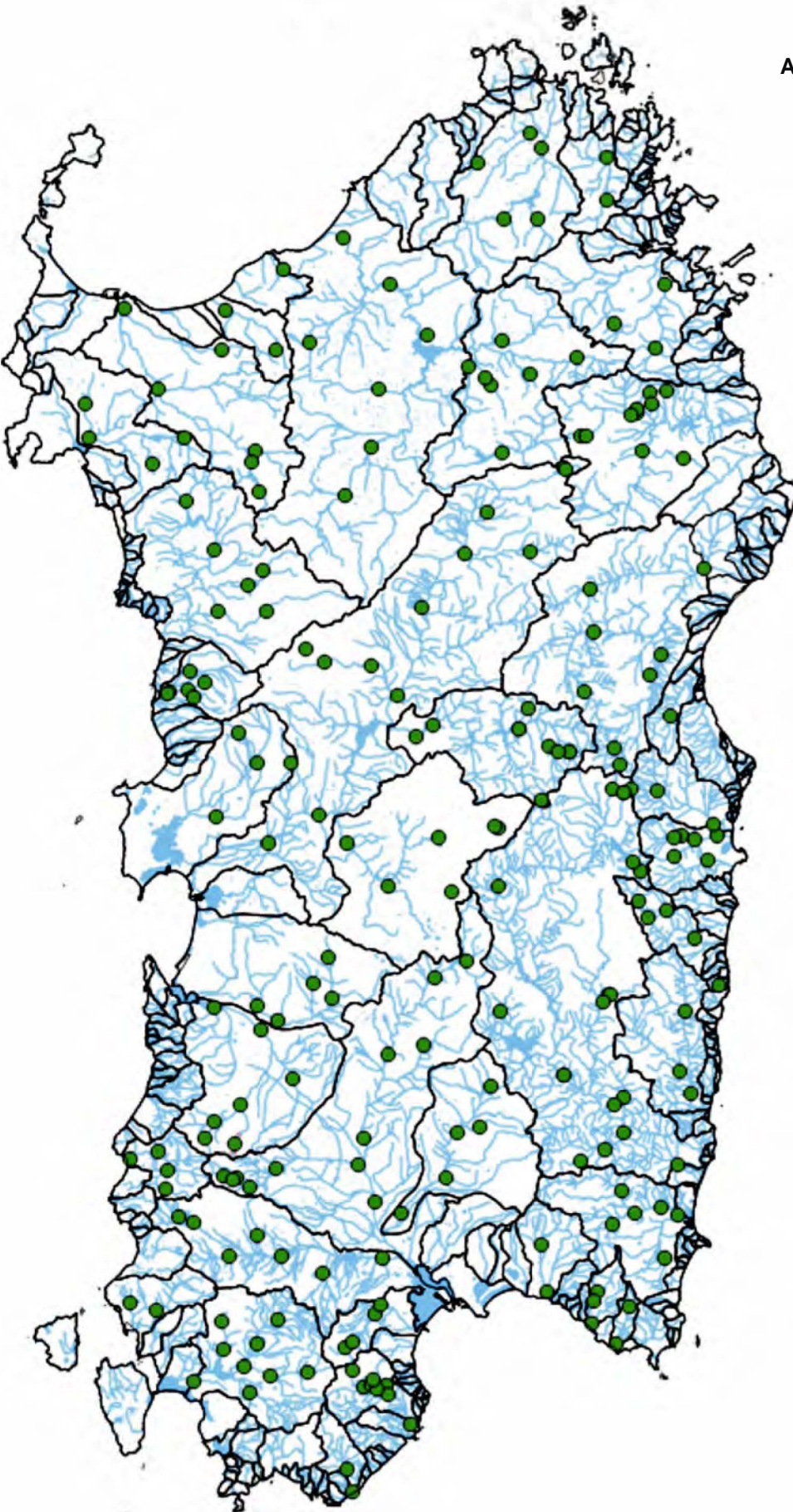




**REGIONE AUTONOMA
DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA**



Allegato alla Delib.G.R. n. 2/28 del 20.1.2022



CARTA ITTICA DELLA SARDEGNA

**CAMPAGNA MONITORAGGIO
2016/2020**

VOL. I - PARTE GENERALE

ACQUE DOLCI

Carta Ittica della Sardegna

Vol. I - Parte generale



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Regione Autonoma della Sardegna
Assessorato della Difesa dell'Ambiente
Direzione Generale della Difesa dell'Ambiente
Servizio Tutela della natura e politiche forestali



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

© 2021 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 nel 2021

Hanno collaborato alla realizzazione della presente pubblicazione

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

Dirigente del Servizio: Ing. Giuliano Patteri

Coordinamento del progetto: Dott.ssa Laura Cappai – Dott.ssa Maria Bonaria Careddu –
Ing. Elisa Maria Mocci.

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 Serenella Cabiddu - 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 - Parte generale

PREMESSA	1
INTRODUZIONE	5
LA RETE IDROGRAFICA DELLA SARDEGNA	7
FAUNA ITTICA DELLE ACQUE DOLCI DELLA SARDEGNA	11
La zonazione ittica	13
PIANIFICAZIONE DELLE ATTIVITA'	17
Ricognizione documentale	17
Piano di monitoraggio	20
Campionamento ittico	22
Elaborazioni e analisi statistiche	24
Rilevamento ed elaborazione dei parametri ambientali	25
Indagine genetica	26
DISTRIBUZIONE E CONSISTENZA DELLE SPECIE ITTICHE IN SARDEGNA	31
SCHEDE RIASSUNTIVE DELLE SPECIE	40
ANGUILLA EUROPEA	42
CAGNETTA	44
LATTERINO	46
SPINARELLO	48
TROTA SARDA	50
ALOSA	52
LAMPREDA	53
ALBORELLA	54
CARASSIO	56
CARPA	58
COBITE	60
GAMBUSIA	62
LUCCIO CISALPINO	64
PERSICO REALE	66
PERSICO SOLE	68
PERSICO TROTA	70
PESCE GATTO	72

PSEUDORASBORA	74
TROTA FARIO	76
TROTA IRIDEA	78
SCARDOLA	80
TINCA	82
TRIOTTO	84
APPROFONDIMENTI SULLE SPECIE ALLOCTONE INVASIVE	85
Il gambero della Louisiana in Sardegna	91
Il caso del gambero marmorato in Sardegna	93
Impatti della specie sui servizi ecosistemici	98
Considerazioni sulle strategie per il controllo e la gestione delle specie alloctone invasive	99
APPROFONDIMENTI SU DUE SPECIE AUTOCTONE DI RILEVANTE INTERESSE	103
La trota sarda	103
Tassonomia	103
Distribuzione, morfologia e biologia	107
Stato di protezione e normativa di riferimento	110
Sintesi sulla consistenza delle popolazioni salmonicole	114
Caratterizzazione genetica delle popolazioni salmonicole	116
Popolazioni di trota sarda <i>Salmo ghigii</i>	120
L'anguilla europea	122
Bio-ecologia della specie	122
Distribuzione in Sardegna	125
STATO DI SALUTE	131
DELL'AMBIENTE FLUVIALE	131
Indice di Funzionalità Fluviale	131
Presenza di rifiuti nei fiumi	134
IL SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO	137
CONCLUSIONI	139
Indicazioni gestionali	142
BIBLIOGRAFIA	145

Vol. II - Schede dei bacini indagati

LEGENDA	163
A - Minori tra Mannu di Porto Torres e Temo	165
B - Bacino del Mannu di Porto Torres	171
C - Minori tra Mannu di Porto Torres e Coghinas	181
D - Bacino del Coghinas	187
F - Bacino del Liscia	203
G - Minori tra Liscia e Padrongiano	211
H - Bacino del Padrongiano	217
L - Bacino del Posada	223
N - Bacino del Cedrino	237
O - Minori tra Cedrino e Flumendosa	249
P - Bacino del Flumendosa	267
Q - Minori tra Flumendosa e Mannu	287
R - Bacino del Flumini Mannu	301
S - Minori tra il Flumini Mannu e il Palmas	327
T - Bacino del Palmas	341
U - Minori tra Palmas e Mannu di Pabillonis	353
V - Bacino del Flumini Mannu di Pabillonis	361
K - Bacino del Tirso	371
Y - Minori tra Tirso e Temo	399
X - Bacino del Temo	415
Z - Minori tra Mannu di Pabillonis e Tirso	423



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

PREMESSA

La pubblicazione della Carta Ittica della Sardegna rappresenta un nuovo fondamentale passo in avanti lungo il percorso di tutela e valorizzazione del patrimonio naturalistico e ambientale regionale intrapreso dall'Assessorato della difesa dell'ambiente.

Questo traguardo ci conferma che la nostra strategia, basata sul trionfo 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 (DiSVA), 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 Qua-

dro 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 Carta Ittica della Sardegna, attraverso la campagna di monitoraggio 2016/2017 (CM1), 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 ed un approfondimento sulla consistenza delle popolazioni di salmonidi, in particolare della *Salmo ghigii* (ex *Salmo cettii* ex *S. trutta macrostigma*) denominata comunemente

Trota sarda ed unico salmonide endemico della Sardegna, ricompreso nell'allegato II della Direttiva Habitat perché in pericolo di estinzione. La campagna 2018/2020 (CM2) completa il quadro delle conoscenze sugli ecosistemi fluviali e sulle popolazioni ittiche che li abitano, estendendo gli studi ai tratti vallivi dei fiumi sardi. Apre una finestra sulla problematica delle specie aliene che, in particolar modo per quelle che presentano spiccate capacità invasive o di inquinamento genetico, costituisce uno dei più importanti fattori di perdita di biodiversità in ambito fluviale e la cui presenza e diffusione può costituire un processo al quale è molto difficile rimediare.

La validità dei risultati conseguiti dalla Carta Ittica deriva da una importante attività di campionamento e di analisi dei dati, in particolare di tipo genetico per lo studio specifico delle popolazioni di salmonidi, che hanno consentito l'individuazione di nuove popolazioni di Trota sarda geneticamente pure.

La localizzazione montana, pressoché estrema, dei siti dove hanno trovato rifugio queste popolazioni residuali di *Salmo ghigii* che rappresenta il ceppo genetico autoctono

della Sardegna, racconta molto delle pressioni antropiche che hanno potuto minacciare la sopravvivenza di questa specie, 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 sponta-

neo, 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 chiamati 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) ed 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 riconosce il 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 ad una rivalutazione della reale efficacia delle attuali modalità applicative della regolamentazione vigente in materia di pesca delle specie ittiche di acqua dolce per una corretta gestione della risorsa ed alla valorizzazione sostenibile dei territori fluviali.

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.

L'Assessore
Gianni Lampis



Le attività di ripopolamento

Esemplari di trota sarda (*Salmo ghigii* Pomini, 1941), rilasciati durante le fasi di ripopolamento presso il Fiume Flumendosa nell'ambito del

progetto di salvaguardia delle popolazioni di trota sarda.

INTRODUZIONE

La Carta Ittica della Sardegna rappresenta un importante traguardo del percorso di tutela e salvaguardia del patrimonio naturalistico ed ambientale del territorio intrapreso dall'Assessorato della Difesa dell'Ambiente: costituisce la sintesi di un lavoro di ricerca applicata per l'aggiornamento delle informazioni sulle popolazioni ittiche presenti nelle acque dolci, 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 accordi di collaborazione tecnico-scientifica stipulati 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 (Di-SVA) dell'Università degli Studi di Ca-

gliari (repertori Ras n 27002-1 A.D.A. del 18.12.2015 e n. 7304-12 A.D.A. del 29.03.2018).

Il progetto di indagine della prima fase (CM1 ex "Carta Ittica tratti montani") è stato dedicato all'approfondimento delle conoscenze sullo stato della fauna ittica nei tratti montani dei fiumi della Sardegna, con particolare attenzione ai siti di popolamento della forma geneticamente pura della trota sarda (*Salmo ghigi ex Salmo cetti ex Salmo trutta macrostigma*), per assolvere all'esigenza di una maggiore conoscenza dello stato di conservazione di questa importante specie, unica salmonicola in Sardegna e a rischio d'estinzione.

La prima fase ha portato infatti all'individuazione, attraverso la realizzazione di approfondite indagini genetiche, di ulteriori siti ove ancora sopravvive la trota sarda nella forma pura, infor-

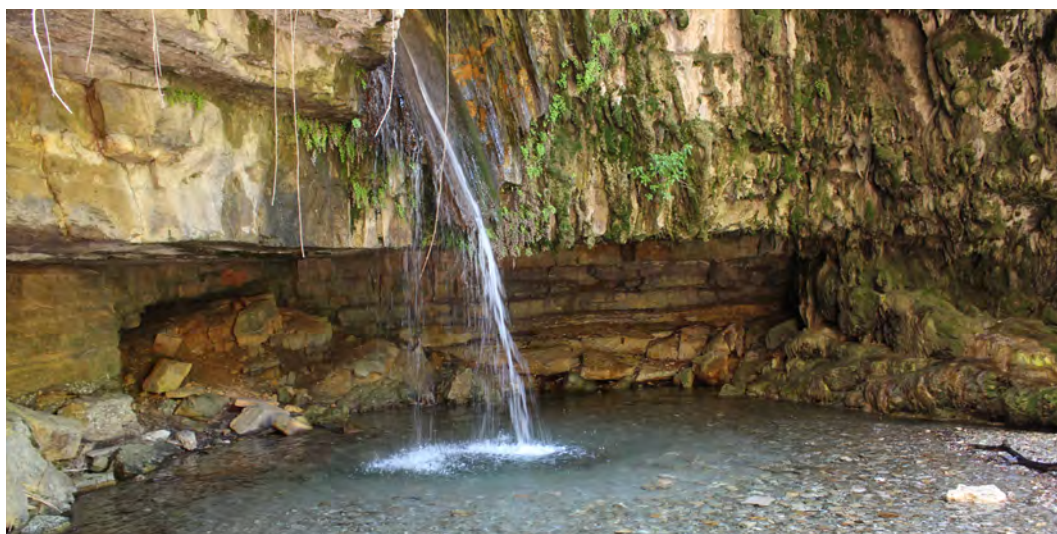


Fig. 1. Particolare del monumento naturale de Su Stampu 'e su Turrunu (Sadali).

mazione basilare per l'attivazione di forme di tutela sito-specifiche. È stato realizzato inoltre un rilevante lavoro di raccolta e riorganizzazione delle informazioni disponibili in ambito regionale derivanti dalle attività di monitoraggio nei bacini idrografici condotte nel tempo, e a vario titolo, dai diversi Enti con competenze in materia. Per questo, la realizzazione di questa fase ha comportato una importante azione di raccordo tra le diverse iniziative già sviluppate a livello locale e ha previsto un piano di monitoraggio per la raccolta dei dati in campo, indirizzato prioritariamente ai bacini risultati carenti di informazioni. Ciò ha consentito di porre a sistema tutti i dati disponibili e di ricostruire un quadro esaustivo e completo della reale situazione generale, per costituire una base dati regionale di riferimento comune, disponibile nel Sistema Informativo Ambientale Regionale (SIRA). La seconda fase (CM2), condotta con analogo progetto di indagine, ha esteso gli studi e i monitoraggi ai tratti vallivi dei fiumi, orientando il focus sulla presenza e diffusione delle specie alloctone che rappresentano ormai uno dei più gravi fattori di disturbo degli ecosistemi acquatici a livello globale.

L'auspicio è 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, oltre che costituire una fonte di dati a disposizione di tutti i portatori di interesse e degli Enti incaricati della gestione delle acque interne.

La conoscenza e la disseminazione dei risultati sono infatti il presupposto essenziale per individuare azioni concrete di salvaguardia, che mirino alla rimozione, o quantomeno al contenimento, dei fattori limitanti e di disturbo che ostacolano la normale crescita, non solo delle popolazioni di trota sarda, ma di tutte le popolazioni ittiche autoctone presenti.

Solo 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 ad 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. 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

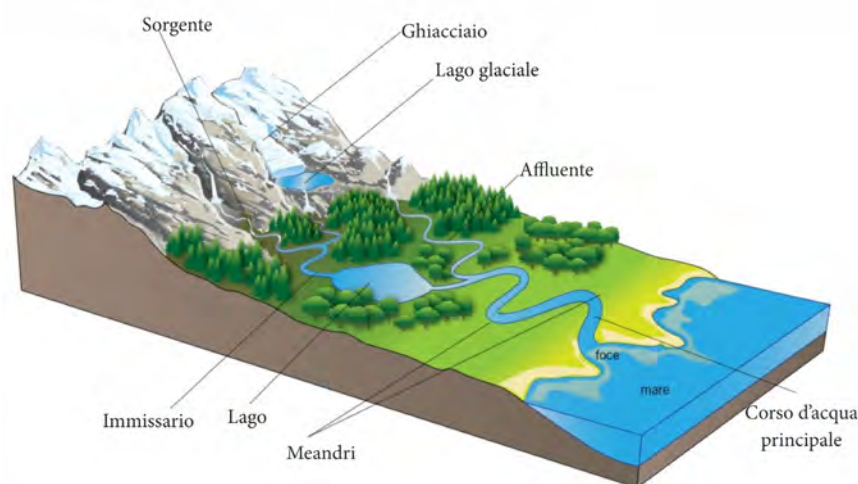


Fig. 2. Schematizzazione di un bacino idrografico generico.

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 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 o con basse portate 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.

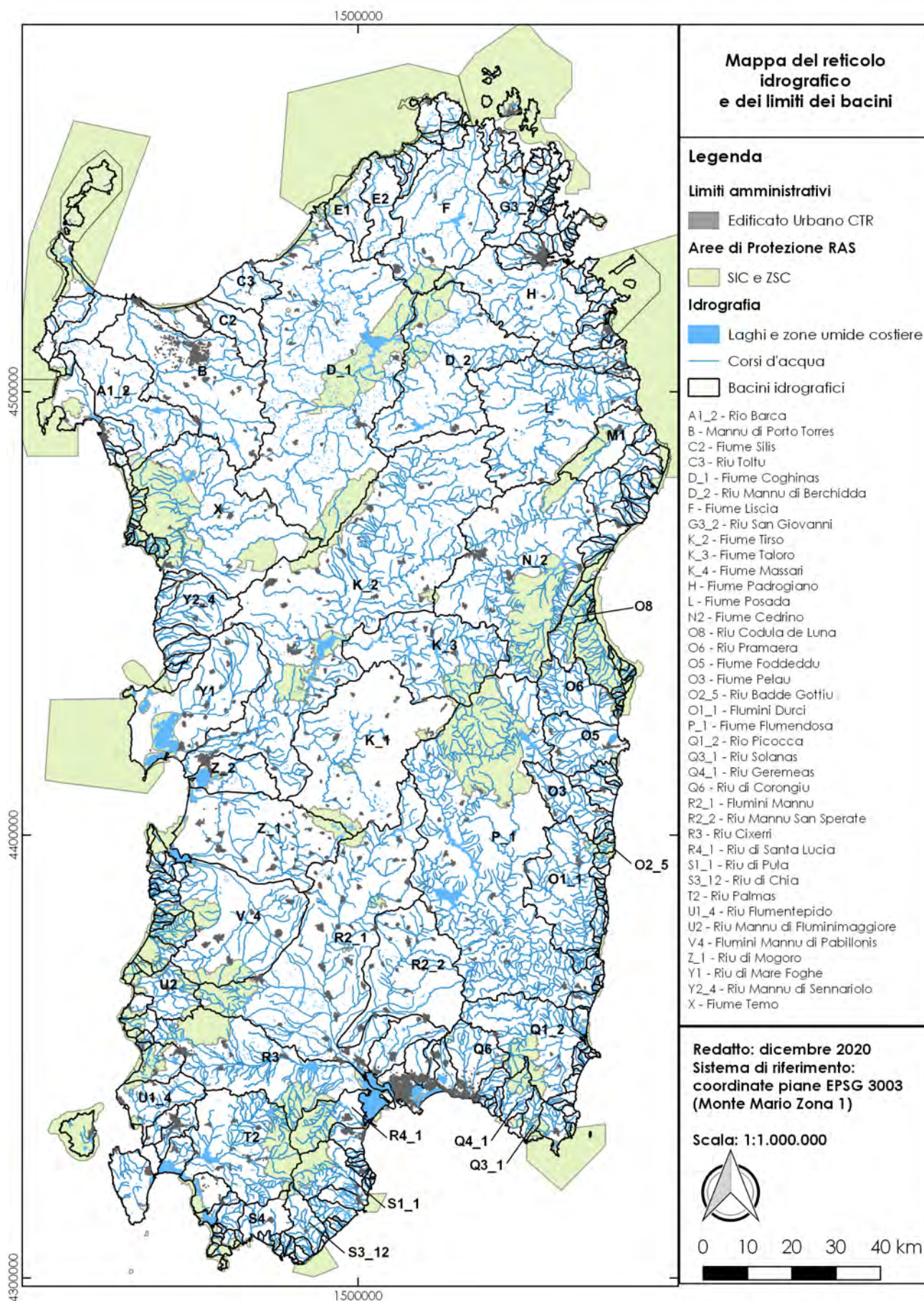


Fig. 3. Carta del reticolo idrografico e limiti dei bacini della Sardegna.



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.

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 costituendo l'attuale distribuzione delle specie indigene tra cui la trota sarda *S. ghigii*.

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'ittiologo-fisico Decio Vinciguerra nel 1895 (Cetti, 1777; Vinciguerra, 1895).

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 70% delle specie ittiche delle acque interne risulta di origine alloctona, frutto di immissioni avvenute a partire dal 1896. Una trattazione più approfondita sulle specie alloctone in Sardegna è riportata nel capitolo "Approfondimento sulle specie ittiche alloctone".

Infine, si segnalano le introduzioni di

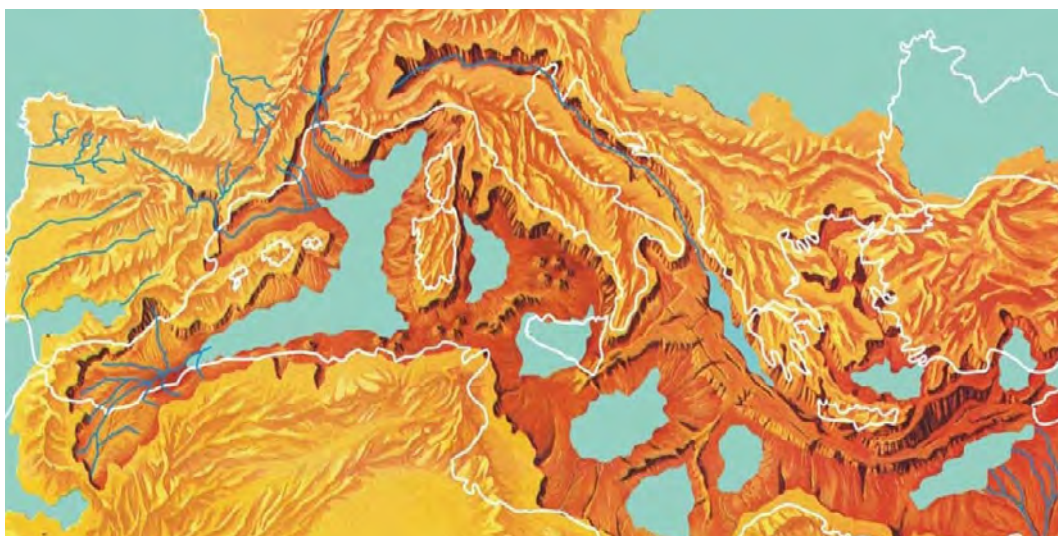


Fig. 4. Situazione del Mediterraneo durante la crisi del Messiniano (circa 5 Ma).
Fonte: <https://iberiacunadelahumanidad.wordpress.com/lectura-libre/paleogeomorfological-de-lapenisula-iberica-y-los-primeros-pobladores-fernando-ledesma-rubio/>.

alcune specie invasive, seppur appartenenti al Subphylum Crustacea, tra cui il gambero della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Fig. 5). Questa specie proveniente dall'America centro-settentrionale e dal nord-est del Messico (Hobbs, 1989) 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 (Gherardi & Holdich, 1999), ed in Sardegna è stata segnalata per la prima volta nel 2005 nel bacino del Coghinas (Orrù et al., 2006).

Un altro crostaceo alloctono rinvenuto in Sardegna è il gambero di fiume italiano *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 (Amouret et al., 2015). Si segnala inoltre la comparsa nel 2019 del *Procambarus fallax f. virginialis*, segnalato per la prima volta sul

Tab. I. Specie ittiche autoctone originarie della Sardegna.

