella, mandibola, palatino e lingua. La pinna dorsale è inserita molto posteriormente, sopra la pinna anale. Il colore di fondo è variabile, generalmente verdastro, più scuro sul dorso e più chiaro su fianchi e ventre. Sul dorso e sui fianchi sono presenti macchie, striature e bande trasversali oblique (molto marcate nei giovani).

Origine e distribuzione: Specie endemica dell'Italia settentrionale, introdotta per pesca sportiva anche in numerosi invasi delle regioni meridionali, compresa la Sardegna dov'è da considerarsi alloctona.

Habitat ed ecologia: Predatori tipici delle acque ferme o a corrente moderata, che evitano le acque eccessivamente torbide e necessitano di un fondale sabbioso o fangoso ricco di vegetazione acquatica sommersa. I giovani si possono ritrovare in corsi d'acqua immediatamente a monte delle dighe.

Alimentazione: Specie carnivora, caccia restando immobile fra le piante acquatiche in attesa che la preda si avvicini. La sua dieta comprende rane, piccoli mammiferi, giovani uccelli acquatici e attua il cannibalismo.

Riproduzione: La deposizione avviene sulle piante acquatiche e ha luogo tra febbraio e maggio, a seconda della temperatura dell'acqua.

Alloctona



← Individuo di luccio cisalpino catturato sul Fiume Flumendosa (PFFI02).

PERSICO TROTA

***Micropterus salmoides* Lacépède, 1802**

Ordine: Perciformes

Famiglia: Centrarchidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5719

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Corpo allungato e leggermente compresso sui fianchi. Capo grande che occupa circa 1/3 della lunghezza totale. Presenta una bocca molto ampia e provvista di numerosi piccoli denti, la mascella inferiore è prominente. Raggiunge i 60 cm di lunghezza e un peso di 5 kg. La pinna dorsale è divisa in due parti: la prima è bassa e a raggi spinosi, la seconda parte è alta e formata da raggi molli. La caudale poco incisa è abbastanza grande e presenta i lobi arrotondati. La colorazione è bruno-verdastra sul dorso e di un verde brillante sui fianchi. Il ventre è biancastro. Sul capo sono osservabili 2-3 striature scure che partono dagli occhi e arrivano agli opercoli. Una banda scura trasversale decorre lungo tutta la linea laterale dell'animale.

Origine e distribuzione: Specie alloctona in Italia, originaria dell'America centro-settentrionale, con areale che va dal Canada meridionale al Messico settentrionale e dalla Virginia alla Florida. Introdotta in Europa dalla metà del XIX secolo dai pescatori sportivi. Segnalata in Sardegna a partire dagli anni '60.

Habitat ed ecologia: Si ritrova principalmente in ambienti lacustri o comunque di lento corso. I giovani sono gregari e frequentano le acque basse. Durante i mesi freddi trascorre un periodo di inattività in acque profonde.

Alimentazione: Specie prevalentemente ittiofaga (si nutre di pesci), si nutre comunque di numerose specie acquatiche (tra cui rane, crostacei e odonati) e attua spesso il cannibalismo.

Riproduzione: La maturità sessuale viene raggiunta ai 2-3 anni di età. La deposizione avviene tra marzo e luglio in acque basse e calde. Le cure parentali sono affidate esclusivamente al maschio.

Alloctona

Individuo di persico trota catturato sul Fiume Flumendosa (PFFI05).



PESCE GATTO

Ameiurus melas Rafinesque, 1820

Ordine: Siluriformes

Famiglia: Ictaluridae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5937

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Corpo tozzo e massiccio con pelle priva di scaglie. Capo largo e appiattito, con una grande apertura boccale munita di mascelle robuste e denti aguzzi; sul muso sono presenti 4 paia di barbigli tattili e olfattivi di diversa lunghezza. La colorazione sul dorso è bruno scura con sfumature olivastre o nere, sul ventre varia da bianco al giallo. Raggio spiniforme della pinna dorsale ben sviluppato, acuminato e molto robusto, in grado di provocare fastidiose ferite. È una specie di taglia media, generalmente non supera i 30 cm di lunghezza e i 500 g.

Origine e distribuzione: Originaria del Nord America, in Italia la specie è stata introdotta all'inizio del XX secolo, acclimatandosi a numerosi corpi idrici del nord e del centro. In Sardegna è stata introdotta per la prima volta nelle acque del lago di Baratz nel 1962.

Habitat ed ecologia: La specie è tipica di acque stagnanti o a corso lento, caratterizzate da fondo fangoso, melmoso e ricco di vegetazione acquatica, nel quale passa la maggior parte del tempo infossato. Ama le acque calde ma riesce ad adattarsi a condizioni sfavorevoli e ambienti inquinati.

Alimentazione: Specie onnivora e spazzina, si nutre principalmente di invertebrati bentonici, uova di pesci, avanotti e materiale vegetale che individua nel fango attraverso i barbigli sensoriali.

Riproduzione: La maturazione avviene a circa 2 anni di età per i maschi e 3 anni per le femmine. Il periodo riproduttivo varia in funzione dell'andamento climatico, ma è generalmente compreso tra maggio e luglio. Dopo un breve corteggiamento da parte del maschio, la femmina scava una buca in acque poco profonde, nella quale depone le uova (da 500-3000). Queste vengono poi fecondate dal maschio, dopodiché entrambi provvedono alle cure parentali.