Nome scientifico	Nome comune
<i>Salmo ghigii ex Salmo cettii ex 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

* La tassonomia della trota sarda è trattata nel capitolo “La trota sarda, tassonomia”.



Fig. 5. Esemplare di *P. clarkii* rinvenuto nel Parco Naturale Regionale Molentargius-Saline.

Rio Mogoro, in provincia di Oristano, a cui è dedicato un capitolo a parte “Approfondimenti delle specie alloctone invasive”.

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 inter-

medie 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 (Fig. 6):

- **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 lacustri** come il luccio e la cheppia (*Alosa*), che fuoriescono dalle schematizzazioni longitudinali tradizionali creando una distribuzione a se stante.



- | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|--|---|
| 1. Trota fario (<i>Salmo trutta</i>) | ● | 3. Cagnetta (<i>Salaria fluviatilis</i>) | ● | 8. Persico reale (<i>Perca fluviatilis</i>) | ● | 20. Anguilla (<i>Anguilla anguilla</i>) | ● |
| 2. Trota sarda (<i>Salmo ghignii</i>) | ● | 4. Lampreda (<i>Petromyzon marinus</i>) | ● | 9. Lutterino (<i>Atherina boyeri</i>) | ● | 21. Persico sole (<i>Lepomis gibbosus</i>) | ● |
| | | 5. Spinarello (<i>Gasterosteus aculeatus</i>) | ● | 10. Alborella (<i>Alburnus alburnus alborella</i>) | ● | 22a. Alosa (<i>Alosa fallax</i>) | ● |
| | | 6. Trota iridea (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) | ● | 11. Tinca (<i>Tinca tinca</i>) | ● | 23. Muggine (<i>Mugil sp.</i>) | ● |
| | | 7. Cobite (<i>Cobitis taenia</i>) | ● | 12. Pesce gatto (<i>Ictalurus melas</i>) | ● | | |
| | | | | 13. Triotto (<i>Leucis aulia</i>) | ● | | |
| | | | | 14. Gambusia (<i>Gambusia holbrooki</i>) | ● | | |
| | | | | 15. Persico trota (<i>Micropterus salmoides</i>) | ● | | |
| | | | | 16. Scardola (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>) | ● | | |
| | | | | 17. Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>) | ● | | |
| | | | | 18. Carassio (<i>Carassius carassius</i>) | ● | | |
| | | | | 19. Pseudorasbora (<i>Pseudorasbora parva</i>) | ● | | |
- Specie lacustri:
- 22 b. Agone (*Alosa fallax*) ●
 - 24. Luccio cisalpino (*Esox cisalpinus*) ●

Fig. 6. Zonazione ittica. Elenco delle specie facenti parte della comunità ittica potenziale.

● Autoctono ● Alloctono

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 (DPR 357/97 e ss.mm.ii.).

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.
- 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) **Numero di emergenza 1515.**



Il rilevamento dei parametri ambientali

Fase di rilevamento eseguita mediante sonda multiparametrica.

Per meglio comprendere i fattori di stress che possano compromettere la sopravvivenza delle specie ittiche risulta di fondamentale importanza conoscere i principali parametri

chimico-fisici dei corsi d'acqua.

Elevate temperature, bassi livelli di ossigeno, e valori di pH che fortemente si discostano dalla neutralità rappresentano fattori ecologici limitanti per la sopravvivenza delle specie ittiche.

PIANIFICAZIONE DELLE ATTIVITA'

Ricognizione documentale

Per la definizione di un quadro storico il più completo possibile è stata svolta una ricognizione puntuale del materiale bibliografico, di dati storici, pubblicazioni scientifiche e quant'altro disponibile sui popolamenti ittici in Sardegna.

Le prime informazioni risalenti alla seconda metà del '700 consentono 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. In genere si tratta infatti 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 geo-

grafica 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 37 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 1032 stazioni di campionamento comprendenti le stazioni campionate durante la redazione del presente lavoro (CM1; CM2) (Tab. II, Fig. 7).

Tutte queste informazioni, dalle più datate alle più recenti, sono state utilizzate per la creazione di un quadro storico esaustivo sull'evoluzione nel tempo dei popolamenti ittici delle acque dolci della Sardegna. In particolare, la possibilità di conoscere l'evoluzione storica, attraverso la rilettura di questi documenti, offre la possibilità di comprendere meglio gli eventi che hanno determinato l'attuale distribuzione.

Tab. II. Fonti bibliografiche raccolte.

Numero	Fonte bibliografica	N° stazioni indagate
1	Cetti, 1777	ND
2	Boulanger, 1901	ND
3	Vinciguerra, 1895	ND
4	Mola, 1928	ND
5	Pomini, 1940	9
6	Spano, 1956	ND
7	Manca, 1965	1
8	Cottiglia, 1968	228
9	Cau et al., 1995	114
10	Massidda, 1995	*
11	Massidda et al., 1996	*
12	Cau et al., 1997	64
13	Cau et al., 2001	46
14	Hydrocontrol, 2004	29
15	Sabatini et al., 2006	4
16	Zanetti et al., 2007	62
17	Massidda et al., 2008	**
18	Massidda e Orrù 2008	11
19	Puzzi, 2010	23
20	Casula et al., 2010	27
21	Arpas, 2011	25
22	Massidda e Orrù 2011	17
23	Sabatini et al., 2011	7
24	Arpas, 2012	4
25	Sabatini et al., 2014	4
26	Sabatini et al., 2015	11
27	Zirichiltaggi-Sardinia wildlife conservation, 2015	62
28	Puzzi et al., 2015	60
29	Zaccara et al., 2015	***
30	Sabatini et al., 2016	4
31	Casu et al., 2016	ND
32	Casu et al., 2018	ND
33	Sabatini et al., 2018 (CM1)	83
34	Berrebì et al., 2018	ND
35	Orrù et al., 2019a	3
36	Orrù et al., 2019b	1
37	Sabatini et al., 2020 (CM2)	133

*Dati presenti in Cau et al., 1995. **Review dei dati raccolti in Cau et al., 1995, 2001. ***Dati presenti in Puzzi et al., 2015. In grassetto dati raccolti nell'ambito della redazione della C.I. Regionale.

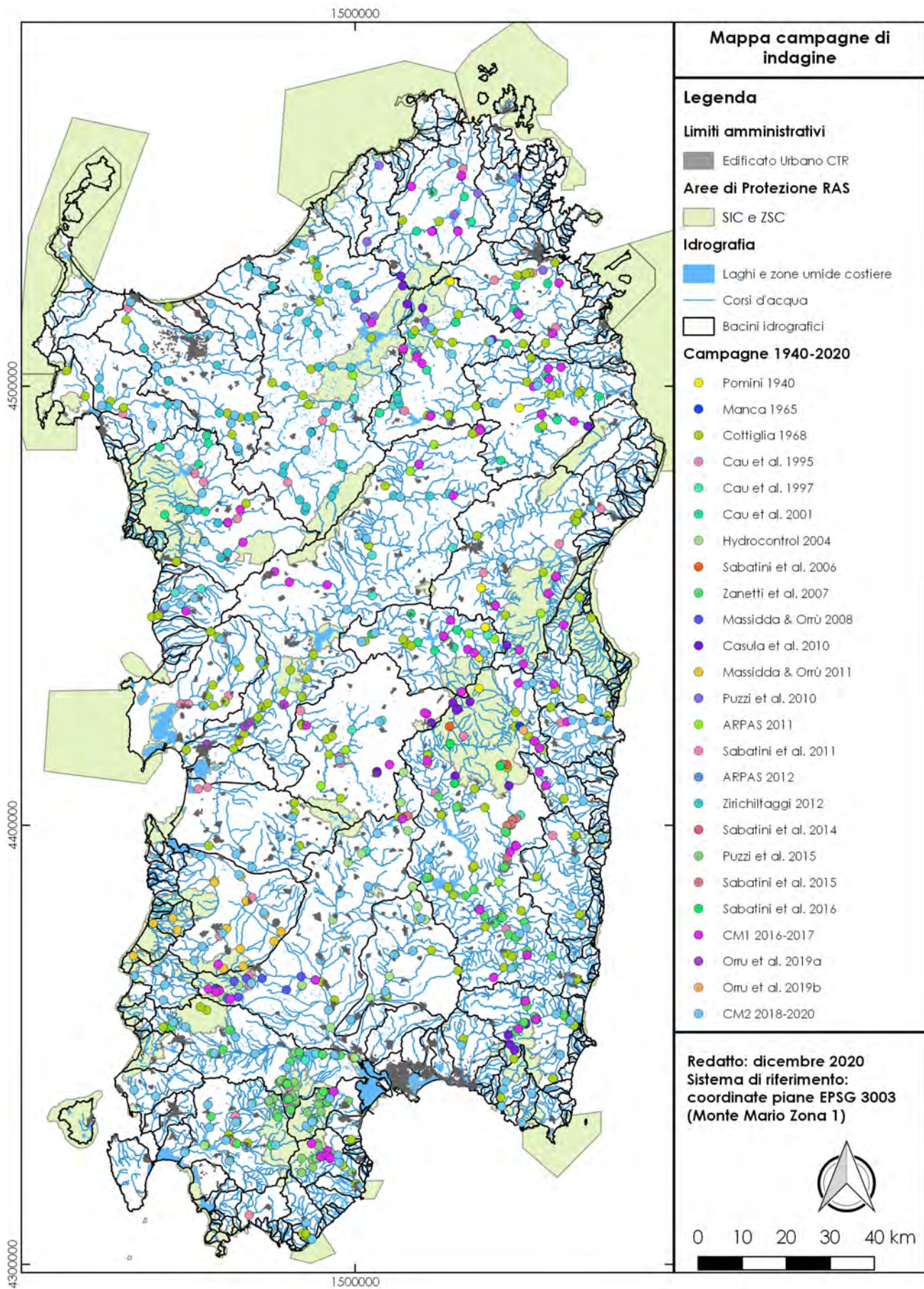


Fig. 7. Mappa delle stazioni di campionamento indagate nelle campagne ittiche condotte in Sardegna dal 1940 al 2020.

Piano di monitoraggio

Le attività di monitoraggio sono state condotte in 214 stazioni di campionamento distribuite sui 39 bacini idrografici dell'isola (Fig. 8). Di queste, 81 stazioni di campionamento sono state indagate durante la CM1 e 133 stazioni nella CM2. Nella carta seguente viene riportata la distribuzione delle stazioni di campionamento scelte (Fig. 9).

Le stazioni sono state selezionate in modo proporzionale all'estensione del bacino e in modo da poter avere una continuità storica con i dati derivanti dalle campagne di indagine e studi di

settore antecedenti. Tale scelta dei siti indagine, ha permesso di avere una copertura spaziale bilanciata e proporzionale all'estensione della rete idrografica della Sardegna. Una porzione consistente dei campionamenti è stata svolta nel bacino idrografico del Fiume Flumendosa (P_1) (19 stazioni). Sono ben rappresentati, inoltre, anche il bacino idrografico di Flumini Mannu di Cagliari (R2_1) (13 stazioni) e il Fiume Tirso (K_3) con 12 stazioni (Fig. 9).

Tutti i dati raccolti sono sistematizzati all'interno di una banca dati compatibile con il Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA).

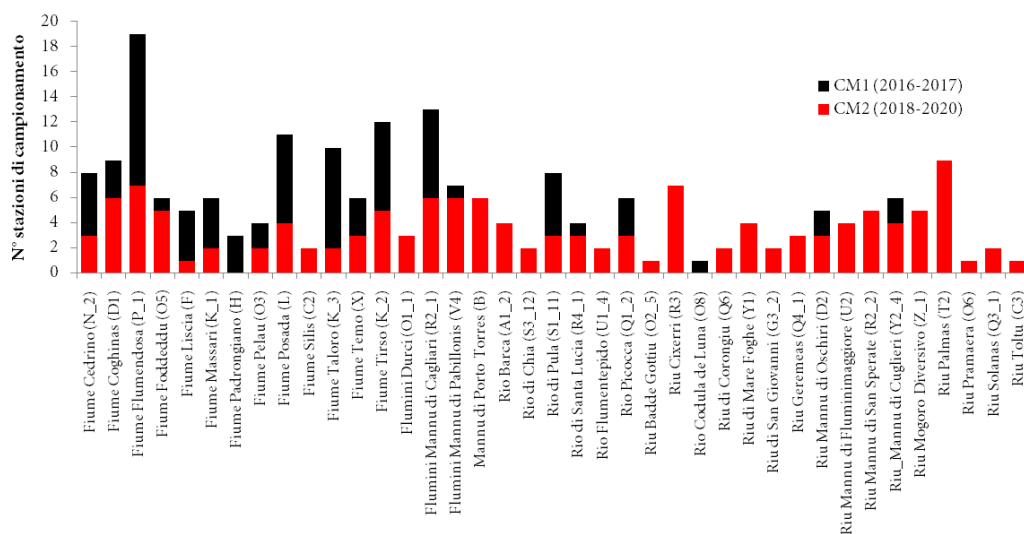


Fig. 8. Distribuzione delle Stazioni di campionamento per bacino idrografico tra le due campagne di monitoraggio (CM1 e CM2).

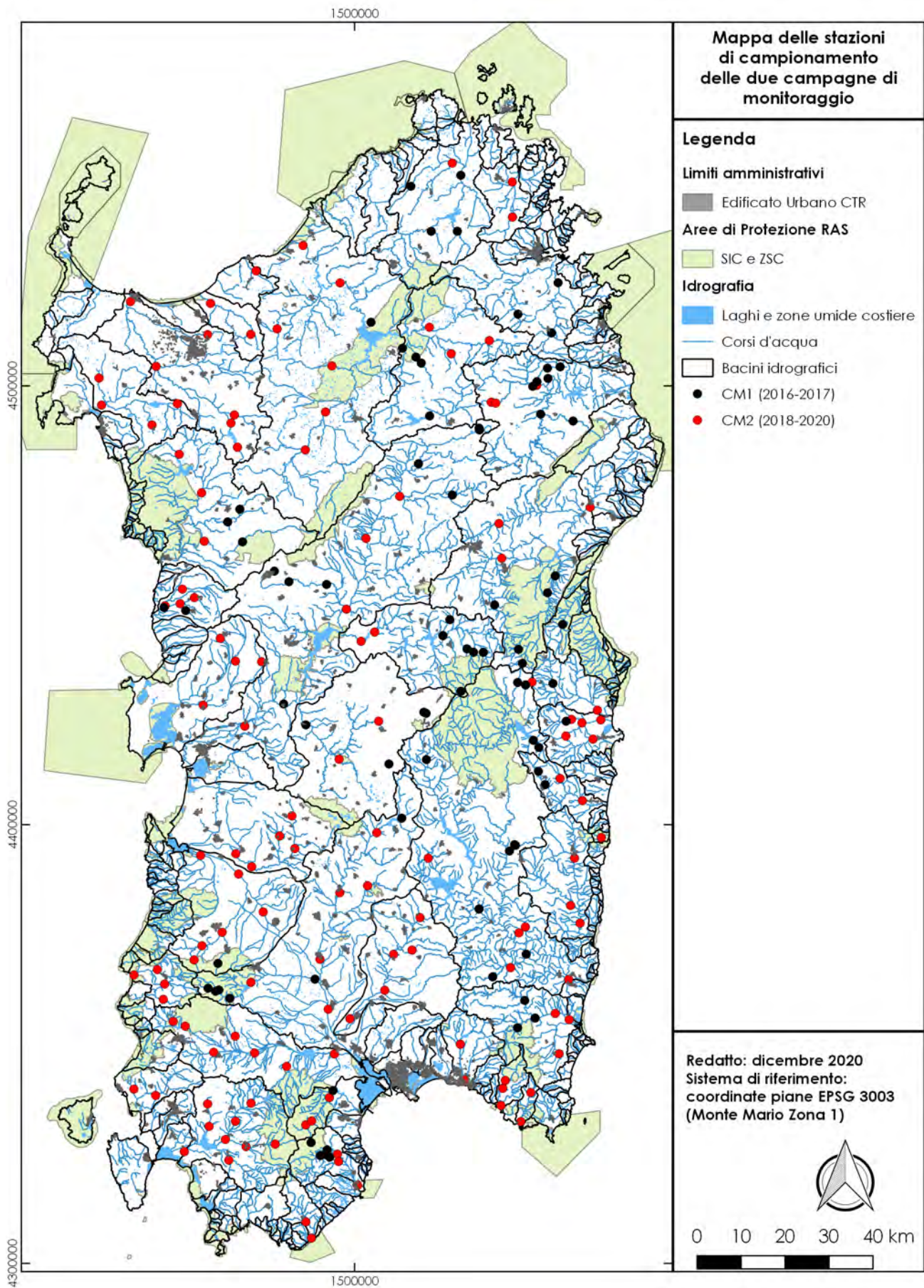


Fig. 9. Mappa delle 214 stazioni di campionamento indagate durante le due campagne di monitoraggio CM1 e CM2.

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) (AAVV, 2013).

La denominazione delle stazioni di campionamento è costituita da un codice alfanumerico composto in successione 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)(Tab.III); le ultime due cifre si riferiscono al numero della stazione, ordinato progressivamente da monte verso valle.

Il campionamento è stato effettuato

mediante elettropesca con elettrostorditore 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 storditi trascinati dalla corrente ed evitare nel contempo di creare torbidità (Fig. 10).

Allo scopo di acquisire informazioni sulla struttura demografica delle popolazioni ittiche presenti sono state 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 MS22)



Fig. 10. Fase di cattura eseguita mediante elettrostorditore spallabile sul Rio Tricoli, in territorio di Lanusei.

al fine di minimizzare lo stress sugli animali e aumentare l'accuratezza delle successive misurazioni biometriche.

Tab. III. 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

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 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 (Zippin, 1958) su transetti variabili, prediligendo una lunghezza di 100 metri.

L'abbondanza è stata espressa secondo una scala numerica a cinque livelli (Moyle & Nichols, 1973; Cau et al., 2001). Per la rappresentazione cartografica della distribuzione, a ciascun livello di abbondanza è stato associato





un colore di riferimento (Tab. IV).

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 livelli: 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 oppor-

Tab. IV. 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	

tunità ambientali è stato considerato il Fattore di Condizione di Fulton (K): $K=100*PT/LT^3$. L'utilizzo di questo fattore permette di evidenziare eventuali scostamenti dalla media che possono indicare uno stato di sofferenza della specie.

Rilevamento ed elaborazione dei parametri ambientali

Per ogni stazione sono stati rilevati i parametri morfologici (Tab. V). 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, rispetto 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

Tab. V. 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	

sommatoria dei punteggi ottenuti si ottiene il valore di I.F.F. (Tab. VI). Lo studio sulla distribuzione dei rifiuti si è basato sul monitoraggio visivo (visual census) degli oggetti di origine antropica presenti sulle sponde dei corsi d'acqua. Tale metodica ha previsto transetti di 100 metri paralleli al corso d'acqua, per ciascuna delle due sponde. Le sponde dei fiumi forniscono, infatti, un facile accesso ai rifiuti che si arenano sui margini del fiume dove la corrente e il vento ne favoriscono l'accumulo specialmente lungo le anse o tra i rami e le radici della vegetazione riparia. L'osservazione visiva si è focalizzata sulla raccolta e categorizzazione del macro-litter (oggetti con grandezza >5 mm) secondo quanto previsto dalla MSFD "Master List of Categories of Litter Items" per gli oggetti spiaggiati (Galdani *et al.*, 2013). Gli oggetti censiti sono stati categorizzati in otto macro gruppi comprendenti materiali quali: Plastica (PL), tessuti (CL), vetro e cera-

mica (GC), metalli (ME), gomma (RB), carta e cartone (PC), Legno lavorato (WD), altri materiali sanitari (OT). Ogni macro gruppo comprende al suo interno diverse categorie di rifiuti per una più fine classificazione.

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. 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

Tab. VI. 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	

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. Lo screening della variabilità genetica mitocondriale è stato condotto 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 poliacrilammide 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 diagnostici delle principali linee evolutive del *Salmo trutta 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.

Le sequenze della CR sono state allineate utilizzando il programma ClustalW (Thompson *et al.*, 1994) contenuto nel software BioEdit (Hall, 1999). Il modello di sostituzione nucleotidica più adatto al dataset è stato individuato utilizzando il software MEGAX (Kumar *et al.*, 2018). Il modello scelto è stato applicato per l'analisi delle relazioni filogenetiche tra gli aplotipi osservati. La costruzione dell'albero filogenetico più probabile è stata effettuata tramite l'analisi Bayesiana in GeniusPrime 2020.1.1 (www.geneious.com) tramite il pacchetto MrBayes (Huelsenbeck and Ronquist, 2001). Le relazioni tra gli apotipi sono state analizzate tramite il software TCS 1.3 (Clement *et al.*, 2000). Il programma costruisce un network di parsimonia statistica (95%) in cui gli aplotipi sono interconnessi da 'nodi', ognuno dei quali rappresenta un evento mutazionale che differenzia un aplotipo dall'altro. La derivazione di ciascun aplotipo da una sequenza ancestrale viene testata calcolando il numero di eventi mutazionali che lo separano da essa. I nodi all'interno

del network permettono di comprendere le relazioni tra aplotipi meglio di quanto faccia un albero filogenetico, nel quale gli aplotipi si trovano solo alla fine di ciascun ramo. Un tratto di 440 bp del locus nucleare LDH-C1*, caratterizzato da alleli diagnostici per le popolazioni atlantiche di *Salmo trutta* (allele *90) e quelle mediterranee di *S. ghigii* (allele *100) [*]. 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. 11).

L'analisi del DNA microsatellite è stata effettuata utilizzando quattro loci dinucleotidici: Str60 [*], Ssa85 [*], SsoSL417 [*], Ssa103NVH (non pubblicato, Genbank n.AF256746) e sei loci tetra-

nucleotidici: SSsp2216, SSsp2213 [*], OMM1064 [*], SsaD190 [*], Ssa410UOS, Ssa408UOS [*]. 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

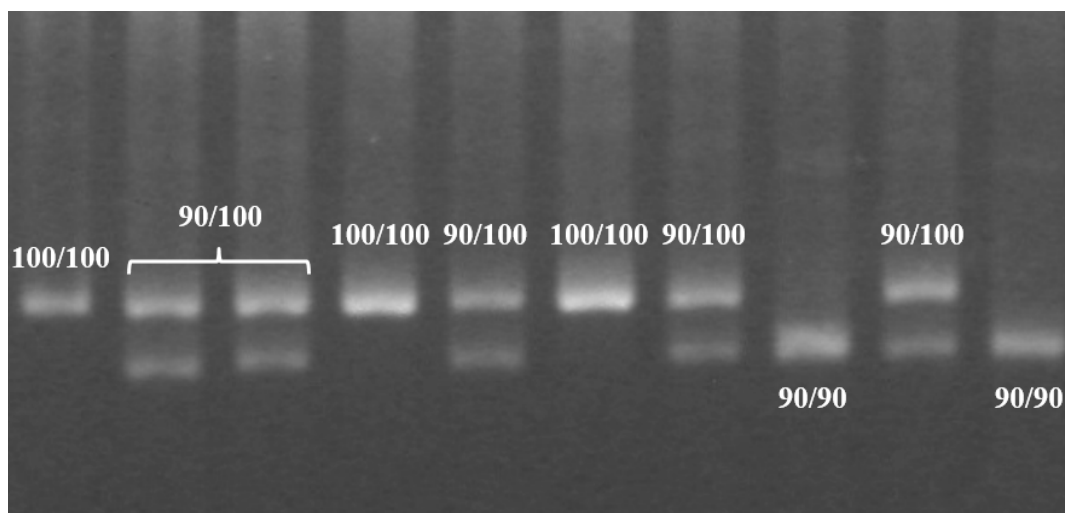


Fig. 11. Analisi del locus LDH-C1* in 10 individui di trota. Gli esemplari contrassegnati con 100/100 sono individui mediterranei puri (N = 3 omozigoti per l'allele 100), quelli con 90/90 sono atlantici puri (N = 2 omozigoti per l'allele 90), mentre gli individui 90/100 sono ibridi fra *Salmo ghigii* e *S. trutta* (N = 5 eterozigoti).

stato utilizzato, inoltre, per calcolare il coefficiente di commistione genetica tra genoma alieno e genoma nativo (q), confrontando ogni popolazione selvatica 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 clu-

ster 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.

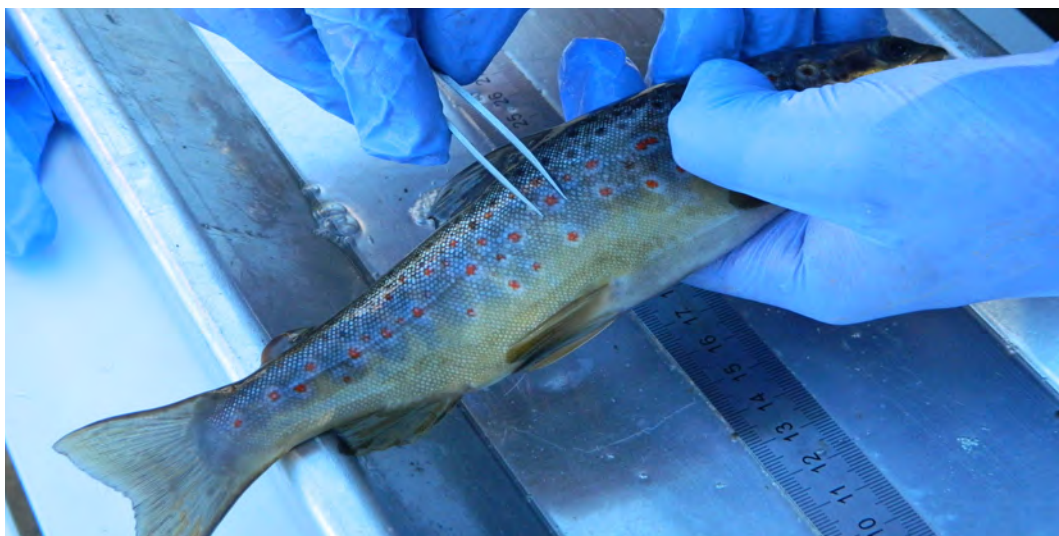


Fig. 12. Fase di prelievo dei tessuti da destinarsi all'analisi genetica da un individuo catturato sul Rio Pedras Fitta.



La pesca elettrica

Fase di cattura eseguita mediante elettrostorditore presso il Fiume Flumendosa in territorio di Arzana.

La pesca elettrica è una tecnica di cattura della fauna ittica che sfrutta un campo elettrico generato tra i due elettrodi immersi, l'anodo (positivo) costituito da un guadino metallico e il catodo (negativo) rappresentato da un cavo di rame costantemente in acqua. La corrente continua attraversa il campo elettrico tra i due elettrodi, producendo linee di forza che aumentano in prossimità dell'anodo. Questo crea risposte neuromuscolari nel pesce, variabili in funzione della posizione che occupa nei

confronti del campo generato:

- Fuga - se si trova ai limiti del campo;
- Vibrazione - se si trova all'interno ma l'intensità del campo è bassa;
- Galvanotassia - il pesce nuota attivamente verso l'anodo (scopo dell'elettropesca), se l'intensità del campo elettrico aumenta;
- Galvanonarcosi - rilassamento muscolare e perdita di equilibrio, se l'intensità risulta troppo alta.

Questa tecnica di pesca risulta innocua per l'animale, il quale entro pochi minuti dalla cattura riprende la propria attività senza conseguenze.

DISTRIBUZIONE E CONSISTENZA DELLE SPECIE ITTICHE IN SARDEGNA

Alla luce dei risultati e degli aggiornamenti bibliografici realizzati con il presente progetto, si contano 29 specie ittiche presenti nelle acque interne della Sardegna (Tab. VII). Il taxon *Salmo trutta complex* comprende tutte le varianti aplotipiche del genere *Salmo* e in questo lavoro viene considerata come indicativa di popolazioni ibride e composte da diversi lignaggi genetici. Tra le specie censite i 5 mugilidi e la spigola sono da considerarsi specie occasionali delle acque dolci in quanto eurialine la cui presenza è limitata ai tratti bassi dei corsi d'acqua prossimi alla foce e con

caratteristiche salmastre.

Durante le due campagne di monitoraggio (CM1 e CM2) sono stati catturati 4652 esemplari di fauna ittica per un totale di 29 taxa appartenenti a 13 famiglie (Tab. VII). Nelle 214 stazioni di campionamento, il 69% ha mostrato la presenza di specie ittiche, mentre il restante 31% è risultato privo di fauna ittica. Tale mancanza di specie ittiche è da imputarsi principalmente al carattere intermittente dei corsi d'acqua di tipo Mediterraneo e ancor di più da quelli isolani caratterizzati da importanti periodi di secca estivo-autunnali.



Fig. 13. Individuo di Euproctto sardo (*Euproctus platycephalus*) rinvenuto sul Rio Gruppa, bacino idrografico del Fiume Flumendosa.

Tab. VII. Elenco delle specie segnalate nelle acque interne della Sardegna, classificazione, nome comune e origine. Bibliografia: specie segnalate durante i precedenti censimenti della fauna ittica dulciacquicola.

N.	Classificazione	Nome comune	Origine	CM1	C.I.2	Bibliografia
Anguillidae						
1	<i>Anguilla anguilla</i> L., 1756	Anguilla	Autoctona	*	*	*
Atherinidae						
2	<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	Latterino	Autoctona	*	*	*
Blennidae						
3	<i>Salaria fluviatilis</i> Asso, 1801	Cagnetta	Autoctona	*	*	*
Centrarchidae						
4	<i>Lepomis gibbosus</i> L., 1758	Persico sole	Alloctona	*	*	*
5	<i>Micropterus salmoides</i> Lacépède, 1802	Persico trota	Alloctona	*	*	*
Clupeidae						
6	<i>Alosa fallax</i> Lacépède, 1803	Alosa	Autoctona			*
Cyprinidae						
7	<i>Alburnus a. alborella</i> De Filippi, 1844	Alborella	Alloctona	*	*	*
8	<i>Carassius auratus</i> L., 1758	Carassio	Alloctona	*	*	*
9	<i>Cyprinus carpio</i> L., 1758	Carpa	Alloctona	*	*	*
10	<i>Cobitis taenia</i> L., 1758	Cobite	Alloctona	*	*	*
11	<i>Leucos aula</i> Bonaparte, 1841	Triotto	Alloctona			*
12	<i>Pseudorasbora parva</i> Schlegel, 1842	Pseudorasbora	Alloctona		*	*
13	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> L., 1758	Scardola	Alloctona	*	*	*
14	<i>Tinca tinca</i> L., 1758	Tinca	Alloctona	*	*	*
Gasterosteidae						
15	<i>Gasterosteus aculeatus</i> Rafinesque, 1820	Spinarello	Autoctona	*	*	*
Ictaluridae						
16	<i>Ameiurus melas</i> Rafinesque, 1820	Pesce gatto	Alloctona	*	*	*
Mugilidae						
17	<i>Liza saliens</i> Risso, 1810	Muggine musino	Autoctona		*	*
18	<i>Liza aurata</i> Risso, 1810	Mugine dorato	Autoctona		*	*
19	<i>Liza ramada</i> Risso, 1826	Mugine calamita	Autoctona		*	*
20	<i>Chelon labrosus</i> Risso, 1826	Muggine labbrone	Autoctona		*	*
21	<i>Mugil cephalus</i> L., 1758	Cefalo	Autoctona		*	*
Moronidae						
22	<i>Dicentrarchus labrax</i> L., 1758	Spigola	Autoctona		*	*
Percidae						
23	<i>Perca fluviatilis</i> L., 1758	Persico reale	Alloctona	*	*	*
Petromyzontidae						
24	<i>Petromyzon marinus</i> L., 1758	Lampreda	Autoctona			*
Poecilidae						
25	<i>Gambusia holbrooki</i> Girard, 1859	Gambusia	Alloctona	*	*	*
Esocidae						
26	<i>Esox cisalpinus</i> Bianco & Delmastro, 2011	Luccio Cisalpino	Alloctona	*		*
Salmonidae						
27	<i>Salmo ghigii</i> Pomini, 1941	Trota Sarda	Autoctona	*	*	*
28	<i>Salmo trutta</i> L., 1758	Trota fario	Alloctona	*	*	*
29	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum, 1792	Trota iridea	Alloctona	*		*

Relativamente alla occorrenza (frequenza di rinvenimento per stazione di campionamento) la specie più frequente è risultata l'anguilla (31.77%), seguita da carpa (16.82%) e gambusia (16.35%). Valori elevati sono risultati anche per tinca (13.55%), per le popolazioni ibride di trota (12.14%) e per il pesce gatto (12.14%). Le restanti specie sono risultate presenti con valori inferiori al 10% (Fig. 14).

Applicando il rapporto tra le specie autoctone e il totale delle specie rinvenute come indicatore dello stato di alterazione faunistica delle comunità ittiche è stato possibile osservare come gran parte delle stazioni di campionamento siano popolate da specie alloctone (Fig. 15). I dati delle due campagne ittiologiche riportano valori inferiori e uguali a 0.25 per il 51% delle stazioni campionate. Il maggior numero di specie alloctone è stato registrato nei tratti di fiume posti più a valle e il cui reticolo idrografico è interessato dalla presenza di invasi artificiali. Tra questi, numeri consistenti di alloctone sono stati registrati per le stazioni di campionamento ubicate sul Riu Mannu di San Sperate (RRMS01: 6 specie), Fiume Liscia

(FFLi01: 6 specie), Fiume Coghinas (DFCo02: 5 specie), Flumini Mannu di Cagliari (RFMa04: 5 specie) e Riu Cixerri (RRCi03: 4 specie). Al contrario i tratti fiume più montani e distanti dagli invasi artificiali mostrano l'esclusiva presenza di specie autoctone di cui l'anguilla, lo spinarello e la trota sarda sono le specie maggiormente presenti. I risultati scaturiti dal rapporto tra il numero di autoctoni e il numero delle specie totali, aggregati per bacino idrografico, mettono in evidenza come i bacini di piccole dimensioni e non caratterizzati dalla presenza di invasi artificiali raggiungano un grado di autoctonia elevato (Fig. 16). Tra questi, se si escludono le specie eurialine, i bacini idrografici della costa orientale della Sardegna del Riu Pramaera (O6), Fiume Pelau (O3) e Flumini Durci (O1_1) sono caratterizzati dall'esclusiva presenza della specie autoctona *Anguilla anguilla*. Allo stesso modo, i piccoli bacini costieri dei rii di Chia (S3_12) del Mannu di Fluminimaggiore (U2) nella costa occidentale della Sardegna e del Fiume Silis nel Golfo dell'Asinara (C2) sono risultati monospecifici e popolati esclusivamente dall'anguilla.

Al contrario i grandi bacini idrografici dell'isola, interessati dalla presenza di invasi artificiali, come il Flumendosa (P_1), Riu Mannu di Porto Torres (B), Fiume Coghinas (D_1), Fiume Li-

scia (F) e Fiume Tirso (K2) mostrano i più alti livelli di biodiversità (Fig. 17) e allo stesso tempo valori del rapporto tra specie autoctone e totali, minori o uguali a 0.25 (Fig. 16).

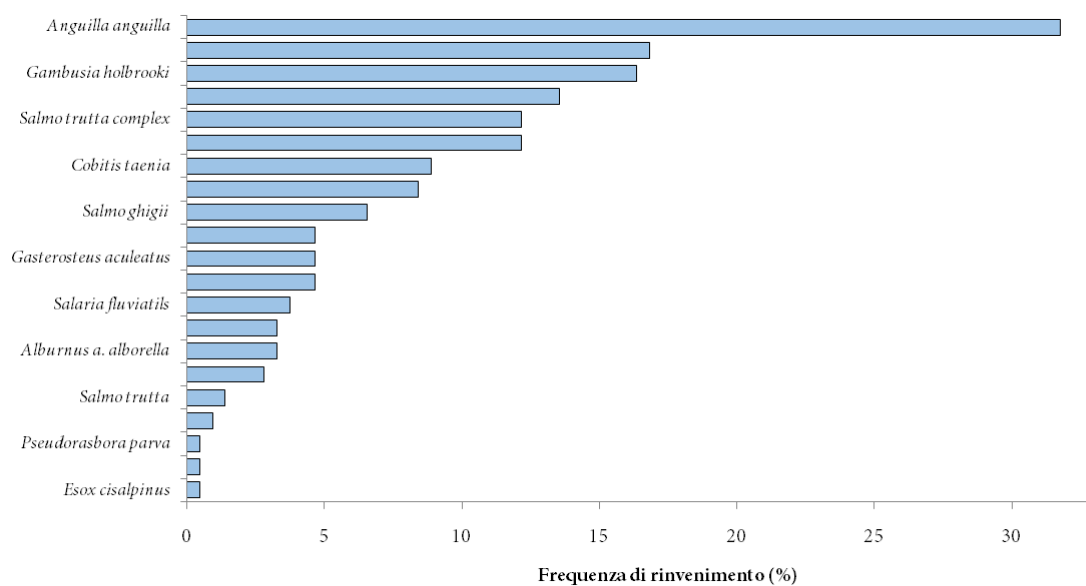


Fig. 14. Percentuale di rinvenimento delle specie ittiche sul totale delle stazioni indagate (CM1 e CM2).

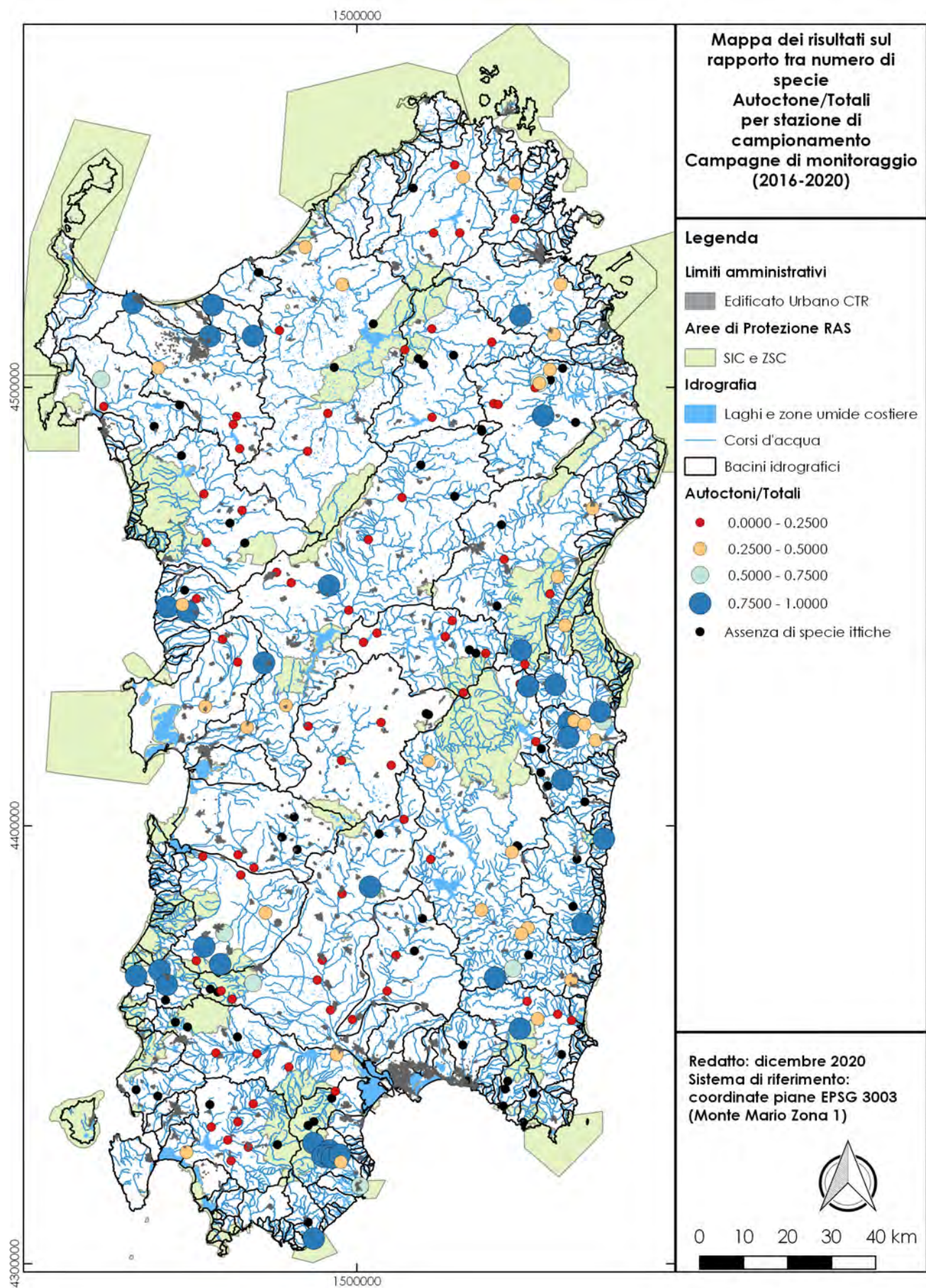


Fig. 15. Rapporto del numero di specie autoctone e numero di specie totali per stazione di campionamento (CM1 e CM2).

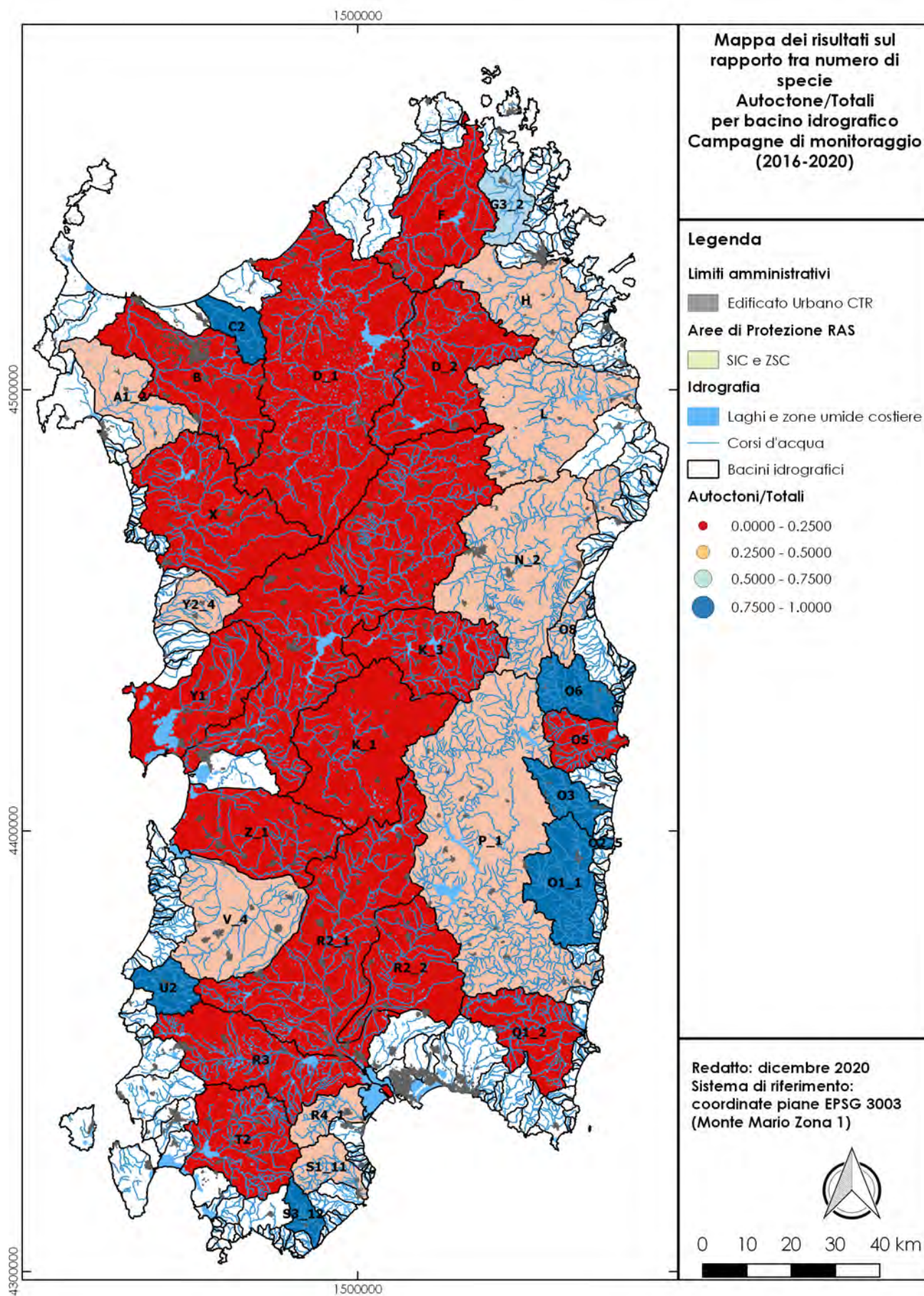


Fig. 16. Rapporto tra il numero di specie autoctone ed il numero di specie ittiche totali rinvenute (CM1 e CM2).

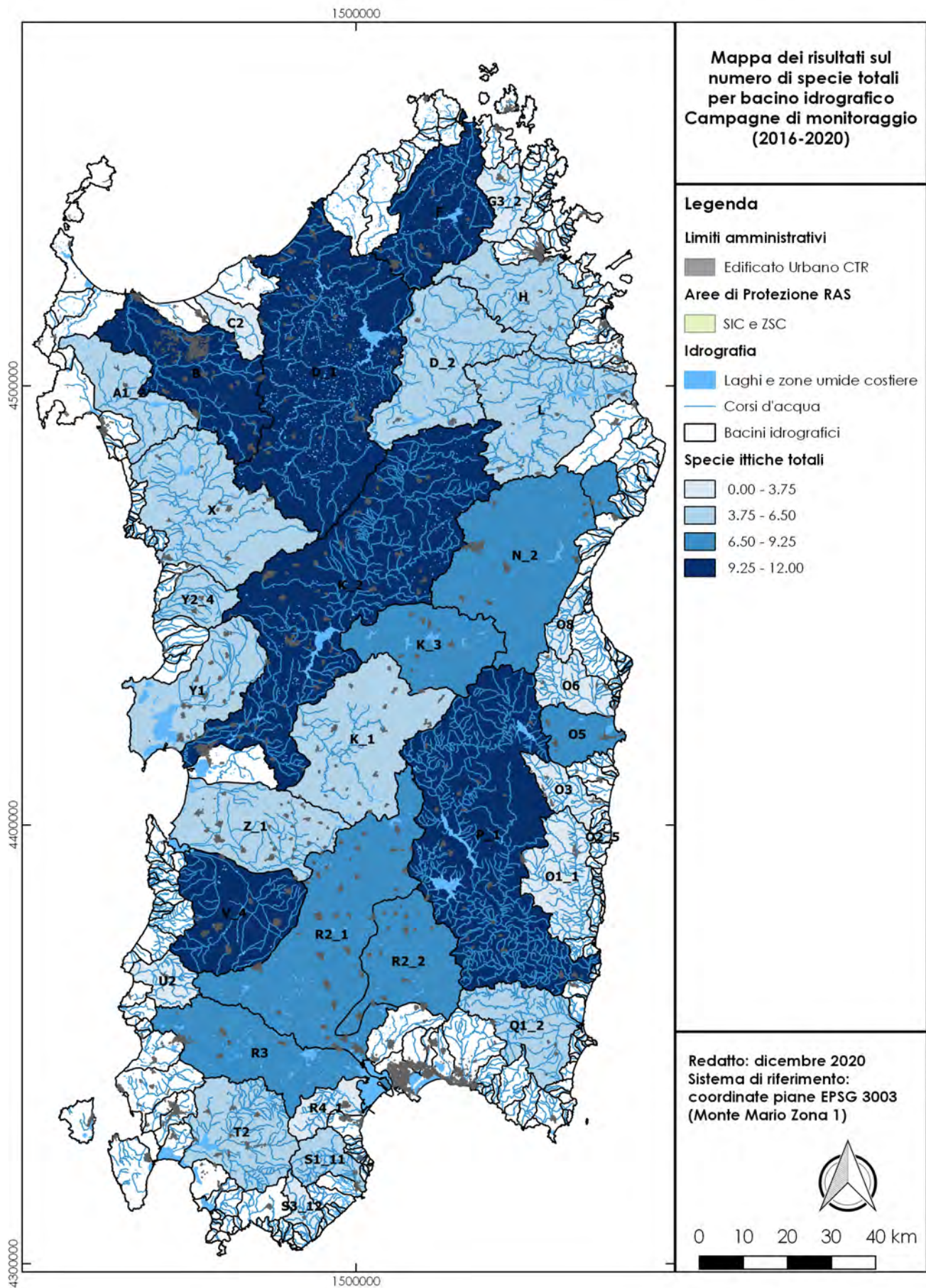


Fig. 17. Ricchezza di specie nei 39 bacini idrografici indagati (CM1 e CM2).