← Individuo di pesce gatto catturato sul Riu Ollastu (QRO101).

PERSICO REALE

Perca fluviatilis L., 1758

Ordine: Perciformes

Famiglia: Percidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5783

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Pesce di taglia media, raramente supera i 30 cm di lunghezza. Il corpo è di forma ovale, con dorso arcuato e leggermente schiacciato sui fianchi. Caratteristica è la presenza di 5-7 bande trasversali scure nei fianchi e nel ventre. Il corpo presenta generalmente una colorazione verdastra, le pinne pettorali sono giallo scuro, quelle ventrali, anali e la caudale sono rosso-arancio e le dorsali sono grigiastre.

Origine e distribuzione: È originario dell'Europa centro-settentrionale e dell'Asia. In Italia il suo areale naturale comprende le regioni settentrionali, è infatti diffuso nei laghi alpini e prealpini. Recentemente è stato introdotto anche nell'Italia centrale e meridionale.

Habitat ed ecologia: Predilige ambienti fluviali e lacustri a bassa corrente, ben ossigenati e ricchi di vegetazione. È un abile predatore, tende infatti a nascondersi dietro massi od ostacoli dove può facilmente tendere agguati.

Alimentazione: Nelle fasi giovanili si nutre principalmente di zooplancton per passare con la crescita ad abitudini spiccatamente ittiofaghe.

Riproduzione: Entrambi i sessi raggiungono la maturità sessuale al secondo anno di età. Il periodo riproduttivo è compreso tra marzo e giugno. Le femmine producono numerose piccole uova che aderiscono alla vegetazione sommersa.

Alloctona

→
Individuo di persico reale catturato sul Fiume Liscia (FFLi01).



PERSICO SOLE

***Lepomis gibbosus* L., 1758**

Ordine: Perciformes

Famiglia: Centrarchidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5687

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Corpo alto e compresso, ovale, con scaglie piccole. Specie di piccole dimensioni, la lunghezza varia normalmente tra 8 e 15 cm. La bocca è posta in posizione terminale ed è inclinata verso l'alto. Pinna dorsale unica, caudale piccola, leggermente incisa con lobi arrotondati. Colorazione di fondo bruno-olivastro con numerose macchie scure sul dorso e sui fianchi e disegni verdi/blu opalescenti che partono dal dorso per sfumare sul ventre.

Origine e distribuzione: Specie alloctona in Italia, originaria dell'America settentrionale. Introdotta a scopo ornamentale in Europa a fine '800. Segnalata in Sardegna a partire dal 1994.

Habitat ed ecologia: Specie euriterma, abita le acque basse a corso lento, ricche di vegetazione. Si ritrova spesso su fondali sabbiosi.

Alimentazione: Si nutre di numerose specie animali acquatiche di piccole dimensioni (tra cui crostacei e pesci), ma anche di vegetali e uova di altre specie.

Riproduzione: La maturità sessuale viene raggiunta ai 2-4 anni di età. Il ciclo riproduttivo comincia in primavera. La femmina depone tra le 100 e le 1000 uova in depressioni scavate dal maschio in acque poco profonde.

Alloctona



← Individuo di persico sole catturato sul Riu Mannu di Oschiri (DRMO02).

TROTA FARIO

***Salmo trutta* L., 1758**

Ordine: Salmoniformes

Famiglia: Salmonidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)

Cod. Natura 2000: 6262



Morfologia: È una specie di taglia media, generalmente raggiunge i 50 cm di lunghezza. Presenta un corpo allungato, compresso lateralmente e ricoperto di piccole scaglie. La colorazione è variabile, dipendente strettamente dall'ambiente in cui vive, ma generalmente il dorso è grigio scuro, il ventre giallognolo e gli individui giovanili nei fianchi presentano grosse macchie ovali definite "parr" che, a differenza della trota autoctona della Sardegna, scompaiono con la crescita.

Origine e distribuzione: Presenta un'ampia distribuzione euro-asiatica ed è stata introdotta con successo in molte altre parti del mondo.

Habitat ed ecologia: La specie è tipica di acque fredde, ben ossigenate e correnti, con fondo ciottoloso o ghiaioso, tipiche dei tratti superiori di fiumi e torrenti. È molto sensibile a fenomeni di inquinamento delle acque. Ha tipicamente abitudini solitarie, sostando dietro massi, rami sommersi o in anfratti. Come la trota iridea rappresenta una grande minaccia per la sopravvivenza della trota sarda, con la quale entra in competizione per le risorse e si ibrida, determinando alterazioni nel lignaggio genetico.

Alimentazione: Abile predatore, si ciba di piccoli pesci, oligocheti, crostacei, insetti e larve.

Riproduzione: Raggiunge la maturità sessuale a 2-3 anni di età e la stagione riproduttiva è compresa tra l'autunno e l'inverno. Ogni femmina può generalmente deporre da 1000 a 2000 uova per Kg di peso vivo.

Alloctona

Individuo di trota fario catturato sul Riu di Macumei (KRMc01).