Confrontando le segnalazioni provenienti dalle fonti bibliografiche con quelle relative ai campionamenti condotti nel presente lavoro (CM1 e CM2) è possibile osservare come le specie autoctone *Alosa fallax* e *Petromyzon marinus* non siano state campionate neppure nelle stazioni prossime alle foci. In particolare per l'alosa, il Prof. Cottiglia nel suo lavoro risalente al 1968 rilevò la presenza stagionale della specie in diversi corsi d'acqua della Sardegna (Cottiglia, 1968). Anche il Prof. Cau nel 1995 segnalò la cattura di pochi individui, attribuendo la scarsità delle catture principalmente alla costruzione di sbarramenti artificiali che avrebbero impedito la naturale migrazione della specie (Cau et al., 1997). L'alosa è stata segnalata più recentemente nella Car-

ta Ittica della Provincia di Cagliari del 2007 (Zanetti et al., 2007). Attualmente la specie è presente in alcuni laghi artificiali dove è rimasta confinata (Lago Omodeo, Lago del Medio Flumendosa) (Orrù et al., 2010; Massidda et al., 2008). Per la lampreda di mare le ultime segnalazioni riportano la presenza della specie in alcuni tratti del Fiume Tirso (Orrù et al., 2019a) e nell'area di Foce del Fiume Coghinias.

Si segnala per la prima volta il rinvenimento della specie alloctona *E. cisalpinus* in un tratto alto 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



Fig. 18. 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 (QRO101), affluente del Rio Picocca. In basso a destra: individuo di *M. salmoides* rinvenuto nel Fiume Flumendosa (Ballao).

di novellame di trota. Gli avannotti di luccio risalgono il fiume dall'omonimo lago (Alto Flumendosa). In questo lavoro è stato accertato il rilascio del luccio a partire dal 2014 (Casu et al., 2016). Tra le specie alloctone, si riporta, inoltre, la presenza della *Pseudorasbora parva* nel tratto basso del Fiume Coghinas (~7 km a monte della foce). La specie segnalata per la prima volta nel Lago del Muzzone durante i campionamenti della Carta Ittica della Provincia di Olbia Tempio (Puzzi, 2010) ha colonizzato in modo sporadico il tratto vallivo del corso d'acqua. In particolare,

i rilasci di acqua dall'invaso artificiale hanno contribuito alla dispersione della specie in altri tratti di fiumi non precedentemente colonizzati. Tra le specie alloctone di nuova introduzione si segnala inoltre la presenza del triotto (*Leucos aula*) nel Lago dell'Alto Flumendosa (Orrù et al., 2019b).

Oltre ai teleostei, nel corso dei campionamenti sono stati rilevati anche alcuni crostacei decapodi alloctoni che vengono trattati in modo specifico nel Capitolo "Approfondimenti sulle specie ittiche alloctone" del presente volume.

Schede riassuntive delle specie





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. Capo piccolo e allungato, 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. Pinne ventrali assenti, con caudale, dorsale e anale 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, prima di entrare nelle foci dei fiumi. 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 argantina. 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.

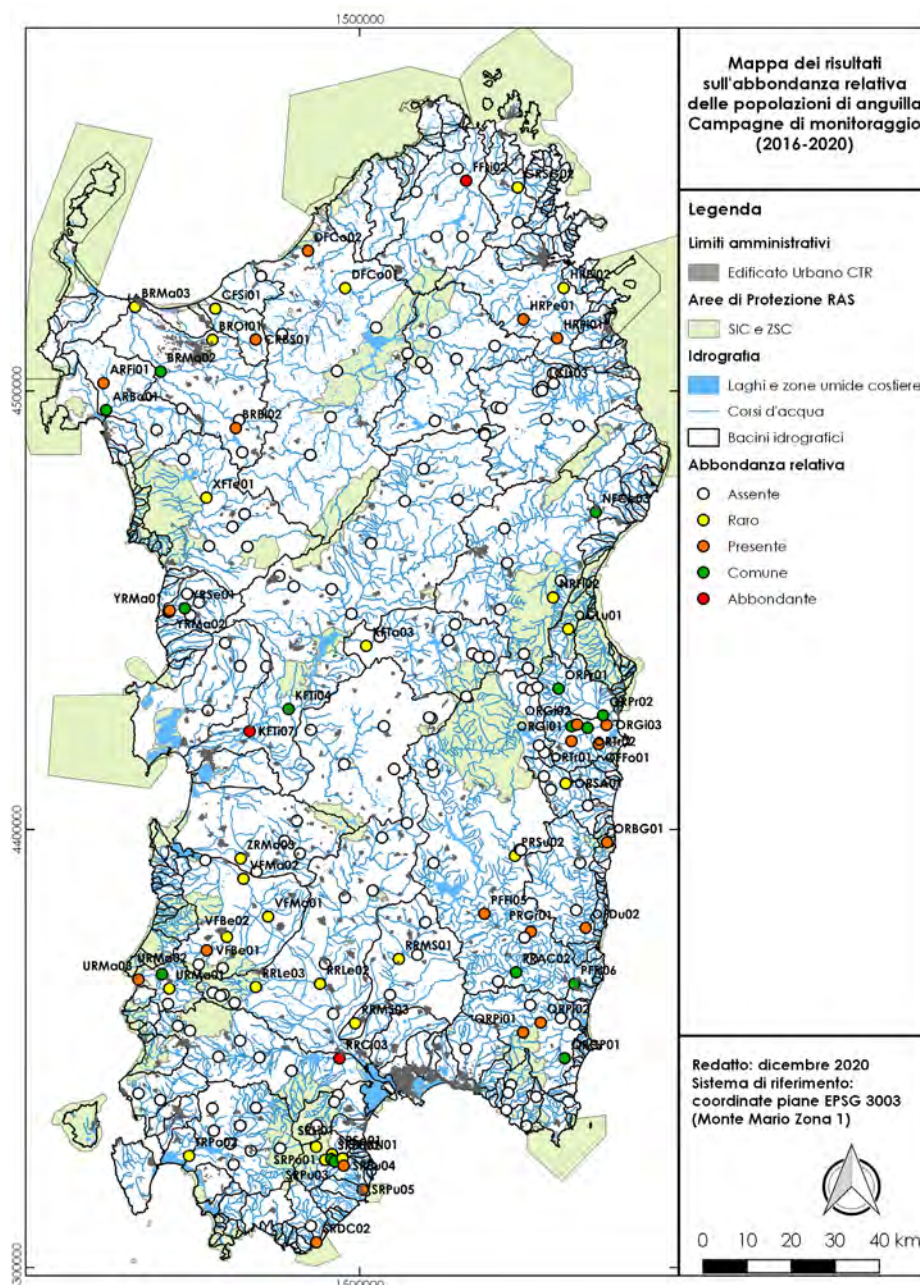
Habitat ed ecologia: È una specie catadroma facoltativa, semelpara, panmittica ed eurialina, capace di tollerare ampie oscillazioni di salinità e temperatura. Predilige acque calde, limpide e con substrati molli adatti all'infossamento.

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 argantina catturato sul Fiume Flumendosa (PFFI05).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di anguilla
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

L'anguilla è stata la specie maggiormente campionata con una percentuale di rinvenimento del 32%. In Sardegna si ritrova nella maggior parte dei bacini fluviali indagati, soprattutto nei tratti del medio e basso corso di fiumi e canali. Risulta invece ormai assente nei tratti di fiume interrotti dalla presenza di sbarramenti artificiali dovuti alla presenza di dighe. Secondo la scala di abbondanza relativa per la presente indagine, l'anguilla risulta categorizzata per il 13% come "raro", seguito dal livello "presente" (11%), "comune" per il 7% e "abbondante" per l'1% delle stazioni campionate. Le stazioni che hanno mostrato le abbondanze maggiori e con popolazioni strutturate sono quelle relative ai tratti bassi e prossimi alla foce dei fiumi Liscia (FFLi02), Tirso (KFTi07) e Cixerri (RRCi03). Per la descrizione dei fattori di minaccia e livelli di protezione si rimanda al capitolo di approfondimento della specie autoctona in cui viene, inoltre riportata un'analisi storica della corologia della specie.

CAGNETTA

Salaria fluviatilis Asso, 1801

Ordine: Perciformes

Famiglia: Blenniidae

Convenzione di Berna: Presente (All. III)

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5825

Status IUCN Italia: DD (Dati mancanti)



Autoctona

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 puntature 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.

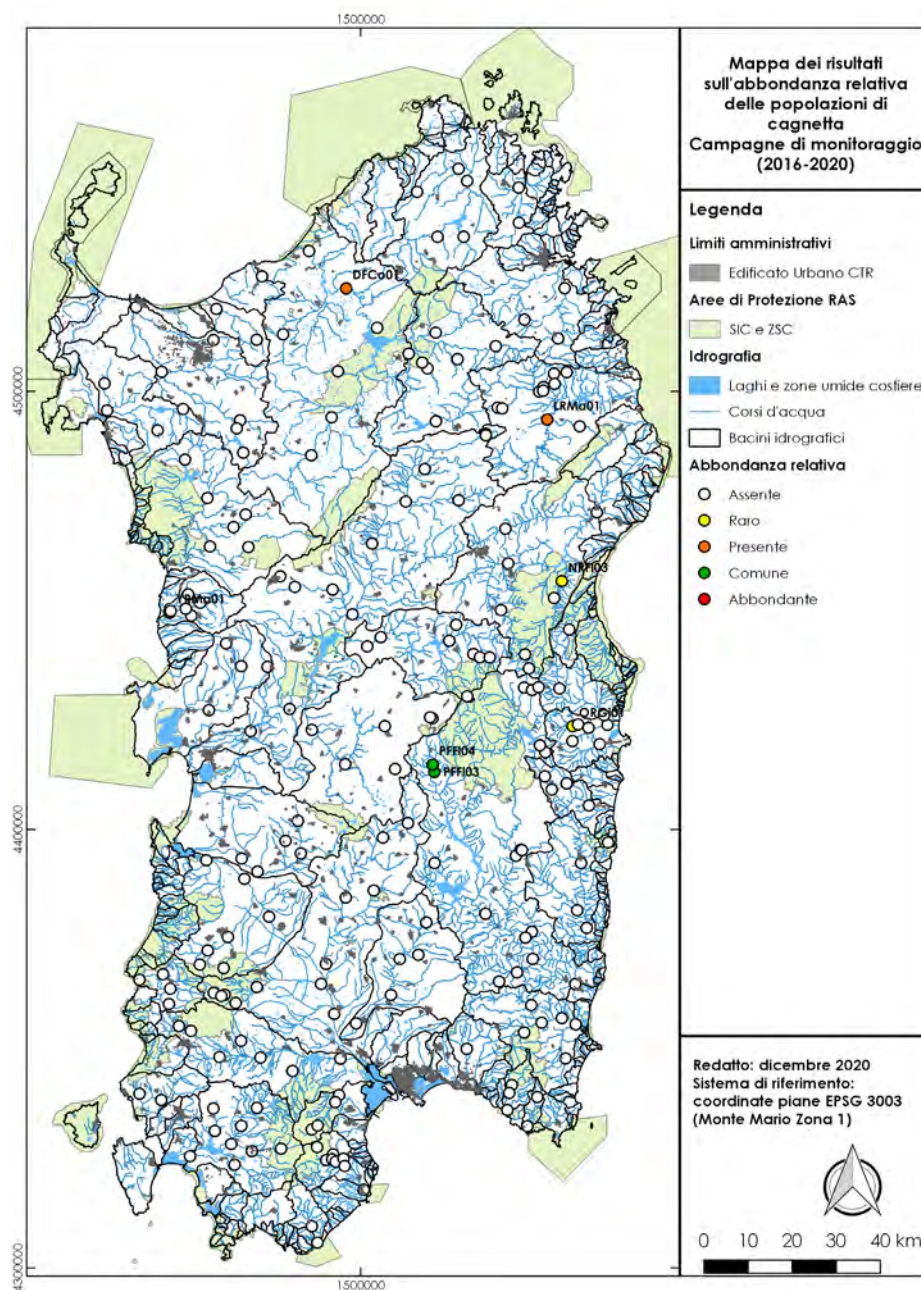
Habitat ed ecologia: Predilige acque limpide ed ossigenate, con fondi pietrosi e ghiaiosi ricchi di vegetazione. Tollera variazioni di temperatura e salinità.

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.

Individuo di cagnetta catturato sul Fiume Flumendosa (PFFI04).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di cagnetta
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

La cagnetta è distribuita in modo discontinuo e puntiforme con popolazioni rare (1-2 ind./100 m) nel Riu Flumineddu (NFR103) a monte della diga sul Cedrino e sul Riu Girasole (ORGi01) anche questa stazione dislocata a monte di un invaso artificiale (Diga di Santa Lucia). Popolazioni numericamente più consistenti (3-10 ind./100 m) sono state rilevate nel Riu Mannu di Lodè (LRMa01) e nel Fiume Coghinas (DFCo01). Al contrario, popolazioni strutturate e comuni sono state documentate nel tratto del Fiume Flumendosa (PFI04) compreso tra i territori comunali di Seulo e Gadoni e nel tratto basso e prossimo alla foce del Riu Mannu di Scano di Montiferro (YRMa01). Osservando i dati storici compresi tra il 1940 e il 1968 è possibile apprezzare come la cagnetta fosse presente nel 25% delle stazioni campionate. L'analisi dei campionamenti condotti nella presente indagine, mettono in evidenza una forte contrazione dell'areale di distribuzione con una percentuale di rinvenimento del 4%. La frammentazione dell'habitat è stata segnalata in tutto il suo areale di distribuzione (Kottelat and Freyhof, 2007). L'inquinamento, l'alterazione dell'habitat e la comparsa delle specie alloctone sono tra le cause principali del suo declino. La specie risulta meritevole di specifiche azioni di protezione in quanto assente dalle aree SIC/ZSC della Rete Natura 2000 della Sardegna.

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.

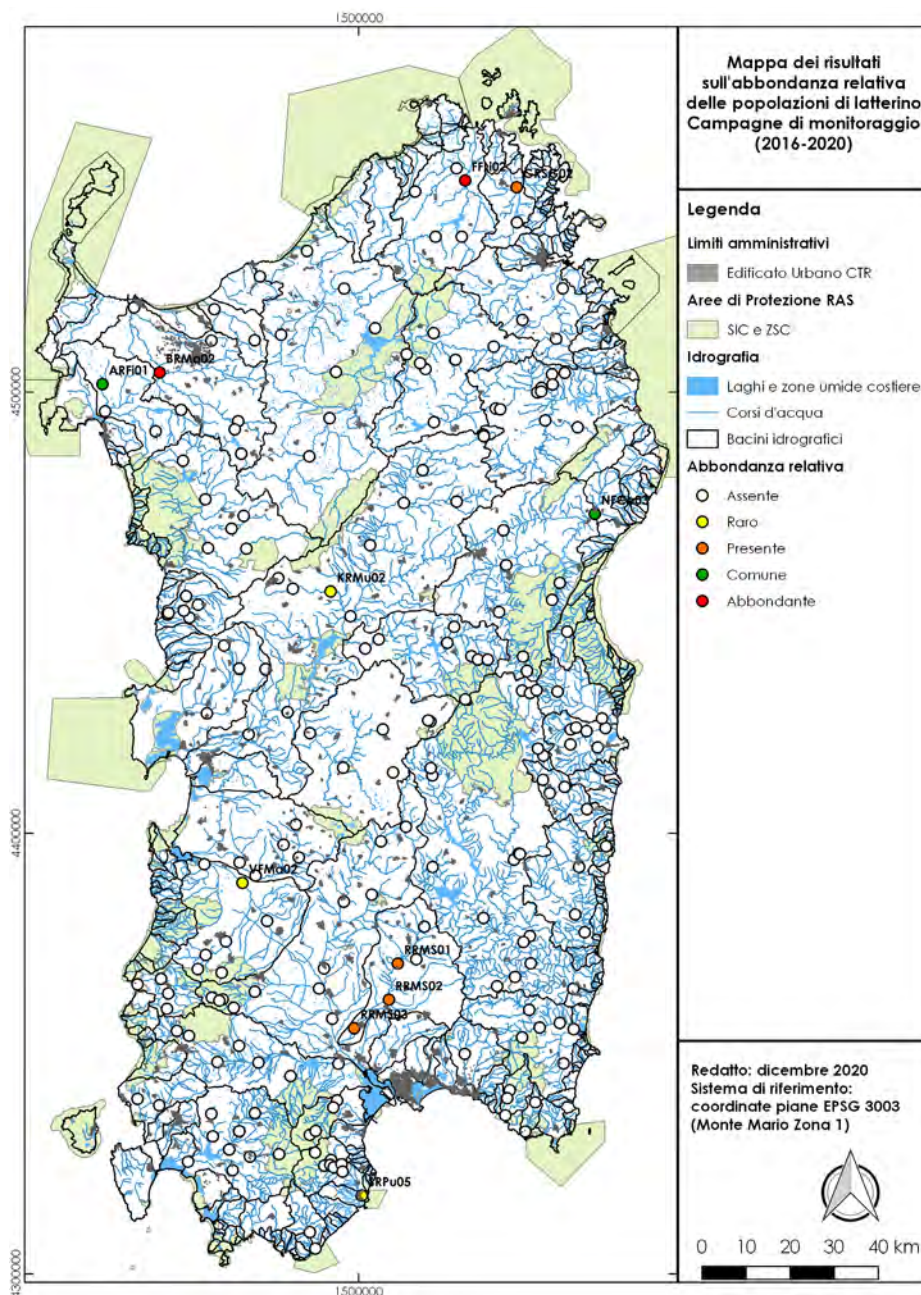
Habitat ed ecologia: Specie eurialina di abitudini gregarie. L'ampia tolleranza alle variazioni di salinità fa sì che il latterino sia in grado di sopravvivere in diversi tipi di ambiente: acque marine costiere, estuari, laghi interni d'acqua dolce e tratti bassi dei corsi d'acqua. Predilige acque poco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





←
Carta di
abbondanza
dell'e
popolazioni
di latterino
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

I dati sui campionamenti ittici condotti sino al 1968 mostrano la presenza del latterino nella maggior parte dei bacini idrografici della Sardegna con percentuali di rinvenimento elevate e pari al 47% delle stazioni campionate. I dati raccolti durante il presente lavoro mostrano una consistente rarefazione della specie con la presenza solamente nel 5% delle stazioni campionate. La specie è risultata abbondante nella stazione ubicata più a valle del Fiume Liscia (FFLi02), tra i territori comunali di Luogosanto e Arzachena (SS), e in un tratto medio del Riu Mannu di Porto Torres (BRMa02). Popolazioni comuni (11-30 ind./100 m) sono state censite nei tratti bassi dei Fiumi Cedrino (NFCe03) e Rio Flibertu (ARFi01) ricadente nel bacino idrografico del Rio Barca. La specie risulta altresì presente (3-10 ind./100 m) nella maggior parte delle stazioni campionate del bacino idrografico del Riu Mannu di San Sperate. Popolazioni rare e sono state censite nel Flumini Mannu di Mogoro (VRFMa02) e nel Riu Murtazzolu (KRMu02) nel bacino idrografico del Tirso. Questa popolazione risulta confinata in questo tratto alto del bacino del Tirso a causa degli sbarramenti fluviali presenti più a valle.

SPINARELLO

Gasterosteus aculeatus Rafinesque, 1820

Ordine: Gasterosteiformes

Famiglia: Gasterosteidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5655

Status IUCN Italia: LC (Minor preoccupazione)



Autoctona

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.

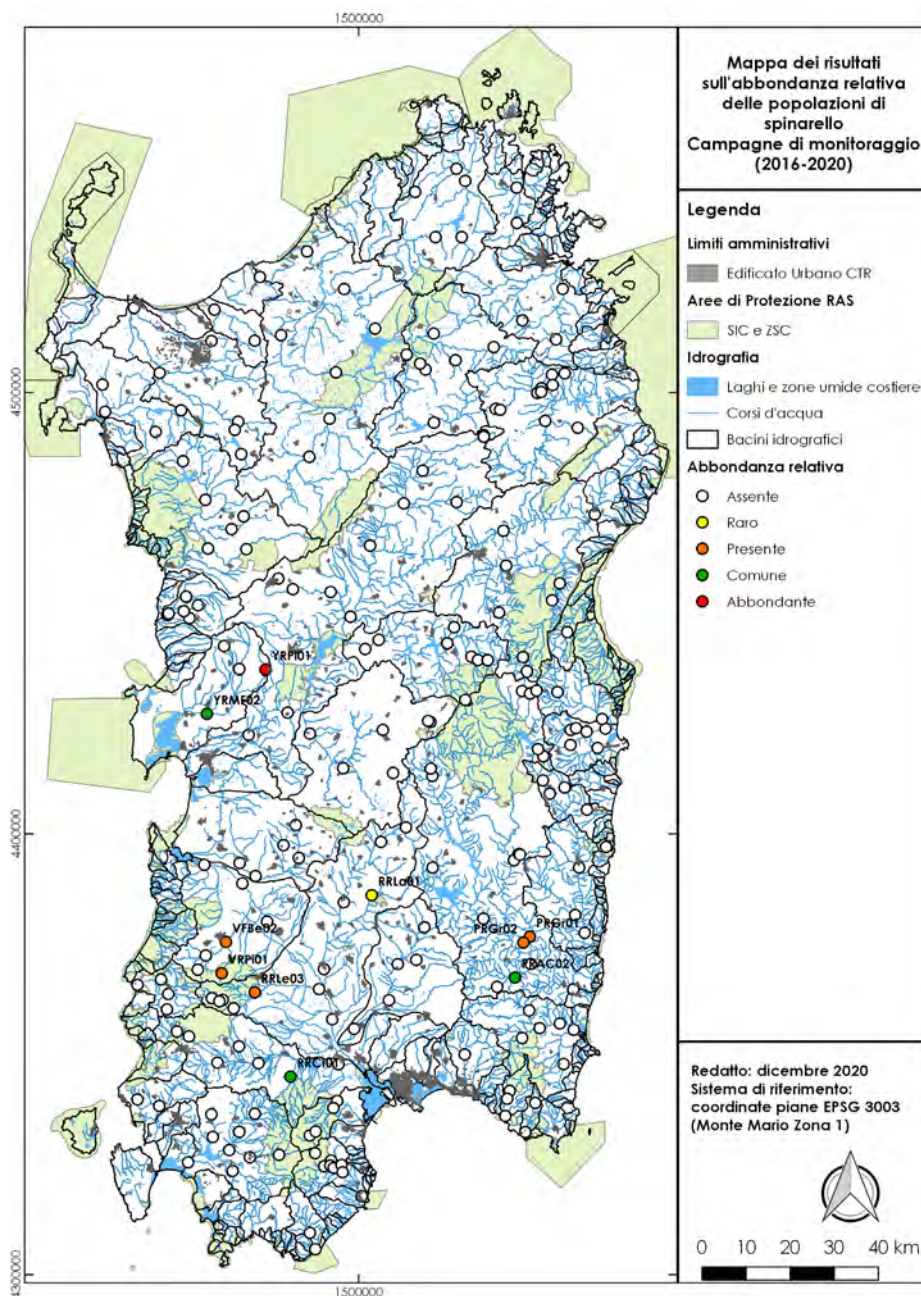
Habitat ed ecologia: Popola corsi d'acqua a corso lento ricchi di vegetazione in cui nascondersi.

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.