TROTA IRIDEA

***Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792**

Ordine: Salmoniformes

Famiglia: Salmonidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5768

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Corpo allungato e affusolato rispetto alla trota fario. Il muso è corto con bocca ampia e dotata di robusti denti. Linea laterale che si estende medialmente dall'opercolo alla coda. La colorazione di fondo è bruno-verdastra, con ventre bianco. Sui fianchi, in corrispondenza della linea laterale, presenta una stria iridescente rosata, la quale diventa più marcata durante il periodo di frega. L'intero corpo, comprese le pinne, è ricoperto da piccole macchie nere.

Origine e distribuzione: Originaria del Nord America, questa specie è stata introdotta in quasi tutti i paesi del mondo per motivi alieutici, ornamentali e legati alla pesca sportiva. È la prima specie alloctona introdotta in Sardegna (1896) ad opera della Regia Scuola Pratica di Agricoltura di Sassari.

Habitat ed ecologia: Specie eurialina è in grado di vivere sia in acque dolci che salate. Colonizza facilmente corsi d'acqua e laghi a differenti quote, adattandosi anche a regimi torrentizi. Capace di tollerare ampie oscillazioni termiche e concentrazioni di ossigeno variabili, questa specie rappresenta una delle principali antagoniste della trota sarda.

Alimentazione: Adatta la sua dieta in funzione dell'ambiente che popola, cibandosi indistintamente di insetti, crostacei, oligocheti e pesci.

Riproduzione: Il periodo riproduttivo è legato alla stagione invernale. Le femmine, in acque basse e ben ossigenate, scavano una depressione su substrato misto, in cui depongono le uova. Una volta che il maschio le feconda vengono ricoperte da ghiaia e sabbia.

Alloctona



← Individuo di trota iridea catturato sul Riu Nurrone (NRSN01).

SCARDOLA

Scardinius erythrophthalmus L., 1758

Ordine: Cypriniformes

Famiglia: Cyprinidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5838

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Specie di taglia media, può raggiungere una lunghezza totale di 30 cm. Il corpo risulta tozzo, compresso lateralmente e ricoperto da grosse scaglie. Il capo è piccolo con bocca obliqua e in posizione mediana, l'occhio è grande e di caratteristico colore rosso. La livrea è bruno-verdastra, con fianchi giallo-argentati e ventre bianco.

Origine e distribuzione: La specie ha un'ampia distribuzione euro-asiatica. In Italia settentrionale è indigena e ben diffusa in tutte le acque del territorio. In Sardegna è stata introdotta da pescatori sportivi.

Habitat ed ecologia: Predilige acque stagnanti o a lento decorso con abbondante vegetazione acquatica. È una specie spiccatamente gregaria e presenta un'ampia tolleranza ad acque inquinate e poco ossigenate.

Riproduzione: Raggiunge la maturità sessuale al secondo anno di vita e la riproduzione ha inizio verso aprile, continuando fino a luglio. Le femmine producono uova piccole, rossastre e adesive, in media 120.000 (per Kg di peso), che schiudono in 1-2 settimane.

Alloctona

Individuo di scardola catturato sul Fiume Flumendosa (PFFI02).



TINCA

Tinca tinca L., 1758

Ordine: Cypriniformes

Famiglia: Ciprinidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5885

Status IUCN Italia: LC (Minor preoccupazione)



Morfologia: È una specie di taglia media, che raggiunge una lunghezza massima di 50 cm e peso di 2.5 kg. Ha corpo tozzo, provvisto di piccole scaglie e ricoperto di abbondante muco. Il dorso è incurvato, il capo è massiccio con bocca protrattile provvista di due corti barbigli ai lati. La colorazione è verde-brunstra nel dorso e giallo-biancastra nel ventre.

Origine e distribuzione: È ampiamente diffusa nelle acque dolci dell'Europa e dell'Asia occidentale. In Italia è indigena in tutte le regioni settentrionali e peninsulari mentre nelle isole è stata introdotta successivamente.

Habitat ed ecologia: Predilige acque calde a lento decorso, ricche di vegetazione e con fondi fangosi nei quali si infossa quando è inattiva. Assai resistente a basse concentrazioni di ossigeno ed escursioni termiche.

Alimentazione: La dieta è molto varia e comprende invertebrati bentonici, anelidi, piccoli gasteropodi, larve di ditteri e resti vegetali che ricerca sul fondo.

Riproduzione: La maturità sessuale è raggiunta al quarto anno di età dalle femmine e al secondo anno di età dai maschi. Il periodo riproduttivo ricade tra maggio e luglio. La femmina depone alcune centinaia di migliaia di uova, a più riprese, incollandole alla vegetazione sommersa. La schiusa avviene dopo 6-8 giorni a temperature sopra i 21°C.

Alloctona



← Individuo di tinca catturato sul Fiume Taloro (KFTa01).

ALOSA

Alosa fallax Lacépède, 1803

Ordine: Clupeiformes

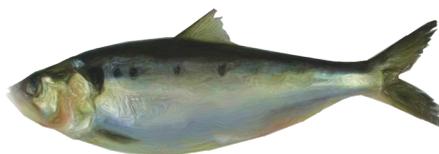
Famiglia: Clupeidae

Convenzione di Berna: Presente

Dir. Habitat: Presente

Cod. Natura 2000: 1103

Status IUCN Italia: VU (Vulnerabile)



Morfologia: È una specie di taglia media, generalmente non supera i 40-45 cm di lunghezza e 400-700 g di peso. Corpo alto, compresso lateralmente e ricoperto di scaglie cicloidi, testa triangolare, bocca obliqua e terminale e occhi grandi con formazioni adipose. Dietro l'opercolo è evidente una serie di macchie scure e rotonde poste longitudinalmente. La parte dorsale è di colore verde azzurro che sfuma poi nell'argento lungo i fianchi, il ventre è anch'esso argenteo o bianco.

Distribuzione: Specie ampiamente diffusa in Europa, sia nel versante Mediterraneo che Atlantico. In Italia è presente nella maggior parte dei corsi d'acqua che costeggiano le coste. In Sardegna un tempo risaliva tutti i principali fiumi, attualmente invece sono presenti alcune popolazioni stanziali nel Lago Omodeo e Medio Flumendosa (bacino del Tirso).

Non avendo eseguito catture non viene riportata la carta di distribuzione e abbondanza in Sardegna.

Habitat ed ecologia: Presenta due forme, una migratrice e una stanziale. Nel primo caso si parla di Alosa (o Cheppia), che presenta comportamento anadromo, cioè vive principalmente in ambiente marino e risale i corsi d'acqua dolce per riprodursi. La forma stanziale, confinata in ambiente lacustre, invece prende il nome di Agone e presenta delle differenze nella livrea e nella morfologia che la differenziano dalla prima.

Alimentazione: In mare l'Alosa si nutre principalmente di piccoli pesci e crostacei planctonici, nelle acque dolci l'Agone presenta una dieta principalmente costituita da piccoli gamberi, latterini e larve di insetti.

Riproduzione: I maschi raggiungono la maturità sessuale tra il secondo e il quarto anno di età mentre le femmine tra il quarto e il quinto anno. L'Alosa risale i fiumi tra febbraio e marzo, la riproduzione avviene in acque basse e a fondo sabbioso. Le uova, molto numerose, vengono deposte sul fondo, in balia della corrente e schiudono in circa 4-5 giorni a temperature maggiori di 16°C.

LAMPREDA

***Petromyzon marinus* L., 1758**

Ordine: Petromyzontiformes

Famiglia: Petromyzontidae

Convenzione di Berna: Presente

Dir. Habitat: Presente

Cod. Natura 2000: 1095

Status IUCN Italia: CR (Critica)



Morfologia: Corpo anguilliforme a sezione subcircolare nella parte anteriore e compresso lateralmente in quella posteriore. Può raggiungere 1 m di lunghezza e i 2 kg di peso. La bocca è circolare, priva di mascelle e provvista di numerosi dentelli cornei. Caratteristici sono i sette fori disposti lateralmente dietro l'occhio, che mettono in comunicazione le tasche branchiali con l'esterno. Vi è un'unica narice e sono assenti scaglie. La livrea varia dal bruno al verdastro sul dorso, mentre il ventre è biancastro.

Origine e distribuzione: La consistenza numerica della popolazione in Europa è in forte rarefazione. Le cause principali sono l'inquinamento e lo sbarramento dei fiumi che impediscono di raggiungere le aree di frega. In Italia le segnalazioni sono sporadiche. In Sardegna la specie era considerata ormai estinta, ma recenti segnalazioni sembrano confermare la sua presenza nel bacino del Tirso. Non avendo eseguito catture non viene riportata la carta di distribuzione e abbondanza in Sardegna.

Habitat ed ecologia: Specie euriterma, eurialina e anadroma. Una volta raggiunta la maturità sessuale migrano verso il mare, dove trascorrono circa tre anni e completano il loro accrescimento, qui frequentano acque di profondità generalmente non superiore ai 500 m. Ad accrescimento ultimato risalgono i fiumi in cerca di acque idonee alla riproduzione, in particolare prediligono acque correnti e fredde con fondo ghiaioso.

Alimentazione: La forma adulta è esclusivamente parassita, si attacca alle prede (costituite da pesci marini e d'acqua dolce) con la bocca, ne lacera i tessuti e ne succhia il sangue, il quale non coagula grazie alla secrezione di una sostanza anticoagulante.

Riproduzione: Raggiunge la maturità sessuale a circa 5-9 anni di età. Una volta risalito il fiume il maschio scava una fossa, si avvinghia con la bocca alla femmina inducendo la deposizione delle uova che feconderà in contemporanea. Dopo la riproduzione gli adulti muoiono.

**Autoctona
non rinvenuta**

PSEUDORASBORA

Pseudorasbora parva Schlegel, 1842

Ordine: Cypriniformes

Famiglia: Cyprinidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5807

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



Morfologia: Specie di piccola taglia, raggiunge la lunghezza massima di 11 cm. Il corpo è allungato, fusiforme, compresso lateralmente e rivestito da scaglie cicloidi di medie dimensioni. La testa è conica e la bocca è in posizione supera. Sono assenti i barbigli. La colorazione varia dal bruno, al giallastro e al grigio sul dorso mentre nel ventre è bianca.