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





←
Carta di
abbondanza
d e l l e
popolazioni
di spinarello
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

I dati storici compresi tra il 1940 e il 1968 riportano la presenza dello spinarello nel 24% delle stazioni campionate e limitate ai bacini idrografici del: Fiume Tirso, Fiume Taloro, Fiume Massari, Riu Mannu di Mogoro, Flumini Mannu di Palmas, Flumini Mannu di Pabillonis, Flumini Mannu di Cagliari, Flumini Mannu di San Sperate, Riu Cixerri e Fiume Flumendosa. La presente indagine mostra una rarefazione della specie che è ormai presente nel 5% delle stazioni campionate ed esclusiva dei bacini idrografici del Riu Mare Foghe nella Sardegna occidentale, nel Riu Mannu di Pabillonis, Flumini Mannu di Cagliari, Riu Cixerri e Fiume Flumendosa. In questi bacini la specie è risultata abbondante e strutturata nel Riu Pizziu (YRPi01) nel comune di Paulilatino (>30 ind./100 m); comune (11-30 ind./100 m) nel Riu S'acqua Callenti (PRAC02), Riu di Mare Foghe (YRMF02) e nel Riu De Su Casteddu (RRCT01); presente (3-10 ind./ m) in alcune stazioni dei bacini idrografici del Flumendosa (PRGr02 e PRGR01), Flumini Mannu di Cagliari (RRLe03) e Flumini Mannu di Pabillonis (VRPi01 e VFBe02). Abbondanze inferiori sono state rinvenute nel Riu Lanessi (RRLa01) nell'agro di Guasila. Le minacce includono alterazioni ambientali dei corsi d'acqua, riduzione delle portate in alveo dovute alla mancanza del deflusso minimo vitale, inquinamento e azione predatoria delle specie alloctone.

TROTA SARDA

Salmo ghigii Pomini, 1940

Ordine: Salmoniformes

Famiglia: Salmonidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: Allegato II

Cod. Natura 2000: 5349

Status IUCN Italia: CR (Pericolo critico)



Morfologia: Presenta forma tozza e taglia piccola (lunghezza media di 20 cm), di cui circa il 25% è rappresentato dal capo. Caratterizzata da una macchia nera circolare localizzata sul pre-opercolo (da cui il vecchio nome *Salmo macrostigma*). La livrea è bruna sul dorso e bianco-giallognola sul ventre. Lungo i fianchi, dalla pinna pettorale a quella caudale, sono presenti delle macchie scure ovali in numero compreso tra 9 e 13, denominate “macchie parr”, associate a piccole macchie nere e rosso scuro in numero compreso tra 20 e 60. La pinna adiposa presenta l'apice aranciato.

Origine e distribuzione: Unico salmonide autoctono della Sardegna.

Habitat ed ecologia: Vive preferibilmente nei tratti alti dei corsi d'acqua montani e nelle risorgive carsiche di pianura. Predilige acque fresche e limpide, ricche di macrofite. Durante la stagione estiva sopravvive all'interno di pozze di dimensioni spesso ridotte.

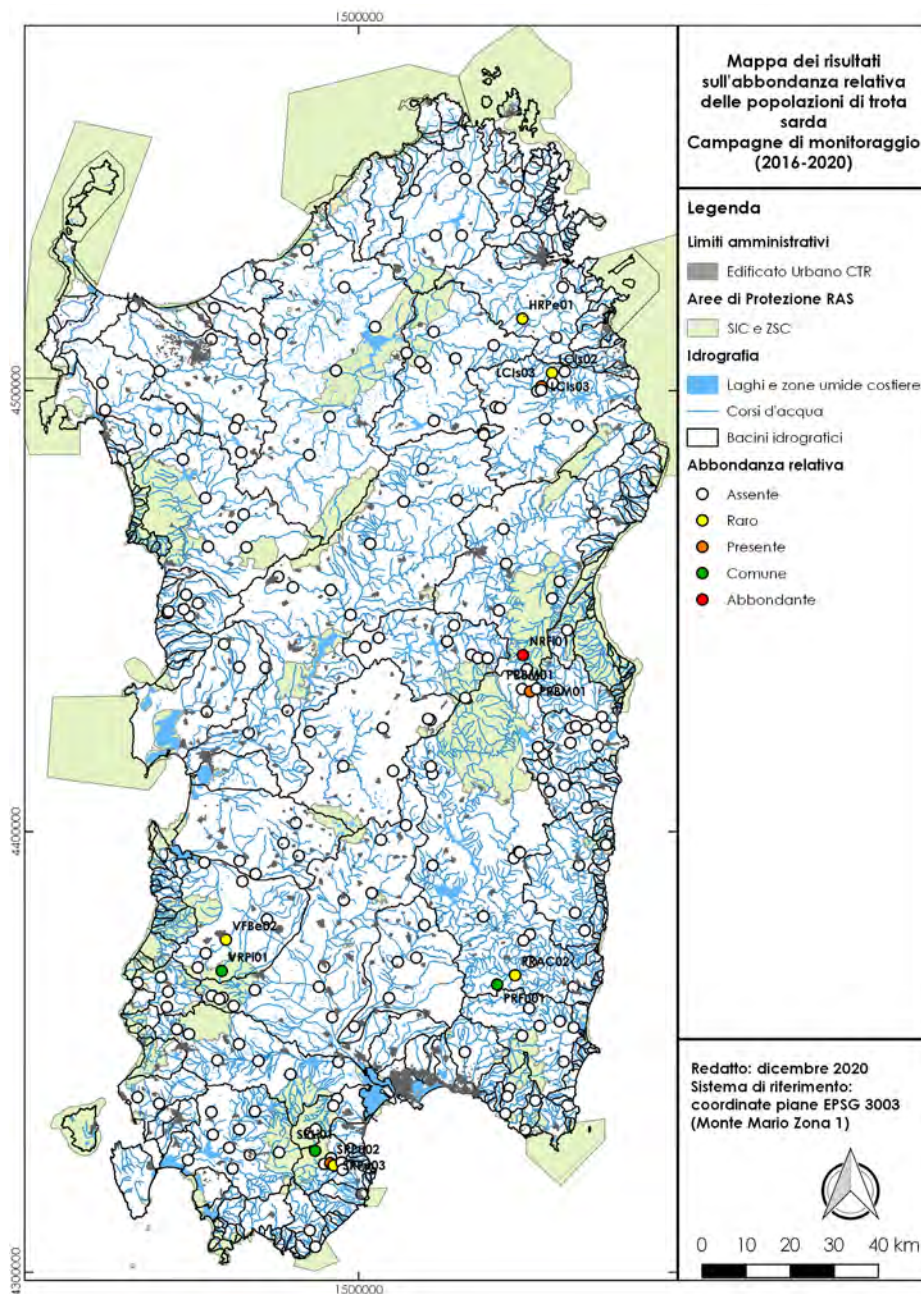
Alimentazione: Si nutre in prevalenza di larve e adulti di tricoteri, ditteri, odonati, coelotteri e altri macroinvertebrati acquatici.

Riproduzione: Si riproduce generalmente tra novembre e febbraio, con variazioni in funzione delle condizioni climatiche. Le zone di frega sono localizzate nei tratti più alti e angusti dei corsi d'acqua, caratterizzati generalmente da fondo ghiaioso. La femmina, dopo che le uova deposte sono state fecondate dal maschio, le nasconde sotto la ghiaia aiutandosi con la coda. Lo sviluppo embrionale si completa in circa due mesi e dopo la schiusa gli avannotti restano quasi immobili sul fondo fino al completo assorbimento del sacco vitellino.

Autoctona

Individuo di trota sarda catturato sul Riu Flumineddù (NRF101).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di trota sarda
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

Sulla base delle analisi genetiche condotte in questo studio sono stati identificati i siti di presenza della trota sarda (non introgressa). Secondo tale indicazione, ampiamente sviluppata nel capitolo dedicato, popolazioni native sono state censite nella porzione meridionale della Sardegna (Riu Piras, Riu Flumini Bellu, Riu di Pula, Riu Litteras, Riu Furittu, Riu S'acqua Callenti, Flumini Bellu), in quella centro orientale (Riu Flumineddu e Riu Bau Mandara) e nord orientale (Canale dell'Iserno, Riu Pelasole e Rio San Paolo). Nel 70% delle stazioni in cui è stata rinvenuta la trota sarda le popolazioni sono risultate strutturate con la presenza di individui adulti, sub-adulti e giovanili. La popolazione del Riu Flumineddu, nel bacino del Fiume Cedrino, è risultata abbondante (>30 ind./100 m) e in ottimo stato di salute. Popolazioni comuni (11-30 ind./100 m) sono state censite nel Riu Litteras, Riu Piras e Riu Furittu. Numericamente meno consistente ma presente è risultata la popolazione del Riu Bau Mandara nel Bacino idrografico del Flumendosa nell'agro di Talana (NU), mentre le popolazioni del Riu Flumini Bellu (Guspini), Riu Pelasole e Riu S'Acqua Callenti sono state categorizzate come rare e composte da 1-2 ind./100 m. Le azioni di conservazione di questa specie hanno portato alla creazione di aree di protezione nel Riu Flumineddu, Riu Piras e Riu Furittu.

Nella carta risulta mancante la stazione del Rio San Paolo.

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 (Orrù *et al.*, 2019a).

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**

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.

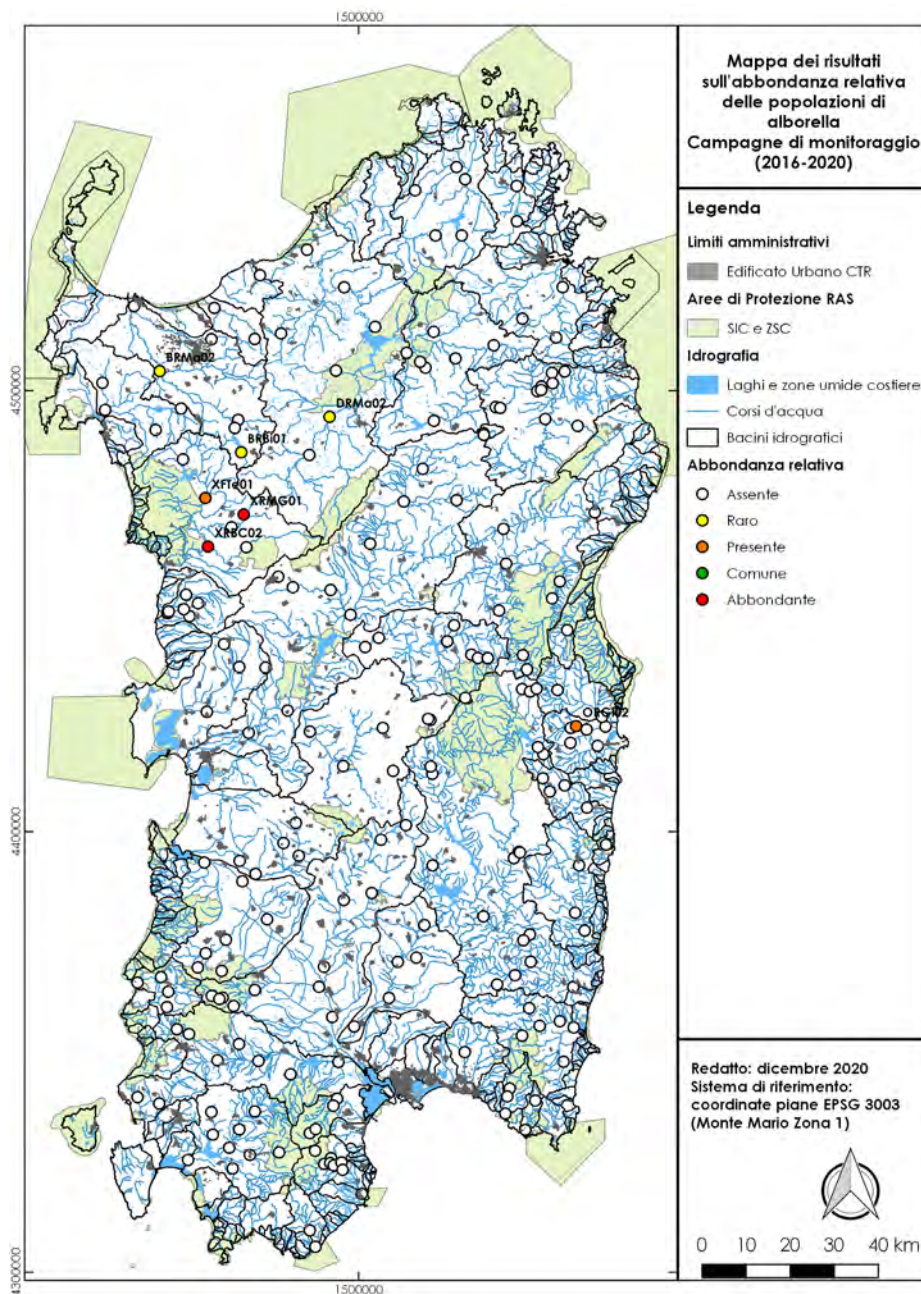
Alimentazione: Presenta una dieta onnivora, costituita principalmente da zooplancton, larve di insetti, lombrichi, uova di pesci e alghe.

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).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di alborella
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

L'albarella è una specie bentopelagica alloctona nel contesto regionale della Sardegna e in grado di popolare diversi tipi di ambienti acquatici con acque ferme e con basso regime di corrente. Introdotta in Sardegna nel 1994 nel Fiume Temo (*Massidda et al., 2008*) è stata traslocata in diversi bacini idrografici come pesce foraggio.

I risultati dei campionamenti mostrano la presenza di popolazioni abbondanti e presenti in consistenti numeri nel Fiume Temo (XFTe01) e suoi affluenti; Riu Baddu Cabriolu (XRBC02) e Riu Matta Giuanna (XRMG01). La specie è inoltre presente nel tratto alto del Riu di Girasole (ORGi02), a monte della diga di Santa Lucia. La specie è stata segnalata con popolazioni numericamente rare nel bacino idrografico del Riu Mannu di Porto Torres (BRMa02 e BRBi01) e nel Bacino del Fiume Coghinas a monte della diga del Muzzone (DRMa02).

La specie presenta dieta onnivora costituita principalmente da zooplancton, larve e insetti. Mostrando abitudini alimentari simili a quelle di alcune specie autoctone come il latterino e lo spinarello non si esclude una possibile competizione alimentare con queste specie.

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.

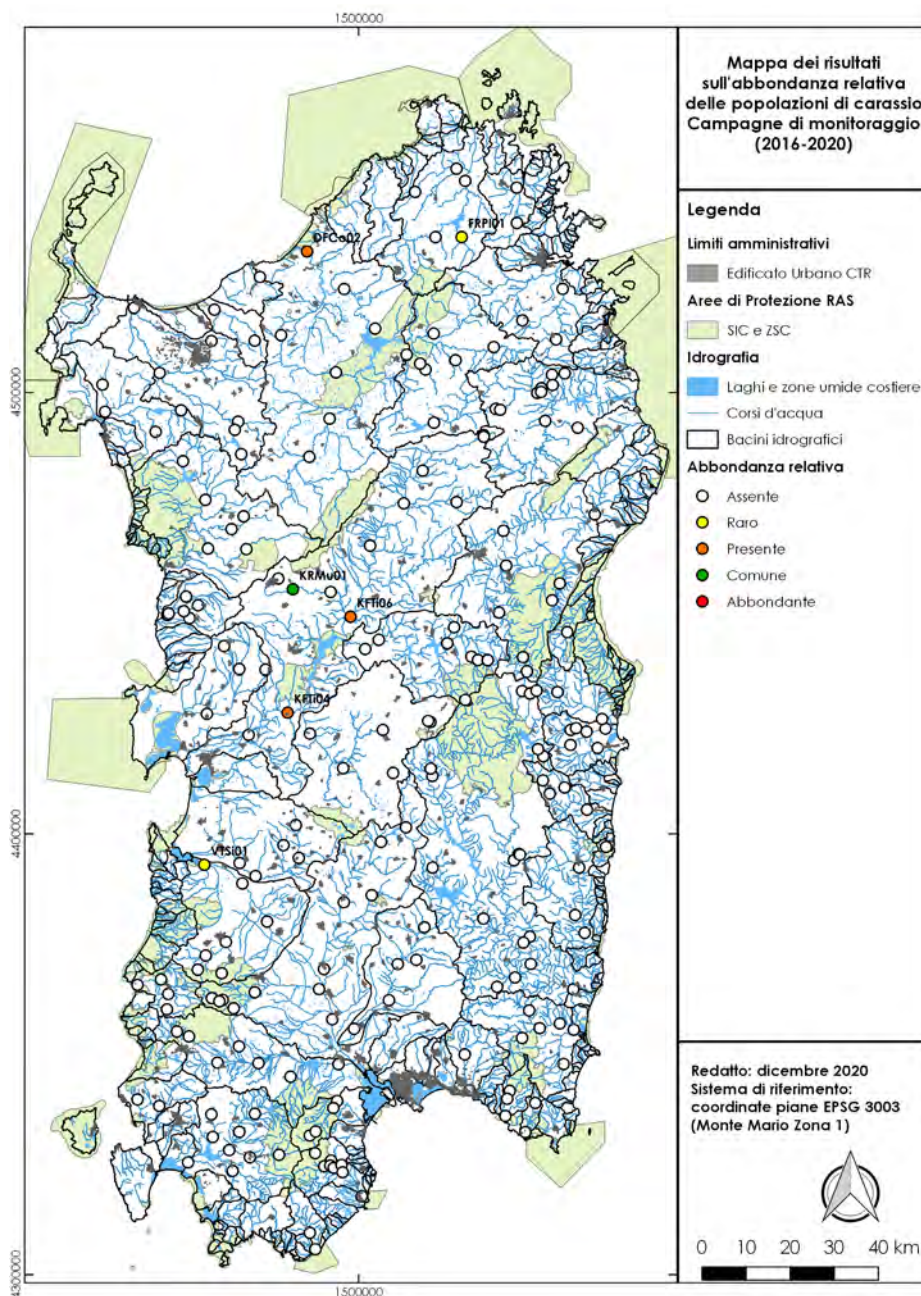
Alimentazione: Specie onnivora, si ciba di piccoli invertebrati acquatici, alghe e detrito acquatico.

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 Mur-
tazzolu
(KRMu01).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di carassio
in
Sardegna

Situazione in Sardegna:

Introdotta in Sardegna ai primi del 900' nel Fiume Flumendosa in alcuni laghetti a scopo ornamentale (Mola, 1928). Sino al 1968 la specie risultava pressoché assente in tutto il territorio regionale. Analizzando i dati dei censimenti ittici condotti sino al 2015 si evidenzia la presenza della specie in diversi tratti del Fiume Flumendosa, in una stazione del Fiume Massari (affluente del Tirso) e in una del Fiume Coghinas a monte della diga del Muzzone. La specie è stata ritrovata nel bacino del Coghinas, e Tirso, mentre, le popolazioni segnalate nel Fiume Flumendosa non sono state confermate. Nuove popolazioni vengono altresì censite nel Fiume Liscia e nel Riu Mannu di Pabillonis. La popolazione censita sul Riu Murtazzolu (KRMu01) è stata classificata come comune (11-30 ind./100 m), mentre, e popolazioni del Tirso (KFTi04 e KFTi06) e Fiume Coghinas (DFCo02) come presenti (3-10 ind./100 m). Particolarmente resistente a condizioni ambientali sfavorevoli è in grado di diffondersi rapidamente e di raggiungere densità di popolazioni consistenti. Le sue modalità di attività trofica impostata sulla ricerca di cibo sul fondo può causare elevati livelli di torbidità nelle acque e modificare il flusso di nutrienti a livello ecosistemico (Richardson et al., 1995).

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.

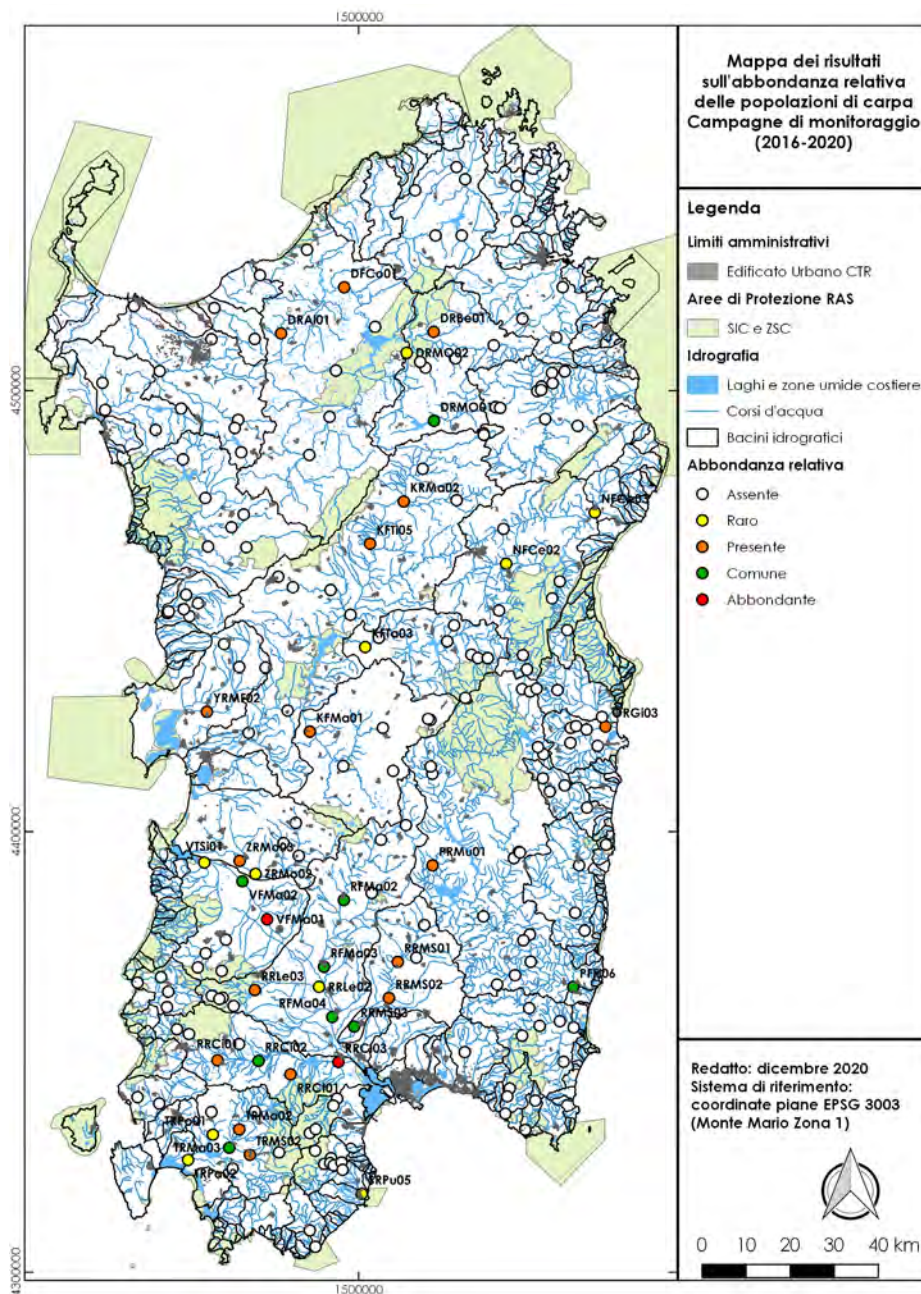
Habitat ed ecologia: La carpa è un tipico abitatore di acque lente, stagnanti, calde e ricche di vegetazione acquatica. Supera i periodi più freddi infossandosi nel fondale ed entrando in latenza. È attiva soprattutto durante le ore notturne, durante le quali va alla ricerca di cibo.

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.

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





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di carpa in
Sardegna

Situazione in Sardegna:

La carpa è stata introdotta in Sardegna nel 1920 in diversi corpi idrici della Sardegna con lo scopo di aumentare la pescosità dei fiumi sardi allora ritenuti poveri di specie (Mola, 1928). La specie si è progressivamente diffusa nella maggior parte dei bacini idrografici della Sardegna e attualmente risulta ampiamente diffusa nei bacini del Riu Palmas, Riu Cixerri, Riu Mannu di San Sperate, Riu Mannu di Cagliari, Fiume Flumendosa, Fiume Massari, Fiume Taloro, Fiume Tirso, Riu Mannu di Berchidda, Fiume Coghinas, Riu di Pula, Riu Mare di Foghe e Riu Girgini. In particolare si segnalano popolazioni abbondanti nel Rio Cixerri (RRCi03) nel territorio comunale di Uta e nel Flumini Mannu di Pabillonis (VFMa01) (>30 ind./100 m).

Questa specie agisce come un “ecosystem engineers” e causa profonde alterazioni sia sulle catene trofiche che non trofiche negli ecosistemi (Crooks, 2002; Gherardi, 2007; Sousa et al., 2009). Attraverso la sua attività di grufolatore la carpa comune ha la capacità di spostare l'ecosistema acquatico da uno stato limpido, dominato da macrofite a uno stato torbido, dominato dal fitoplancton.