Origine e distribuzione: È originaria dell'Asia orientale. Negli anni Sessanta è stata accidentalmente introdotta nel basso bacino del Danubio e da allora ha velocemente colonizzato le acque interne dell'Europa. In Italia la prima segnalazione si è registrata in Reggio Emilia nel 1988 e da allora la specie sta continuando ad espandere il suo areale nella penisola.

Non avendo eseguito catture non viene riportata la carta di distribuzione e abbondanza in Sardegna.

Habitat ed ecologia: Predilige corsi d'acqua a corrente moderata, con fondo sabbioso e ricchi di vegetazione. Mostra un comportamento gregario, forma infatti banchi numerosi. Sembra in grado di resistere bene ad alterazioni ambientali ed inquinamento.

Alimentazione: Gli adulti presentano una dieta onnivora, cibandosi di varie specie di insetti acquatici, anellidi, molluschi, crostacei anfipodi ed isopodi, mentre i giovani si cibano esclusivamente di zooplancton.

Riproduzione: La maturità sessuale viene raggiunta al secondo anno di vita. L'accoppiamento si svolge in tarda primavera, in acque con temperature comprese tra 16-18°C e ricche di vegetazione sommersa. Le uova vengono deposte, a più riprese, in un'area precedentemente pulita dal maschio e schiudono dopo circa 6-8 giorni a temperature superiori ai 21°C.

GLOSSARIO

- **Alloctona:** specie introdotta dall'uomo (volontariamente o accidentalmente) al di fuori del suo areale originario, dove riesce a stabilizzarsi e sostenere le proprie popolazioni nel tempo.
- **Aplotipo:** rappresenta una specifica combinazione di alleli presenti lungo un tratto del cromosoma.
- **Area di nursery:** area di accrescimento delle forme giovanili di varie specie nel loro primo anno di vita, solitamente caratterizzata da un elevato grado di protezione dai predatori.
- **Areale:** rappresenta l'area geografica occupata da una determinata specie.
- **Autoctona:** specie che si è originata ed evoluta nel territorio in cui si trova.
- **Avannotto:** termine che indica i piccoli nati dei pesci, dal momento in cui assumono le sembianze dell'adulto, quindi appena finita la fase larvale.
- **Bacino idrografico di un fiume:** rappresenta tutto il territorio che viene drenato da quel fiume e dalla rete dei suoi affluenti; raccoglie tutte le acque dilavanti che confluiscono in quel fiume.
- **Biodiversità:** varietà di organismi viventi, nelle loro diverse forme e nei rispettivi ecosistemi. Comprende l'intera variabilità biologica: di geni, specie, nicchie ecologiche ed ecosistemi.
- **Caratteri meristici:** rappresentano grandezze che possono essere contate (come numero di macchie di colore nero, numero di raggi delle pinne etc.).
- **Caratteri morfologici:** caratteri basati sull'aspetto esteriore di un organismo vivente.
- **Classificazione:** modalità con le quali vengono raggruppati, sistemati e categorizzati gli organismi viventi e fossili. Classificare gli organismi vuol dire riunirli in categorie in base a quello che hanno in comune.
- **DNA:** acronimo dell'Acido Desossiribonucleico rappresenta un acido nucleico che contiene le informazioni genetiche necessarie alla sintesi di RNA e proteine, molecole indispensabili per lo sviluppo ed il corretto funzionamento della maggior parte degli organismi viventi. Contiene l'informazione genetica.

- **DNA mitocondriale:** rappresenta il DNA collocato nei mitocondri (organelli cellulari), il quale si differenzia per struttura da quello nucleare. Viene ereditato esclusivamente dalla madre.
- **DNA nucleare:** rappresenta il DNA collocato nel nucleo delle cellule. Questo viene ereditato al 50% dalla madre e al 50% dal padre, dunque il DNA della progenie sarà il risultato della combinazione del DNA dei genitori.
- **Elettroforesi:** rappresenta una tecnica utilizzata per analizzare e separare acidi nucleici. Sfrutta le cariche presenti sul DNA per farle migrare in un campo elettrico.
- **Endemismo:** è la presenza esclusiva e caratteristica di determinate specie animali o vegetali in una regione circoscritta.
- **Eterozigoti:** condizione genetica di una cellula o di un organismo costituita dalla presenza di una coppia di alleli diversi per un dato gene.
- **Eurialina:** specie capace di vivere in acque a differenti livelli di salinità.
- **Fenotipo:** rappresenta l'insieme delle caratteristiche morfologiche determinate dall'interazione tra fattori ambientali e genotipo.
- **Filogenesi:** storia evolutiva di un gruppo di organismi in considerazione delle loro relazioni reciproche di discendenza e di affinità.
- **Genoma:** rappresenta la totalità del DNA e dell'RNA contenuta in un organismo; dunque la totalità dell'informazione genetica.
- **Habitat:** luogo le cui caratteristiche fisiche e abiotiche possono permettere a una data specie di vivere, svilupparsi e riprodursi.
- **Ibridazione:** processo attraverso il quale si incrociano specie o varietà diverse di qualsiasi famiglia animale o vegetale.
- **Incubatoi:** strutture all'interno delle quali si sviluppano le uova deposte.
- **Introgresione:** introduzione di geni di una specie nel patrimonio genico di un'altra, a seguito di ibridazione e successivi reincroci.
- **Morfotipo:** tipologia morfologica che accomuna e distingue un gruppo di individui.
- **Omozigosi:** si contrappone all'eterozigosi. È la condizione in cui ognuno dei due o più alleli dello stesso gene, presenti in ciascun cromosoma omologo, codificano in maniera