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 (*Massidda et al., 2008*).

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.

Individuo di cobite catturato sul Fiume Flumendosa (PFFI05).



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.

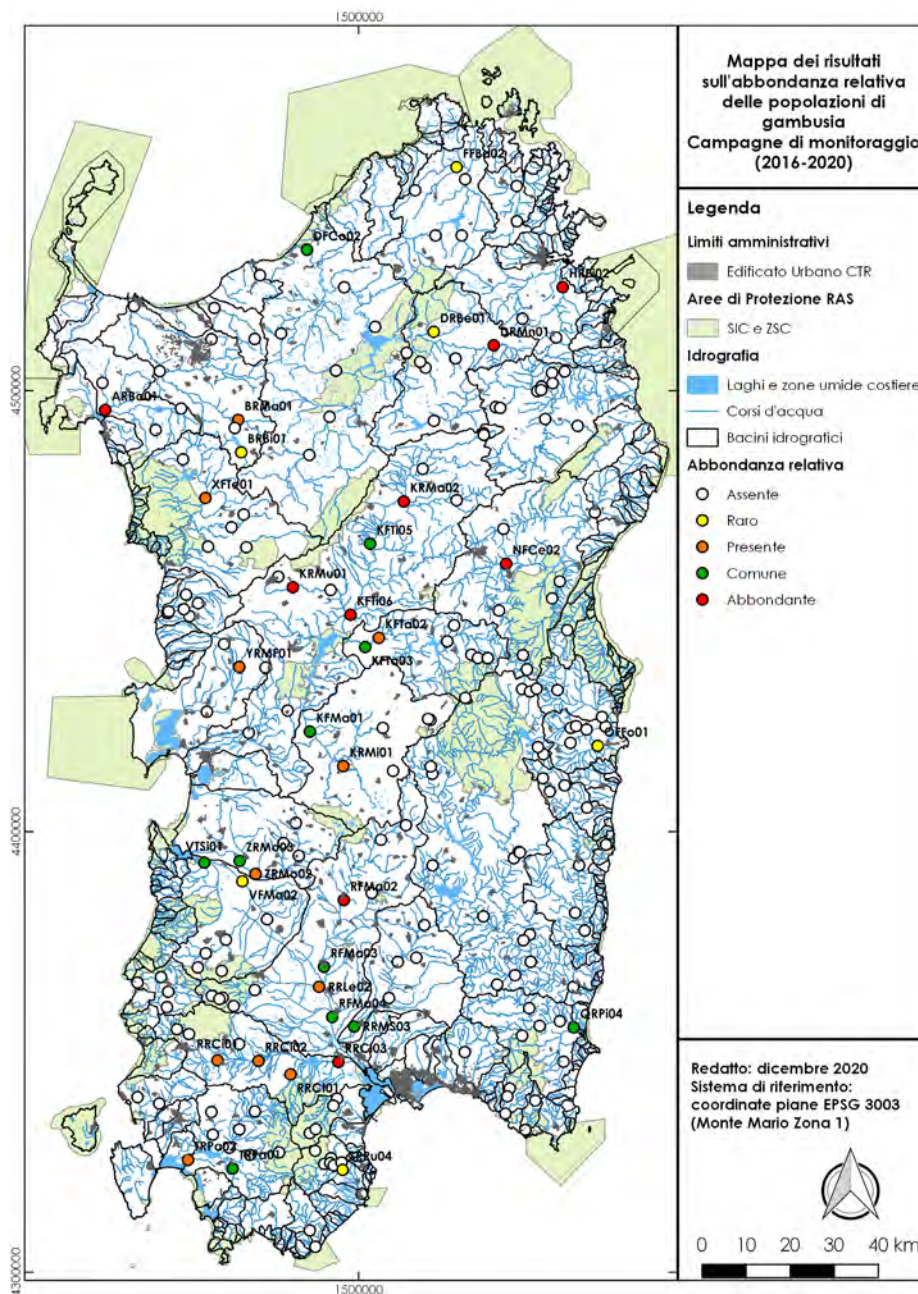
Habitat ed ecologia: Predilige acque calde, calme, con fondale fangoso e ricche di vegetazione. Risulta sensibile alle basse temperature, alle quali non sopravvive, mentre è ben tollerante alle alte. È una specie tipicamente gregaria, forma banchi numerosi in superficie

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.

Individuo di gambusia femmina catturato sul Fiume Massari (KFMa01).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di gambusia
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

La gambusia è un piccolo ciprinide introdotto in Sardegna nel 1920 (Spano, 1956) come lotta biologica contro il vettore della malaria la zanzara anofele in quanto è noto che questa specie si nutre di crostacei, di piccoli insetti e soprattutto larve di ditteri tra cui le fasi larvali e di pupa delle zanzare. Per questi motivi, questa specie può essere considerata forse il pesce d'acqua dolce più diffuso al mondo. In Sardegna questa specie prospera in stagni, laghetti, canali di bonifica ed ambienti marginali ai fiumi, dove si accresce rapidamente. La specie è risultata abbondante (>30 ind./100 m) in numerose stazioni di campionamento di diversi bacini idrografici: Fiume Tirso, Riu Mannu di Berchidda, Flumini Mannu di Cagliari, Riu Cixerri e Riu Barca.

Gli impatti di questa specie sono per lo più legati alle sue abitudini alimentari; infatti agisce negativamente sulla fauna indigena, soprattutto sullo zooplancton (Fadda et al., 2016) e sulle uova e sugli avannotti di pesci autoctoni (Pen & Potter, 1991).

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.

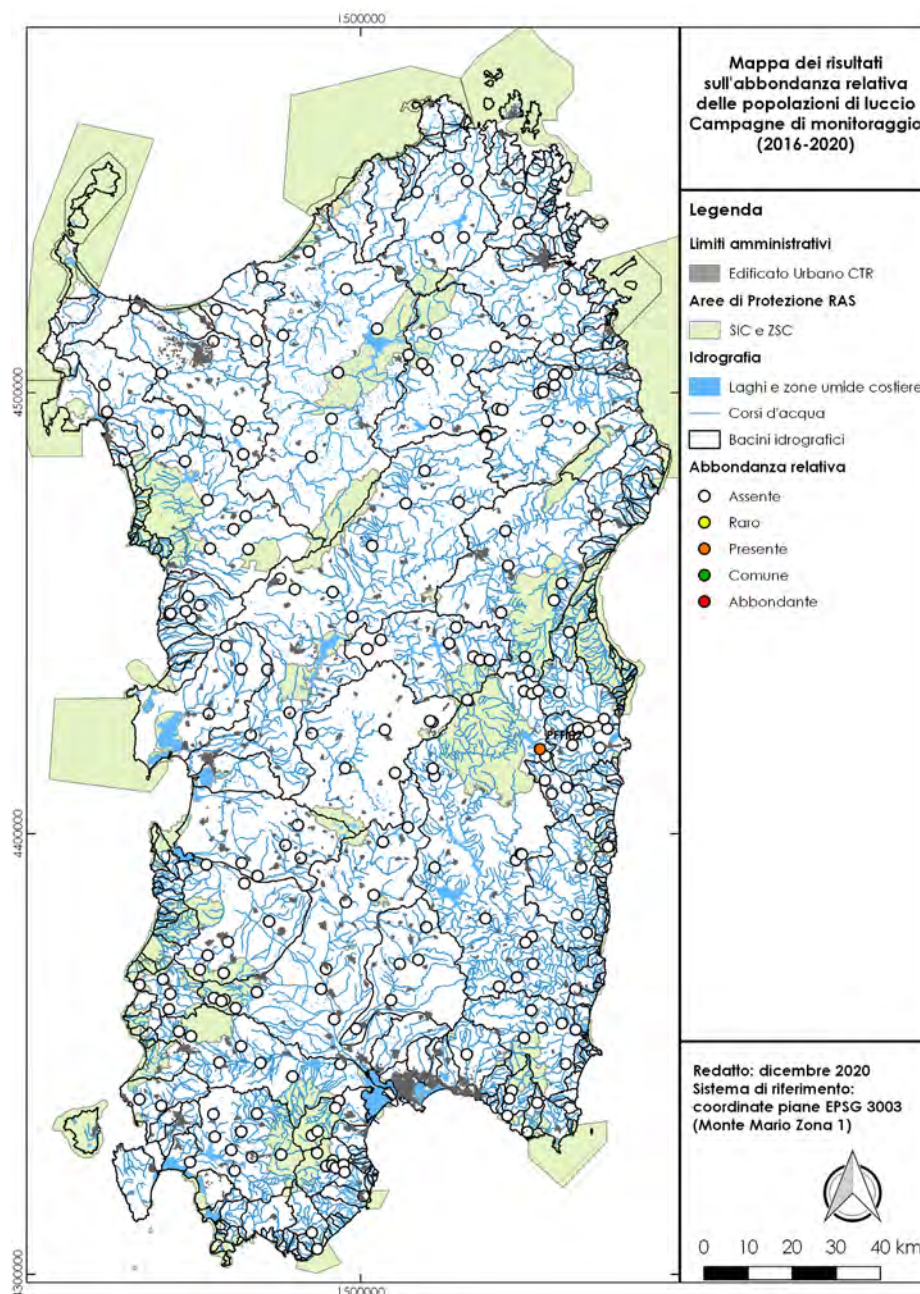
Alimentazione: Specie carnivora, caccia restando immobile fra le piante acquatiche in attesa che la preda si avvicini. La sua dieta comprende rane, piccoli mammiferi, giovani uccelli acquatici e attua il cannibalismo.

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 (PFF102).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di luccio
cisalpino
in
Sardegna

Situazione in Sardegna:

Specie alloctona per la Sardegna introdotta nel Lago dell'Alto Flumendosa a partire dal 2014 per la pesca sportiva, anche se viene riscontrata la sua presenza in Sardegna da fonti non ufficiali già dal 2011 circa (Casu *et al.*, 2016).

Si segnala per la prima volta il rinvenimento di questa specie in un tratto del Fiume Flumendosa (PFFL02) subito a monte della diga dell'Alto Flumendosa. In questo immissario del lago d'acqua la popolazione è risultata costituita prevalentemente da individui giovanili e perciò non strutturata demograficamente. Il tratto di fiume indagato possiede caratteristiche idonee e ottimali per costituire un'area di nursery per la specie. Secondo la scala di abbondanza relativa la popolazione è stata classificata come "presente" con 3-10 ind./100 m.

La specie è un vorace predatore la cui dieta comprende rane, piccoli mammiferi, giovani uccelli acquatici e altre specie ittiche. In letteratura è nota l'attitudine dei piccoli lucci di spostarsi in gruppo nei corsi d'acqua limitrofi al bacino di appartenenza e di incidere negativamente sulle popolazioni salmonicole presenti.

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.

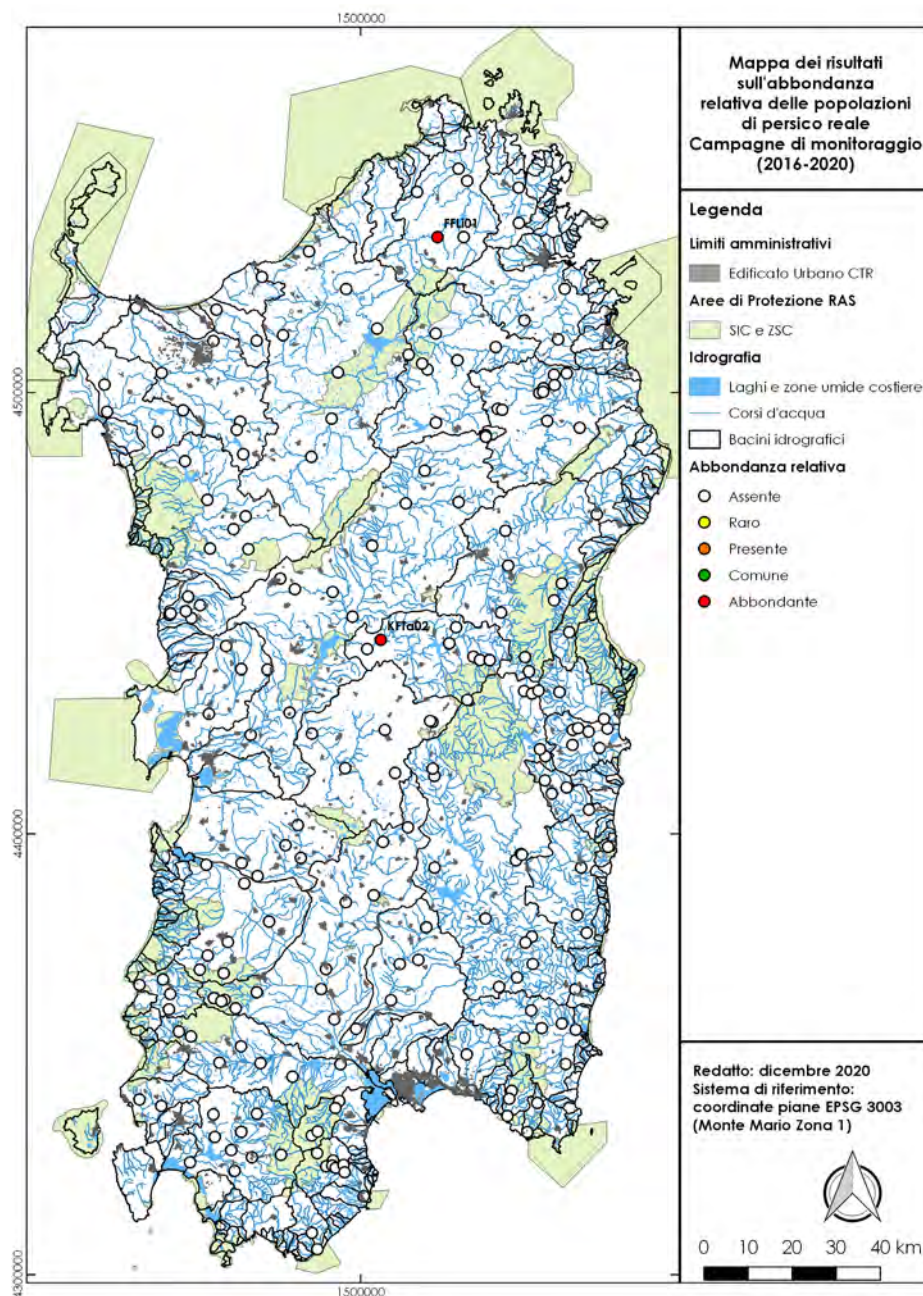
Alimentazione: Nelle fasi giovanili si nutre principalmente di zooplancton per passare con la crescita ad abitudini spiccatamente ittiofaghe.

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).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di persico
reale in
Sardegna

Situazione in Sardegna:

Nei bacini della Sardegna la specie è alloctona, introdotta nella prima metà del ventesimo secolo (1920) con l'obiettivo di aumentare la pescosità dei fiumi Sardi (Spano, 1956). La sua distribuzione è sempre stata sporadica probabilmente a causa della competizione con altre specie alloctone introdotte. Attualmente la specie è stata censita in sole due stazioni di campionamento ubicate una nel Fiume Liscia (FFLi01) e una nel Fiume Taloro (KFTa02). La specie in entrambe le stazioni è risultata abbondante e strutturata.

Anche per questa specie, la competizione trofica e la predazione nei confronti delle specie autoctone, soprattutto giovani di anguilla qualora presenti, potrebbe essere una delle minacce che questa specie potrebbe esercitare sull'ittiofauna originaria dell'isola.

PERSICO SOLE

Lepomis gibbosus L., 1758

Ordine: Perciformes

Famiglia: Centrarchidae

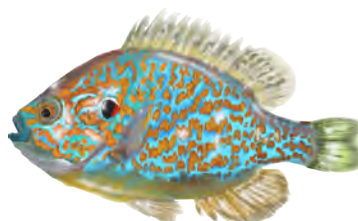
Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5687

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)

Specie Aliena Invasiva ai sensi del D.Lgs 230/2017



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.

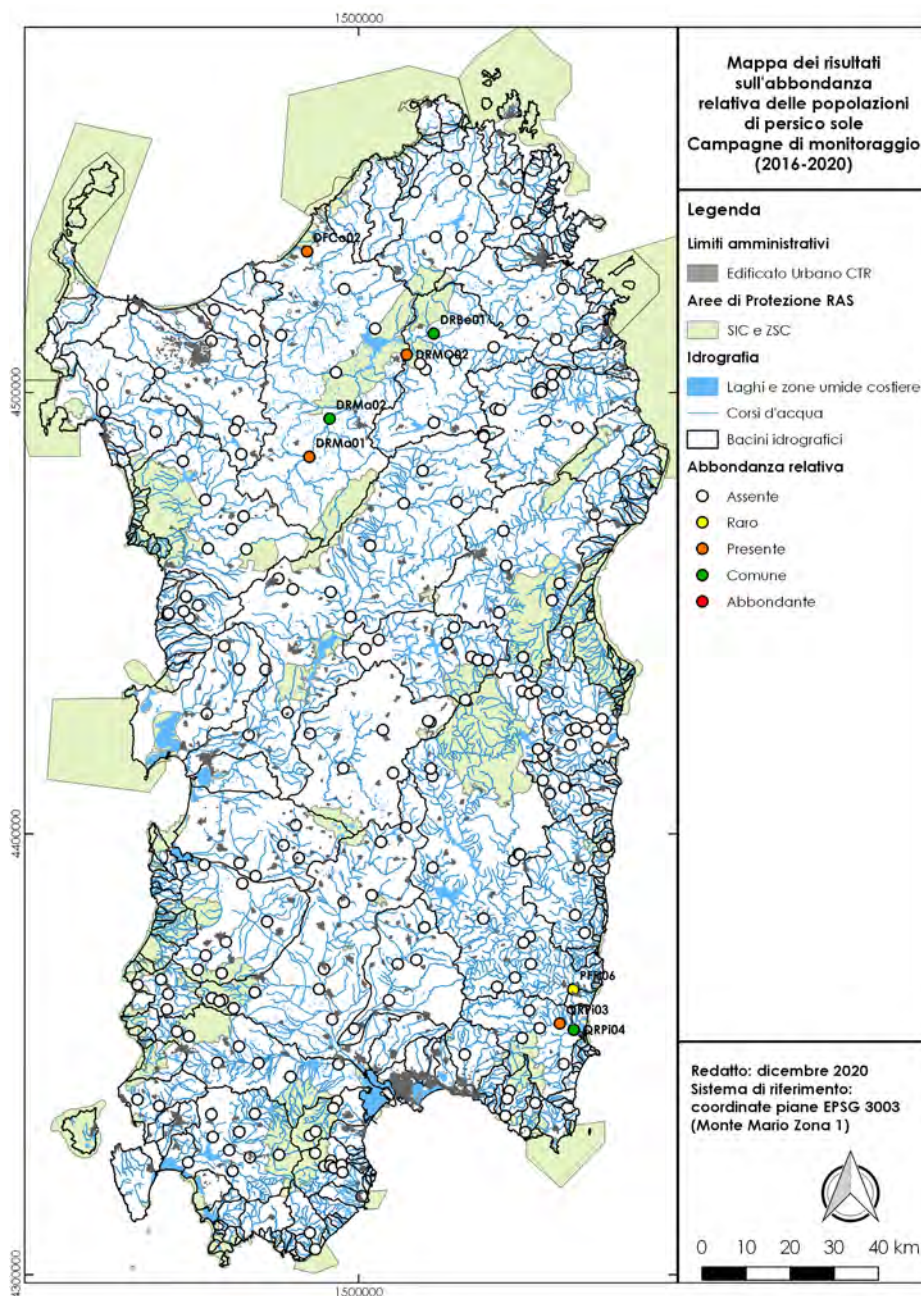
Alimentazione: Si nutre di numerose specie animali acquatiche di piccole dimensioni (tra cui crostacei e pesci), ma anche di vegetali e uova di altre specie.

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).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di persico
sole in
Sardegna

Situazione in Sardegna:

Il Persico sole è una specie alloctona, originaria del Nord-America, nella regione dei Grandi Laghi e dell'alto corso del Mississippi. Introdotto in Europa alla fine dell'800 ed all'inizio del secolo scorso in Italia settentrionale in Sardegna fa la sua comparsa nel 2006 nel Rio Picozza (Orrù *et al.*, 2007) e successivamente nel Lago Coghinas nel 2008. Attualmente risulta ampiamente diffuso in tutto il bacino idrografico del Coghinas con popolazioni strutturate e numericamente consistenti. Risulta inoltre presente nel tratto basso del Fiume Flumendosa (PFFl06) e nel Rio Picozza (QRPi03 e QRPi04).

È una specie che, a causa delle sue abitudini alimentari carnivore è in grado di predare uova e sulle fasi larvali e giovanili di molte specie delle acque lotiche, inducendone una riduzione demografica e successi riproduttivi contenuti. Il persico sole rappresenta una specie esotica invasiva in grado di indurre cambiamenti a livello ecosistemico (DAISIE, 2008). La specie in base al DL n.230/2017 risulta presente nella lista delle specie invasive di interesse unionale e pertanto oggetto di specifici piani di contenimento/eradicazione.

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.

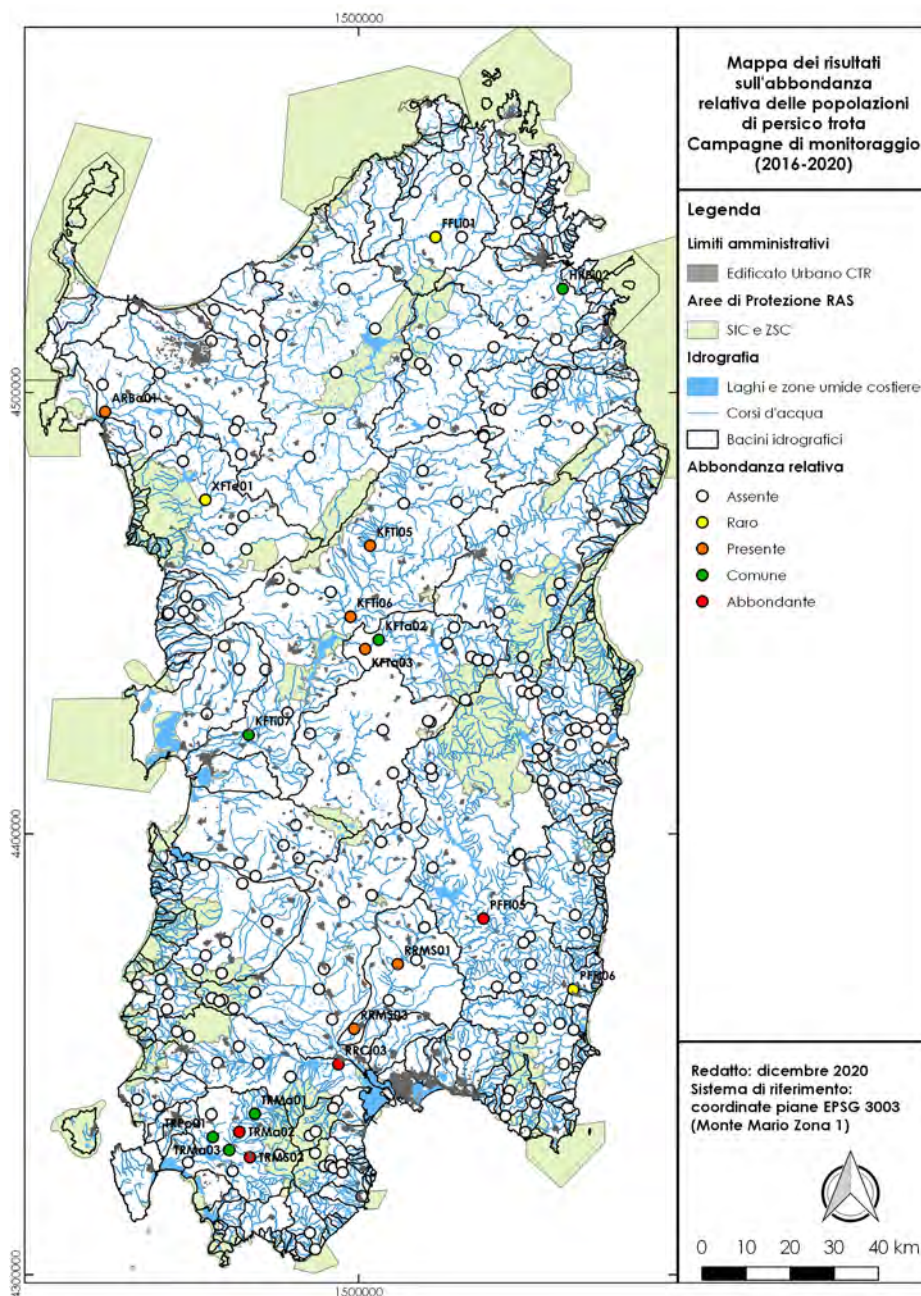
Alimentazione: Specie prevalentemente ittiofaga (si nutre di pesci), si nutre comunque di numerose specie acquatiche (tra cui rane, crostacei e odonati) e attua spesso il cannibalismo.