- identica. Di conseguenza avviene la produzione di gameti uguali per quel carattere.
- **PCR:** acronimo di Polymerase Chain Reaction (reazione a catena della polimerasi) rappresenta una tecnica di biologia molecolare che consente la moltiplicazione (amplificazione) di frammenti di acidi nucleici dei quali si conoscano le sequenze nucleotidiche iniziali e terminali. L'amplificazione mediante PCR consente di ottenere in vitro molto rapidamente la quantità di materiale genetico necessaria per le successive applicazioni.
 - **Piscivora:** dieta carnivora che consiste in gran parte di pesce, sebbene una dieta piscivora possa includere anche alimenti acquatici simili come insetti acquatici, meduse, molluschi e crostacei.
 - **Plasticità fenotipica:** capacità di un individuo di svilupparsi in differenti fenotipi in relazione a differenti condizioni ambientali.
 - **Regime idrologico:** insieme delle variazioni annuali della portata del fiume. Si distingue in: torrentizio (caratterizzato da portate massime in primavera/autunno e secche estive); alpino (portate maggiori in estate in seguito allo scioglimento dei ghiacciai); mediterraneo (elevata piovosità invernale ed estati secche).
 - **Reticolo idrografico:** Insieme degli alvei naturali che compongono il complesso sistema di ruscelli e torrenti che confluiscono nel corso principale.
 - **Sacco vitellino:** formazione anatomica a forma di sacco che, nei cordati (gruppo tassonomico a cui appartengono tutti i vertebrati), assolve alle funzioni nutrizionali nei primi stadi di sviluppo dell'organismo. Negli avannotti dei pesci teleostei è ben riconoscibile nei primissimi giorni dopo l'uscita dall'uovo.
 - **Salmonidi:** famiglia di pesci teleostei comprendente numerose specie esclusive d'acqua dolce o che compiono parte del proprio ciclo in mare (trota, salmone etc.). Tutti i salmonidi sono caratterizzati dalla presenza di una seconda pinna dorsale adiposa.
 - **Semina:** introdurre uova o avannotti in un corso d'acqua, lago o impianto di allevamento.
 - **Sistematica:** scienza che classifica

gli esseri viventi in un sistema gerarchico sulla base delle relazioni evolutive. Ha come scopo la ricostruzione delle relazioni di parentela evolutiva di gruppi di organismi. La sistematica inoltre attribuisce un nome a ciascuna specie, attraverso la nomenclatura binomia (ciascun nome è formato da 2 componenti: genere ed epiteto specifico, seguiti dal nome dell'autore e dall'anno in cui è stata classificata la specie).

- **Sistemi lentic:** rappresentativo di acque stagnanti e prive di flusso definito (laghi, stagni, paludi, pozze, torbiere, risaie, acque sotterranee).
- **Sistemi lotici:** rappresentativo di acque correnti a movimento continuo e unidirezionale (fiumi, ruscelli e torrenti).
- **Specie nativa:** specie originaria di un determinato territorio.
- **Taglia di prima maturità (TPM):** indica la lunghezza media che una determinata specie presenta al raggiungimento della maturità sessuale.
- **Tassonomia:** rappresenta lo studio delle regole di classificazione, indicando i criteri con cui si ordinano gli organismi in un sistema di classificazione.
- **Specie polimorfica:** specie che può essere rappresentata da forme, aspetti o comportamenti differenti.
- **Taxon:** raggruppamento di organismi distinguibili morfologicamente e geneticamente da altri e riconoscibili come unità sistematica, posizionata all'interno della struttura gerarchica della classificazione scientifica
- **Transfaunazione:** introduzione di una specie in un'area in cui prima non era presente per motivi biogeografici o ecologici
- **Variabilità genetica:** è una caratteristica ritenuta vantaggiosa per la sopravvivenza delle specie e descrive l'esistenza di molte versioni genetiche diverse di uno stesso organismo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CETTI F. (1777). Anfibi e Pesci di Sardegna. Stamperia di Giuseppe Piattoli, Sassari. www.archive.org/details/anfibiepescidisa00cett.
- [2] VINCIGUERRA D. (1895). Indagini praticate in Sardegna per determinare la possibilità di ripopolarne le acque dolci e di esercitarvi l'ostricoltura. Bollettino delle Notizie Agrarie, Ministero dell'Agricoltura e dell'Industria Commerciale XVII 1:22.
- [3] HOBBS H.H. (1989). An illustrated checklist of the American crayfishes (Decapoda: Astacidae, Cambaridae and Parastacidae). Smithsonian Contributions to Zoology 480: 1-236.
- [4] GHERARDI F. HOLDICH D.M. (1999). Crayfish in Europe as Alien Species. How to Make the Best of a Bad Situation? Balkema A.A., Rotterdam, The Netherlands.
- [5] ORRÙ F., MURA M., DAVINI M.A., MASSIDDA P., CAU A. (2006). Prima segnalazione della specie alloctona *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea, Decapoda) in Sardegna. In: Atti del XVIII Congresso Internazionale Sicurezza alimentare, Rischio biologico e chimico, Certificazione integrata, Biomonitoraggio ambientale. S. Dumontet, E. Landi, F. Pastoni (Eds). Ordine Nazionale dei Biologi, Roma, 2: 95-100.
- [6] AMOURET J., BERTOCCHI S., BRUSCONI S., FONDI M., GHERARDI F., GRANDJEAN F., CHESSA A.L., TRICARICO E., SOUTY-GROSSET C. (2015). The first record of translocated white-clawed crayfish from the *Austropotamobius pallipes complex* in Sardinia (Italy). Journal of Limnology 74(3): 491-500.
- [7] ORRU F., DEIANA M., CAU A. (2010). Introduction and distribution of alien freshwater fishes on the island of Sardinia (Italy): An assessment on the basis of existing data sources. Journal of Applied Ichthyology 26:4652.
- [8] MASSIDA P. TURIN P. (1988). Primi dati per una carta ittica del Flumendosa. In: Atti del Convegno sulla Carta Ittica del Piemonte.
- [9] BEHNKE R.J. (1972). The systematics of salmonid fishes of recently glaciated lakes. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 29: 639-671.
- [10] KOTTELAT M. FREYHOF J. (2007). Handbook of European Freshwater Fishes. Publications Kottelat, Cornol.
- [11] DELLING B., DOADRIO I. (2005). Systematics of the the trouts endemic to Moroccan lakes, with description of new species (Teleostei: Salmonidae). Ichthyological Exploration of Freshwaters 16:49-64.

- [12] DOADRIO I., PEREA S., YAHYAOU I. A. (2015). Two new species of Atlantic trout (Actinopterygii, Salmonidae) from Morocco. *Graellsia* 71(2): e031.
- [13] TURAN D., KOTTELAT M., ENGIN S. (2010). Two new species of trouts, resident and migratory, sympatric in streams of northern Anatolia (Salmoniformes: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 20: 289-384.
- [14] BEHNKE R.J. (1972). The systematics of salmonid fishes of recently glaciated lakes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29: 639-671
- [15] DUMÉRIL A.M. (1858). Note sur une truite d'Algérie (*Salar macrostigma*, A. Dum.). *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences* 47: 160-162.
- [16] BOULANGER G.A. (1901). On the occurrence of *Salmo macrostigma* in Sardinia. *The Annals and magazine of Natural history London* pp. 1.
- [17] POMINI F.A. (1940). Ricerche sul *Salmo macrostigma* Dum. Estratto dal: *Bollettino di Pesca, Piscicoltura e di Idrobiologia* 16(3): 3-63.
- [18] BARATTI M., NONNIS MARZANO E., FRATINI S., PICCININI A., PATARNELLO T., DESSI' FULGHERI F., GANDOLFI G. (2006) Caratterizzazione genetica delle popolazioni di Trota fario del Parco delle Foreste Casentinesi. *Biologia Ambientale* 1:237-240.
- [19] GANDOLFI G., TORRICELLI P., ZERUNIAN S., MARCONATO A., CORSETTI L. (1991). I pesci delle acque dolci italiane. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 618.
- [20] ZERUNIAN S. (2002). Condannati all'estinzione? Biodiversità, biologia, minacce e strategie di conservazione dei pesci d'acqua dolce indigeni in Italia. Eds: Edagricole, Bologna, pp. 220.
- [21] SCHOFFMANN J., SUSNIK S., SNOJ A. (2007). Phylogenetic origin of *Salmo trutta* L. 1758 from Sicily, based on mitochondrial and nuclear DNA analyses. *Hydrobiologia*, 575, 51-55.
- [22] BERNATCHEZ L., GUYOMARD R., BONHOMME F. (1992). DNA sequence variation of the mitochondrial control region among geographically and morphologically remote European brown trout *Salmo trutta* populations. *Molecular Ecology* 1: 161-173.
- [23] BERNATCHEZ L. (2001). The evolutionary history of Brown Trout (*Salmo*

trutta L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution* 55(2): 351-379.

[24] BERREBI P. (1995). Etude gènétique des truites de Corse. Laboratoire Génome et Populations, Université de Montpellier pour Parc Naturel Régional de Corse.

[25] BERREBI P., CAPUTO V. BARUCCHI., SPLENDIANI A., MURACCIOLE S., SABATINI A., PALMAS F., TOUGARDA C., ARCULEO M., MARIC S. (2018). Brown trout (*Salmo trutta* L.) high genetic diversity around the Tyrrhenian Sea as revealed by nuclear and mitochondrial markers. *Hydrobiologia* 826: 201-231.

[26] SABATINI A., CANNAS R., FOLLESA M.C., PALMAS F., MANUNZA A., MATTA G., PENDUGIU A.A., SERRA P., CAU A. (2011). Genetic characterization and artificial reproduction attempt of endemic Sardinian trout *Salmo trutta* L., 1758 (Osteichthyes, Salmonidae): experiences in captivity. *Italian Journal of Zoology*, 78(1): 20-26.