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).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di persico
trota in
Sardegna

Situazione in Sardegna:

Il persico trota è un tipico predatore di lago che preferisce ambienti acquitrinosi e tratti di fiume con corrente moderata. È una delle cinque specie maggiormente introdotte nei sistemi di acqua dolce e in Sardegna la specie è stata introdotta nel 1962 dal Prof. Mauro Cottiglia in alcuni laghetti della Provincia di Cagliari (*Cottiglia, 1968*). Considerando l'interesse della pesca sportiva verso questa specie è stato transfaunato in diversi laghi della Sardegna che attualmente popola in modo consistente.

Il persico trota è abbondante nel bacino idrografico del Riu Mannu di Palmas, dove la specie introdotta già a partire dagli anni 60' nel lago di Monte Pranu si è distribuita in tutto il bacino idrografico con popolazioni demograficamente ben strutturate. La specie è inoltre presente: nel Bacino del Tirso (KFTi05, KFTi06 e KFTi07) e del Taloro (KFTa02 e KFTa03); Fiume Temo (XFTe01); Riu Barca (ARBa01); Riu Bidighinzu (HRBi02) e Fiume Liscia (FFLi02).

Il persico trota è un vorace predatore originario del Nord America inserito nella lista IUCN tra le 100 specie al mondo maggiormente invasive (*Lowe et al., 2000*). Con la sua dieta composta principalmente da insetti, crostacei e pesci contribuisce in modo marcato all'alterazione dei popolamenti ittici autoctoni (*Britton et al., 2010; Luger et al., 2020*).

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.

Alloctona

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



PSEUDORASBORA

Pseudorasbora parva Schlegel, 1842

Ordine: Cypriniformes

Famiglia: Cyprinidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 5807

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)

Specie Alloctona Inasiva ai sensi del Reg. (CE) 1143/2014



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.

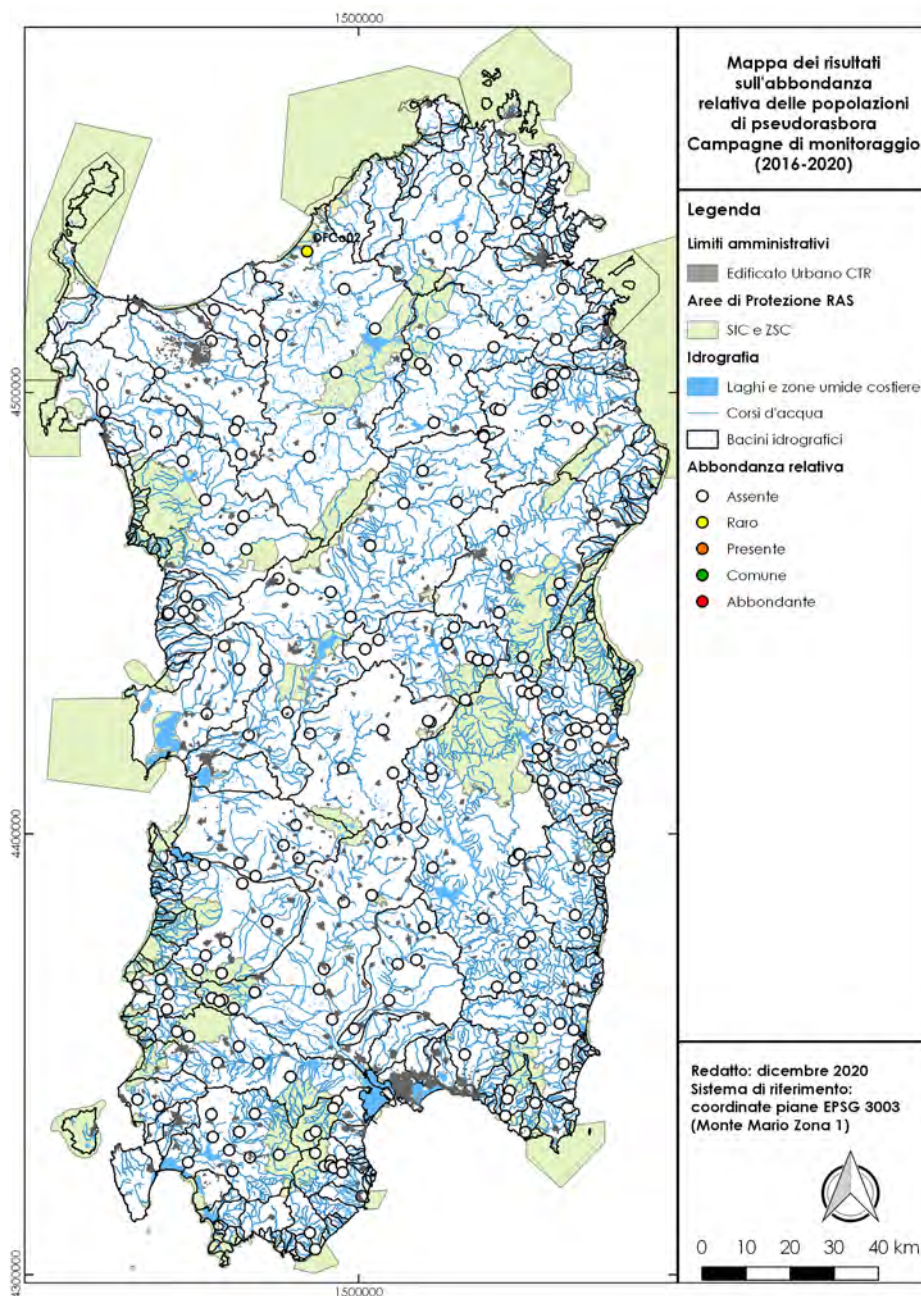
Alimentazione: Gli adulti presentano una dieta onnivora, cibandosi di varie specie di insetti acquatici, anellidi, molluschi, crostacei anfipodi ed isopodi, mentre i giovani si cibano esclusivamente di zooplancton.

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.

Alloctona

Individuo di *pseudorasbora* catturato sul Fiume Coghinas (DFCo02).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione di
pseudorasbora
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

La pseudorasbora è un pesce di piccole dimensioni originario della regione orientale del continente asiatico (Giappone, Cina, Corea e Fiume Amur), introdotta nel 2006 in Sardegna nel Lago Coghinas (Diga di Muzzone) (Puzzi, 2010). La specie è stata censita nel tratto basso del Fiume Coghinas (DFCo02) a circa 7 km dalla foce tra i comuni di Valledoria, Badesi e Viddalba. La specie è presente nell'elenco delle specie invasive di importanza comunitaria ed è considerata tra le 100 peggiori specie invasive in Europa in quanto vettore di malattie (es. *Sphaerotetrum destruens*) potenzialmente pericolose sia per la diversità autoctona che per le specie di allevamento. La specie compete per il cibo con altri pesci di interesse acquacolturale ed è un predatore che si nutre degli stadi giovanili di molte specie native (DAISIE, 2009). La specie è presente all'interno dei confini della ZSC Foci del Coghinas (IT10004).

Inoltre, la specie in base la DL n.230/2017, risulta presente nella lista delle specie invasive di interesse Unionale e pertanto oggetto di specifici piani di contenimento/eradicazione.

TROTA FARIO

Salmo trutta L., 1758

Ordine: Salmoniformes

Famiglia: Salmonidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000: 6262

Status IUCN Italia: NA (Non applicabile)



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.

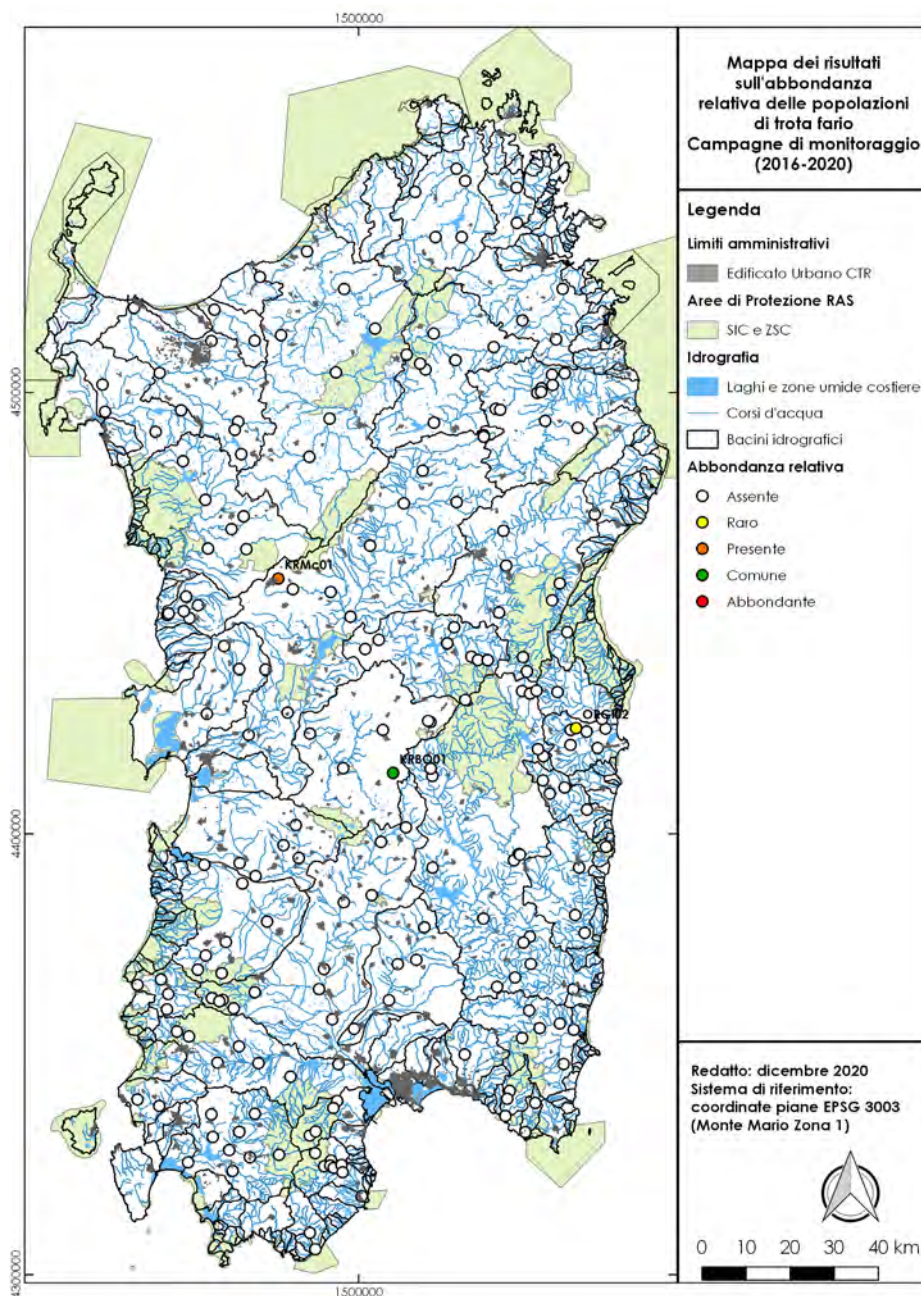
Alimentazione: Abile predatore, si ciba di piccoli pesci, oligocheti, crostacei, insetti e larve.

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).





←
Carta di
abbondanza
d e l l e
popolazioni
di trota fario
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

La trota fario è stata introdotta in Sardegna per la prima volta nei primi del 1900 (Mola, 1928). Queste pratiche di introduzione sono diventate prassi consolidata in tutta la Sardegna a partire dagli anni '60. Tale attività è proseguita sino ai primi anni del 2000 e ancora oggi per molti pescatori sportivi è ritenuta essenziale per sostenere i quantitativi di biomassa nei corsi d'acqua isolani. La trota fario (*Salmo trutta*), di origine nord europea e proveniente da impianti di trotticoltura, contrariamente a quella americana si incrocia con la trota sarda determinando i fenomeni di ibridazione che hanno fortemente compromesso la maggior parte delle popolazioni di *Salmo ghigii*.

Nel presente lavoro la trota fario di origine domestica è risultata presente con popolazioni non ibridata con la trota sarda nell'U.I.O. del Fiume Tirso (K) nei corsi d'acqua Riu di Macomei (KRMa01) e nel Riu Bau Onu (KRBO01). In entrambi i casi le popolazioni di trota fario censite appartengono a ceppi di origine domestica (D-loop H2). La biomassa calcolata varia da 5.1 g/m² nel Riu Bau Onu a 7.8 g/m² nel Riu di Macomei. Una popolazione rara è stata, inoltre, censita nel Riu Girasole (ORGi02).

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.

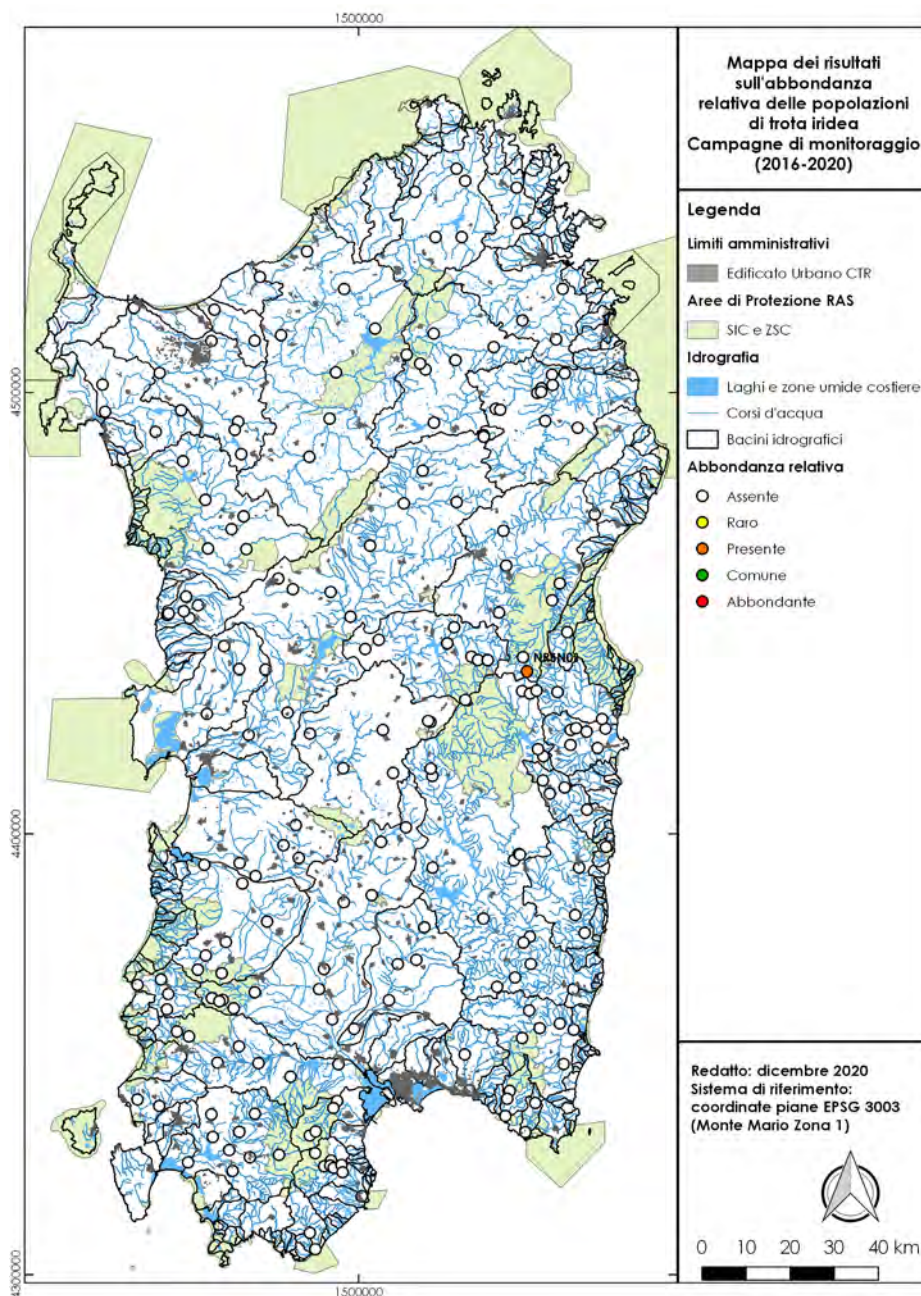
Alimentazione: Adatta la sua dieta in funzione dell'ambiente che popola, cibandosi indistintamente di insetti, crostacei, oligocheti e pesci.

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).





←
Carta di
abbondanza
delle
popolazioni
di trota
iridea in
Sardegna

Situazione in Sardegna:

La trota iridea è la prima specie alloctona introdotta in Sardegna. Le prime immissioni risalgono al 1896 in alcuni torrenti del nord Sardegna da parte del Prof. Pasquale Mola (Mola, 1928). Attualmente la sua presenza risulta sporadica e limitata a piccole immissioni di individui adulti pronta pesca. Questo è il caso del Riu su Nurrone (NRSN01) nel Comune di Talana (3-10 ind./100 m) e non strutturata in quanto composta solamente individui adulti. Il sito di presenza della specie risulta all'interno della ZSC "Supramonte di Oliena, Orgosolo e Urzulei - Su Sercone".

La Trota iridea è una specie carnivora ed evidenzia una certa predisposizione all'ittiofagia; si ciba soprattutto di piccoli pesci, predando individui di altre specie. La popolazione è confinata in questo tratto di fiume e non sembrerebbe essere in condizione di espandere il suo areale, vista la ridotta capacità di naturalizzazione. Si auspica in questo caso una eradicazione della specie attraverso campagne di elettropesca o tramite il coinvolgimento dei pescatori sportivi.

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.

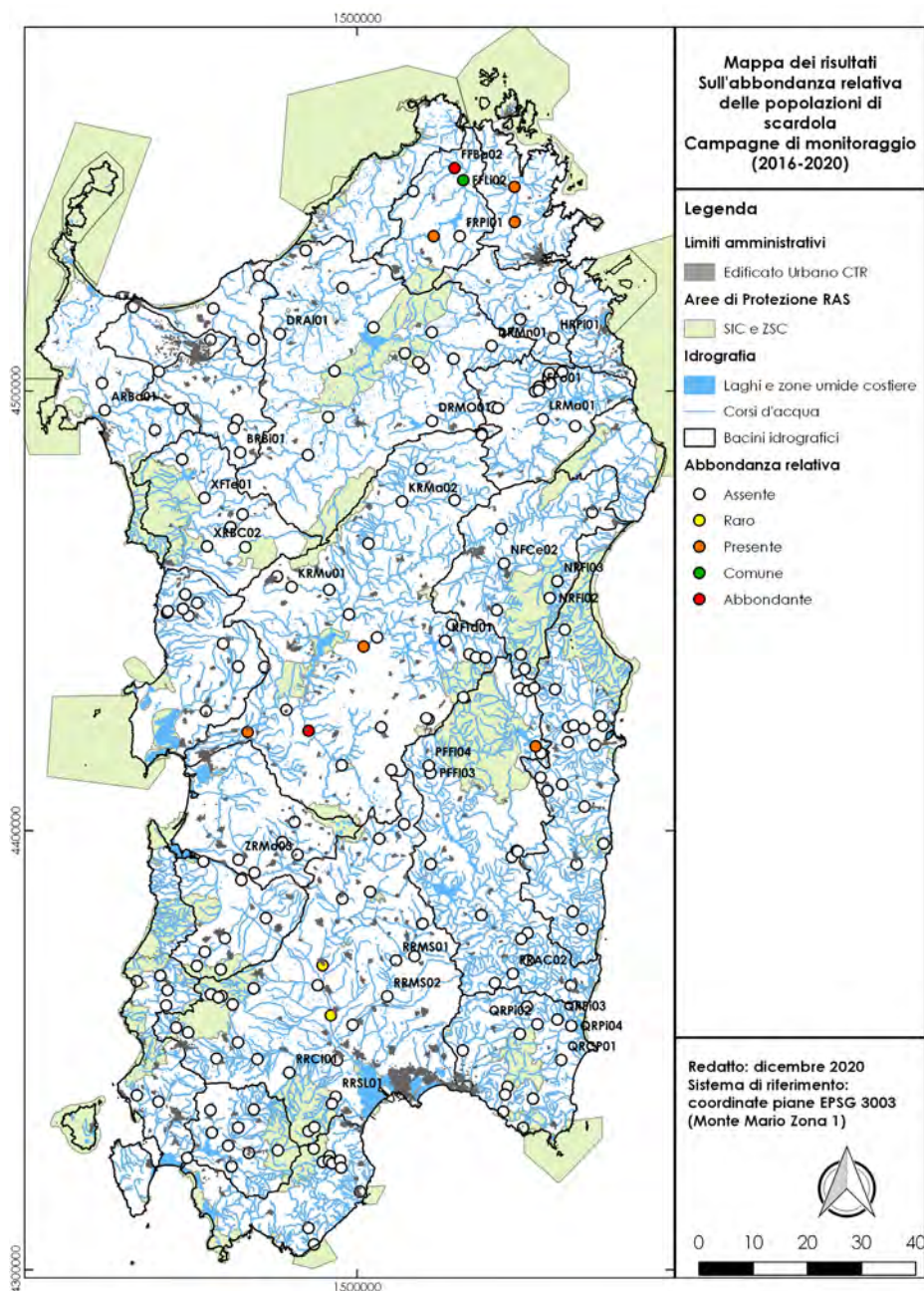
Habitat ed ecologia: Predilige acque stagnanti o a lento decorso con abbondante vegetazione acquatica. È una specie spiccatamente gregaria e presenta un'ampia tolleranza ad acque inquinate e poco ossigenate.

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).





←
Carta di
abbondanza
della
popolazione
di scardola
in Sardegna

Situazione in Sardegna:

Specie gregaria, frequenta le acque a lento corso o ferme dei bacini artificiali, con una particolare predisposizione per quelle con fondo fangoso e ricche di vegetazione acquatica. In Sardegna la specie è stata introdotta in alcuni laghi artificiali da pescatori sportivi a partire dagli '90 del secolo scorso (Massidda et al., 2008).

La specie è stata censita nel Flumini Mannu di Cagliari (RFMa03 e RFMa04), nel Fiume Massari (KFMa01) in cui risulta abbondante e con popolazioni strutturate, nel Fiume Taloro (KFTa03), Fiume Tirso (KFTi07), Fiume Flumendossa (PPFL02), Riu San Giovanni (Olbia e Arzachena, GRSG01 e GRSG02, rispettivamente) e in tutto il bacino del Fiume Liscia.

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.

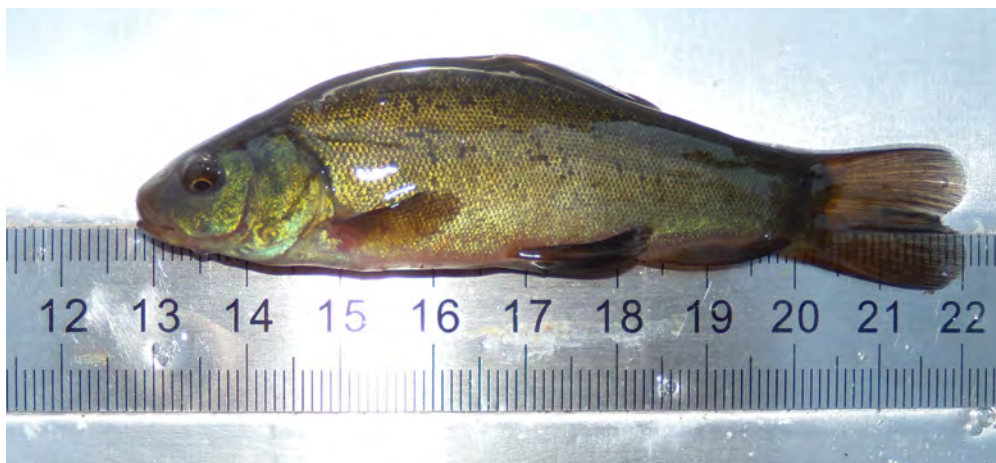
Origine e distribuzione: È ampiamente diffusa nelle acque dolci dell'Europa e dell'Asia occidentale. In Italia è indigena in tutte le regioni settentrionali e peninsulari mentre nelle isole è stata introdotta successivamente.