[27] ZACCARA S., TRASFORINI S., ANTOGNAZZA C.M., PUZZI C., BRITTON J.R., CROSA G. (2015). Morphological and genetic characterization of Sardinian trout *Salmo cettii* Rafinesque, 1810 and their conservation implications. *Hydrobiologia* 760 (1): 205-223.

[28] CAU A., CANNAS R., CONTI G., LODDO G., MASSIDDA P. (1997). Valutazione della popolazione della trota sarda *Salmo trutta macrostigma* nelle acque interne della Sardegna ai fini del suo recupero. Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia. Relazione Finale, pp. 108.

[29] MASSIDDA P., CONTI G., LODDO G., CAU A. (2008). Pesci d'acqua dolce della Sardegna. Aisara, Cagliari.

[30] RONDININI C., BATTISTONI A., PERONACE V., TEOFILI C. (Eds) (2013). Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani. Rome: Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Available at <http://www.iucn.it/scheda.php?id=1082856409>.

[31] AAVV (2013). Metodi Biologici per le acque superficiali interne. ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma www.isprambiente.gov.it.

[32] ZIPPIN C. (1958). The removal method of population estimation. *Journal of wildlife management* 22: 82-90.

[33] MOYLE P.B., NICHOLS R.D. (1973). Ecology of some native and introduced fishes of the Sierra Nevada foothills in central California. *Copeia*, 478-490.

- [34] CAU A., MASSIDDA P., LODDO G., DAVINI M. A. (2001). Acque a salmonidi e ciprinidi, campagna 1999/00. Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia. Relazione Finale.
- [35] BERNATCHEZ L., DANZMANN R. G. (1993). Congruence in control-region sequence and restriction-site variation in mitochondrial DNA of brook charr (*Salvelinus fontinalis* Mitchill). *Molecular Biology and Evolution* 10: 1002-1014.
- [36] MCMEEL O.M., HOEY E.M., FERGUSON A. (2001). Partial nucleotide sequences, and routine typing by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism, of the brown trout (*Salmo trutta*) lactate dehydrogenase, LDH-C1*90 and *100 alleles. *Molecular Ecology* 10: 29-34.
- [37] ESTOUP A., PRESA P., KRIEG F. (1993). (CT)_n and (GT)_n microsatellites: a new class of genetic markers for *Salmo trutta* L. (brown trout). *Heredity* 71: 488-496.
- [38] O'REILLY P.T., HAMILTON L.C., MCCONNELL S.K., WRIGHT J.M. (1996). Rapid analysis of genetic variation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) by PCR multiplexing of dinucleotide and tetranucleotide microsatellites. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science* 53: 2292-2298.
- [39] SLETTAN A., OLSAKER I., LIE, Ø. (1995). Atlantic salmon, *Salmo salar*, microsatellites at the SSOSL25, SSOSL85, SSOSL311, SSOSL417 loci. *Animal Genetics* 26: 281-282.
- [40] PATERSON S., PIERTNEY S.B., KNOX D., GILBEY J., VERSPOOR E. (2004). Characterization and PCR multiplexing of novel highly variable tetranucleotide Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) microsatellites. *Molecular Ecological Notes* 4: 160-162.
- [41] REXROAD C.E., COLEMAN R.L., HERSHBERGER W.K., KILLEFER J. (2002). Rapid communication: thirty-eight polymorphic microsatellite markers for mapping in rainbow trout. *Journal of Animal Science* 80: 541-542.
- [42] KING T.L., EACKLES M.S., LETCHER B.H. (2005). Microsatellite DNA markers for the study of Atlantic salmon (*Salmo salar*) Kinship, population structure, and mixed-fishery analysis. *Molecular Ecological Notes* 5: 130-132.
- [43] CAIRNEY M., TAGGART J.B., HOYHEIM B. (2000). Characterization of microsatellite and minisatellite loci in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and cross-species amplification in other salmonids. *Molecular Ecology* 9: 2155-2234.
- [44] ZANETTI M., FLORIS B., TURIN P., BELLIO M., PICCOLO D., POSENATO S., BUA R., SILIGARDI M. (2007). Carta ittica di primo livello dei principali bacini idrografici della Provincia di Cagliari. Provincia di Cagliari, pp. 98.

- [45] ZIRICHILTAGGI-SARDINIA WILDLIFE CONSERVATION. (2012). Carta ittica di I livello della Provincia di Sassari: indagine conoscitiva sull'ittiofauna presente nelle acque scorrenti. Provincia di Sassari, pp. 206.
- [46] COTTIGLIA M. (1968). La distribuzione dell'ittiofauna dulciacquicola in Sardegna. *Rivista di idrobiologia* 7(1): 64-115.
- [47] CASU M., SCARPA F., COSSU P., LAI T., CURINI-GALLETTI M., VARCASIA A. SANNA D. (2016). First record of *Esox cisalpinus* (Teleostea: Esocidae) in Sardinia with insight on its mitochondrial DNA genetic variability. *Italian Journal of Zoology* 83(4), 514–523.
- [48] BERREBI P. (2015). Three brown trout *Salmo trutta* lineages in Corsica described through allozyme variation. *Journal of Fish Biology* 86(1): 60-73.