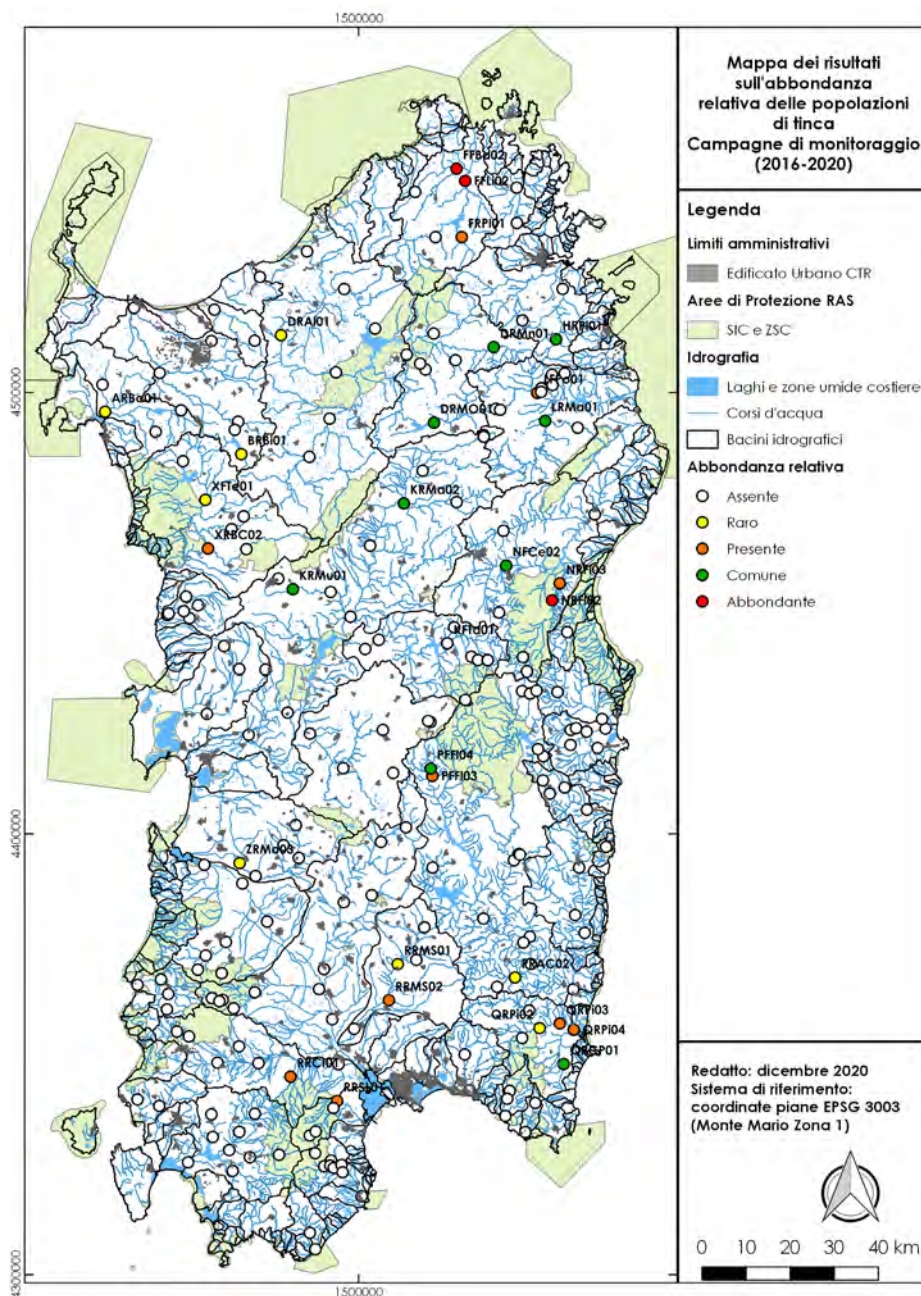
Habitat ed ecologia: Predilige acque calde a lento decorso, ricche di vegetazione e con fondi fangosi nei quali si infossa quando è inattiva. Assai resistente a basse concentrazioni di ossigeno ed escursioni termiche.

Alimentazione: La dieta è molto varia e comprende invertebrati bentonici, anellidi, 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.

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





←
Carta di
abbondanza
della tinca e
popolazioni
di tinca in
Sardegna

Situazione in Sardegna:

Specie alloctona per la Sardegna è stata introdotta per la prima volta nell'isola nel 1906 dal Prof. Pasquale Mola nelle acque dello stagno di Sorso (Mola, 1928). La specie ha trovato nelle acque stagnanti e ferme delle acque dolci dei numerosi bacini artificiali della Sardegna le condizioni ideali per la sua sopravvivenza ed espansione. Nell'ambito del presente lavoro la tinca è stata censita in 15 bacini idrografici (37 bacini totali campionati). La specie è risultata abbondante e con popolazioni strutturate (>30 ind/100 m) nel Fiume Liscia (FFLi02), Fiume Bassacutena (FFBa02) e Fiume Cedrino (NRFl02) a valle della gola di Gorropu (Comune di Dorgali). Nelle altre stazioni in cui è stata segnalata risulta compresa tra comune e rara.

La tinca agisce a carico dell'ecosistema come "ecosystem engineers" e causa profonde alterazioni sia sulle catene trofiche e non trofiche negli ecosistemi (Crooks, 2002; Gherardi, 2007; Sousa et al., 2009). La sua introduzione, a causa della modalità di alimentazione, crea un aumento di torbidità dell'acqua causando effetti negativi a carico sia della componente macrofittica che di quella animale (Parkos et al., 2003; Maceda-Veiga et al., 2013; Mathers et al., 2016).

TRIOTTO

***Rutilus aula* Bonaparte, 1841**

Ordine: Cypriniformes

Famiglia: Cyprinidae

Convenzione di Berna: --

Dir. Habitat: --

Cod. Natura 2000:

Status IUCN Italia: LC (Minor preoccupazione)



Morfologia: Ciprinide di piccole dimensioni, non supera i 20 cm di lunghezza. Il corpo è allungato e leggermente compresso sui lati. La testa è piccola con bocca terminale. La livrea del dorso è scura e varia da bruno-oliva a grigiastro. I fianchi, di colorazione bianco-argentea, sono attraversati da una banda scura laterale molto marcata che si estende dall'occhio fino al peduncolo caudale. L'iride è di un caratteristico colore rosso o rosso-giallastro.

Distribuzione: Specie endemica del distretto Padano-Veneto, è stata introdotta accidentalmente nell'area centrale e meridionale della penisola in seguito ai ripopoli legati alla pesca sportiva. La sua presenza in Sardegna è stata segnalata per la prima nel 2011 nelle acque del Lago Alto del Flumendosa (Orrù *et al.*, 2019b).

Habitat ed ecologia: Vive in acque ferme o a lento corso, ricche di vegetazione, con fondali sabbiosi o limosi. Specie fortemente dulciacquicola, presenta un'elevata valenza ambientale riuscendo ad adattarsi a differenti condizioni ambientali. Ha abitudini gregarie e tende a formare gruppi anche molto numerosi, spesso in associazione con altri ciprinidi.

Alimentazione: La dieta è onnivora e può comprendere piccoli vertebrati, sia bentonici che epifitici, e alghe filamentose.

Riproduzione: La maturità sessuale arriva tra il primo e il secondo anno di età. Il periodo riproduttivo ricade tra maggio e agosto. Le uova, da 50 mila a 100 mila per femmina, sono molto piccole (1.5 mm o meno) e sono deposte di solito fra le idrofite ed aderiscono alle piante, alle pietre o alle rocce. Le larve si schiudono dopo pochi giorni.

APPROFONDIMENTI SULLE SPECIE ALLOCTONE INVASIVE

Le invasioni biologiche sono considerate tra le principali minacce per la biodiversità (Hulme et al., 2009), responsabili dei cambiamenti ambientali a livello globale (Vitousek et al., 1997), nonché uno dei più gravi fattori di disturbo negli ecosistemi acquatici (Olenin et al., 2011). Una specie introdotta al di fuori del proprio areale nativo ad opera dell'uomo viene considerata non indigena e nel momento in cui manifesta un elevato tasso di colonizzazione e quindi di successo nello stabilirsi in un nuovo areale, viene considerata invasiva (Invasive Alien Species IAS). Il rapido aumento in abbondanza di una IAS può provocare fenomeni di dominanza nelle comunità native, alterazioni a livello genetico delle popolazioni, la modifica funzionale degli ecosistemi e dei servizi ad essi correlati ed eventualmente, il loro complessivo deterioramento (Olenin et al., 2011; Ricciardi et al., 2011). L'impatto negativo sugli ecosistemi causato dalle introduzioni di IAS si ripercuote anche sull'uomo, che beneficia dei beni e servizi ad essi legati (Pejchar & Mooney, 2009). Rispetto a quelli terrestri, gli ambienti acquatici risultano particolarmente

vulnerabili all'introduzione di IAS (Halpern et al., 2007; Ricciardi, 2015).

La Commissione Europea con il Regolamento (UE) n. 1143/2014 ha stabilito le norme atte a prevenire, ridurre al minimo e mitigare gli effetti negativi sulla biodiversità causati dall'introduzione e dalla diffusione, sia deliberata che accidentale, delle specie esotiche invasive all'interno dell'Unione. L'art.4 del Regolamento 1143/2014 definisce l'"Elenco delle specie esotiche invasive di rilevanza unionale": si tratta di specie esotiche invasive i cui effetti negativi sull'ambiente e la biodiversità in ambito europeo sono così gravi da richiedere un intervento concertato degli Stati membri dell'Unione Europea.

A carico delle specie individuate dall'Elenco, è prevista una serie di divieti e di obblighi di sorveglianza e gestione.

In particolare, esse non possono essere:

- introdotte o fatte transitare nel territorio dell'Unione;
- detenute, anche in confinamento;
- allevate, anche in confinamento;
- trasportate verso, da e all'interno dell'Unione;
- vendute o immesse sul mercato;
- utilizzate o cedute a titolo gratuito o scambiate;

- poste in condizione di riprodursi (anche in confinamento);
- rilasciate nell'ambiente.

Tra le specie incluse nell'elenco unionale delle IAS legate ad ambienti di acque dolci e presenti in Italia abbiamo:

Invertebrati

- 1) Granchio cinese (*Eriocheir sinensis*);
 - 1) Gambero americano (*Orconectes limosus*);
 - 3) Gambero della California (*Pacifastacus leniusculus*);
 - 4) Gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*);
- Gambero marmorato (*Procambarus fallax f. virginalis*).

Pesci

- Persico sole (*Lepomis gibbosus*);
Pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*).

Anfibi

- Rana toro americana (*Lithobates catesbeianus*);

Rettili

- Testuggine palustre americana (*Trachemys scripta*).

Mammiferi

- Nutria (*Myocastor coypus*).

I pesci d'acqua dolce sono tra le specie maggiormente minacciate, e i fiumi mostrano un declino della biodiversità

maggiore rispetto alla maggior parte degli altri habitat (Sala et al., 2000; Dudgeon et al., 2006). Ciò è dovuto a una vasta gamma di minacce (Malmqvist & Rundle 2002), che includono la costruzione di dighe con conseguente interruzione della continuità fluviale e relativo disseccamento e alterazione dei flussi (Sheller et al., 2006), l'inquinamento e ultimo ma non per importanza l'introduzione di specie ittiche alloctone (Fairfax et al., 2007).

Il rilascio di specie ittiche negli ambienti dulciacquicoli è, infatti, un fenomeno assai diffuso in Europa (Copp et al., 2005) e ampiamente praticato in Italia, dove la sensibilizzazione e i controlli sono stati per lungo tempo assenti e inefficaci. Di conseguenza, le specie di pesci alloctoni risultano più numerose in Italia rispetto ad altri paesi europei (Copp et al., 2005). In Italia, la xenodiversità animale dei corsi d'acqua dolce ammonta a 112 specie, di cui 64 invertebrati e 48 vertebrati (Gherardi et al., 2008).

I risultati ottenuti mediante la ricognizione dei dati bibliografici e scaturiti dall'indagine condotta nell'ambito della redazione del presente lavoro evidenziano come la Sardegna non sia esente

da questo fenomeno e le introduzioni delle specie ittiche alloctone sono iniziate sin dai primi del '900 con un trend in costante crescita (Fig. 19). L'analisi dei dati ha evidenziato la presenza di 16 specie alloctone (circa il 70% delle specie) nelle acque interne della Sardegna. Rispetto al lavoro scientifico di revisione condotto da Orrù e collaboratori del 2010 (Orrù et al., 2010) sono state registrate due nuove introduzioni relative al luccio (*Esox cisalpinus*), introdotto nel Lago dell'Alto Flumendosa a partire dal 2014 per la pesca sportiva

(Casu et al., 2016), e al triotto (*Leucosticte aulata*) la cui segnalazione risale al 2018 ed introdotto anch'esso nel Lago dell'Alto Flumendosa come pesce foraggio (Orrù et al., 2019b). Analizzando i dati bibliografici è stato possibile ricostruire le finalità delle introduzioni e i sistemi idrici dove queste sono avvenute. Le maggiori introduzioni di specie in Sardegna, prima del 1962, sono il risultato di introduzioni intenzionali con lo scopo di incrementare la produttività dei corsi d'acqua e laghi della Sardegna (pari al 25%). La maggior parte delle

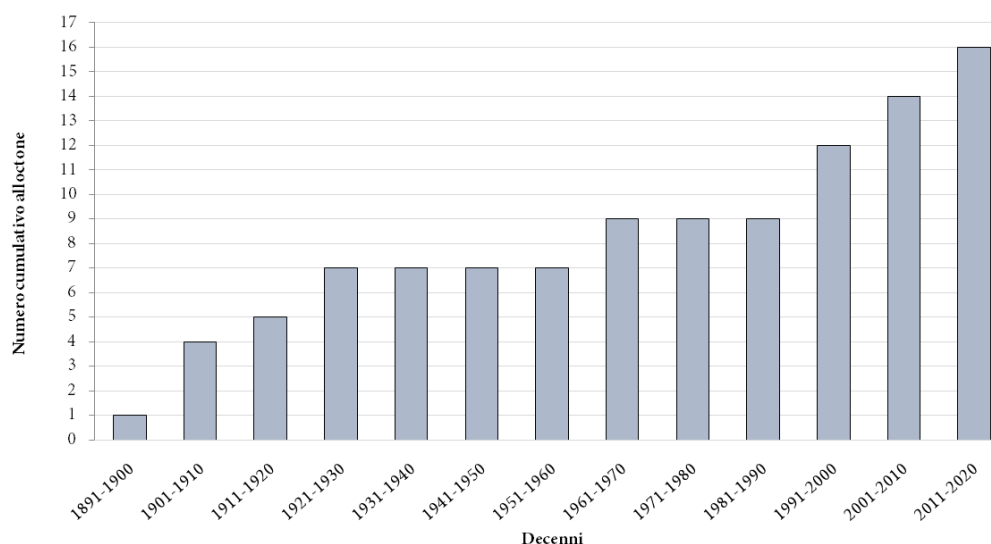


Fig. 19. Numero cumulativo di pesci alloctoni introdotti in Sardegna a partire dal 1896. Aggiornato da Orrù et al., 2010.

introduzioni si è avuta a partire dalla fine degli anni '80 ad opera dei pescatori sportivi (62%) sia immettendo specie bersaglio, su cui indirizzare l'attività di pesca, che come specie foraggio. Una sola specie (il carassio) è stata introdotta a scopo ornamentale (5%) e un'altra come lotta biologica alla malaria (5%) (Tab. VIII e Fig. 20).

La maggior parte delle introduzioni primarie in Sardegna sono avvenute nei laghi artificiali (56%), seguono le immissioni nei fiumi (33%) e quelle negli estuari e nelle vasche artificiali (12%) (Fig. 21).

Simili risultati sono stati osservati in tutte le parti del mondo e le immissioni non autorizzate da parte dei pescato-

ri sportivi rappresentano la maggiore causa di introduzione di specie ittiche (Dextrase & Mandrak, 2006; Savini et al., 2010).

In altri paesi del Mediterraneo la costruzione di dighe, per fornire acqua a scopi irrigui, per le captazioni industriali usi domestici, ha creato nuovi habitat e quindi nuove opportunità per la colonizzazione di pesci alloctoni (Collares-Pereira & Cowx, 2004). Infatti, numerosi studi hanno dimostrato che i pesci alloctoni hanno maggior successo di colonizzare i corpi idrici artificiali rispetto ai corsi d'acqua naturali (Tarkan et al., 2012; Clavero et al., 2013).

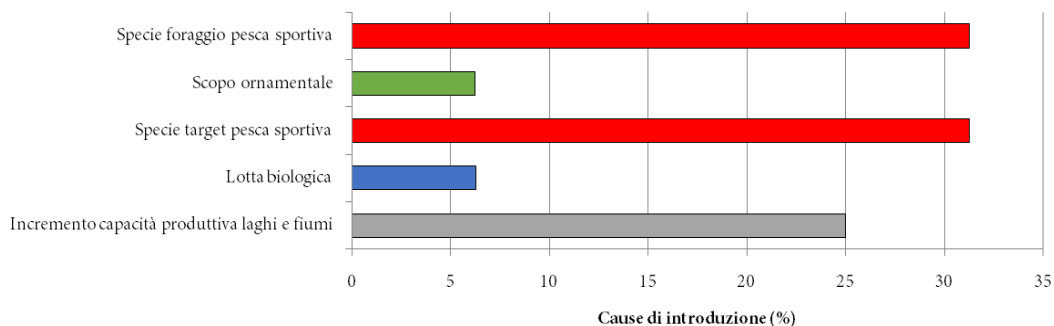


Fig. 20. Percentuale sulle cause di introduzione delle specie ittiche in Sardegna.

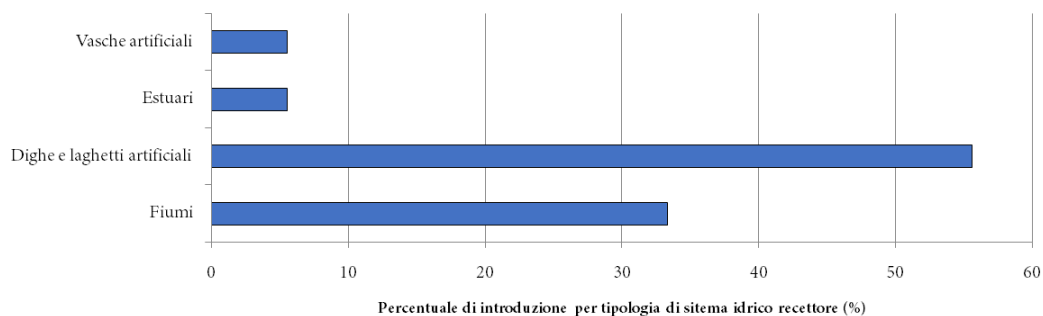


Fig. 21. Percentuale di introduzione per tipologia di sistema idrico.

Le percentuali di rinvenimento delle specie alloctone, censite nelle due campagne di monitoraggio, evidenziano valori massimi per carpa, gambusia e tinca. In particolare, la carpa è considerata da molti autori uno dei taxa d'acqua dolce maggiormente invasivi al mondo (Lowe *et al.*, 2000). Questa specie assieme alla tinca agisce come un "ecosystem engineer" e causa profonde alterazioni sia sulle catene trofiche che non trofiche negli ecosistemi (Crooks, 2002; Gherardi, 2007; Sousa *et al.*, 2009). Gli "ecosystem engineers" sono conosciuti come organismi che creano, modificano e distruggono l'habitat in cui vivono. La loro introduzione

all'interno di nuovi corpi idrici provoca drastici cambiamenti a carico delle comunità e degli ecosistemi a causa delle loro modalità di alimentazione che avvengono principalmente sul fondo. L'attività di grufolatore crea un aumento di torbidità dell'acqua causando effetti negativi a carico sia della componente macrofita che di quella animale (Parkos *et al.*, 2003; Maceda-Veiga *et al.*, 2013; Mathers *et al.*, 2016). L'aumento della torbidità può inoltre favorire l'azione predatoria a carico delle specie native da altre specie invasive come il pesce gatto e persico che sono particolarmente abili a cacciare in acque torbide (Lanzoni *et al.*, 2018).

Tab. VIII. Introduzione specie ittiche alloctone in Sardegna: Anno, specie, sistema idrico di immissione e finalità.

Anno	Specie	Sistema idrico di immissione	Finalità introduzione
1896	<i>Trota iridea (Oncorhynchus mykiss)</i>	Fiumi	Incremento specie ittiche
Primi del '900	<i>Trota fario (Salmo trutta)</i>	Fiumi	Incremento specie ittiche
Primi del '900	<i>Tinca (Tinca tinca)</i>	Estuario	Incremento specie ittiche
Primi del '900	<i>Carassio (Carassius auratus)</i>	Vasche artificiali	Scopo ornamentale
1920	<i>Carpa (Cyprinus carpio)</i>	Fiumi	Incremento specie ittiche
1922	<i>Gambusia (Gambusia holbrooki)</i>	Fiumi, laghi, estuari	Lotta biologica
1926	<i>Persico (Perca fluviatilis)</i>	Laghi	Pesca sportiva
1962	<i>Persico trota (Micropterus salmoides)</i>	Laghi	Pesca sportiva
1962	<i>Pesce gatto (Ameiurus melas)</i>	Laghi	Pesca sportiva
1988	<i>Cobite (Cobitis taenia)</i>	Fiumi	Pesce foraggio
1990	<i>Scardola (Scardinius erythrophthalmus)</i>	Laghi	Pesce foraggio
1994	<i>Alborella (Alburnus a. alborella)</i>	Fiumi e laghi	Pesce foraggio
2006	<i>Persico sole (Lepomis gibbosus)</i>	Laghi	Pesca sportiva
2006	<i>Pseudorasbora (Pseudorasbora parva)</i>	Laghi	Pesce foraggio
2011/2014	<i>Luccio europeo (Exos cisalpinus)</i>	Laghi	Pesca sportiva
2018	<i>Triotto (Leucos aul)</i>	Laghi	Pesce foraggio

Percentuali consistenti di rinvenimento sono state riscontrate anche per il pesce gatto presente nel 12% delle stazioni campionate. Il pesce gatto è considerato una specie opportunista e generalista che si nutre di frammenti di piante, macroinvertebrati acquatici, piccoli anfibi, crostacei e specie ittiche. Numerosi studi hanno evidenziato che la specie è in grado di impattare negativamente sull'ittiofauna autoctona attraverso la predazione e la competizione dell'habitat (Leunda et al., 2008; Novomeska e Kovac, 2009).

Tra le specie IAS presenti nella lista delle specie invasive di interesse unionale si segnala la presenza di *Pseudorasbora parva* e *Lepomis gibbosus*.

La *pseudorasbora* risulta attualmente confinata nel tratto basso del Fiume Coghinas. Il piccolo ciprinide proveniente dall'Asia considerato tra le 100 peggiori specie invasive in Europa è vettore di malattie (es. *Sphaerotetum destruens*) potenzialmente pericolose sia per la diversità autoctona che per le specie di allevamento. La specie compete per il cibo con altri pesci di interesse acquacolturale ed è un predatore

che si nutre degli stadi giovanili di molte specie native (DAISIE, 2009).

Il *Lepomis gibbosus* (persico sole) è originario del Nord-America, nella regione dei Grandi Laghi e dell'alto corso del Mississippi e in Sardegna fa la sua comparsa nel 2006 nel Rio Picocca (Orrù et al., 2007) e successivamente nel Lago Coghinas (2008). Attualmente risulta ampiamente diffuso in tutto il bacino idrografico del Coghinas con popolazioni strutturate e numericamente consistenti. Risulta inoltre presente nel tratto basso del Fiume Flumendosa (PFFI06) e come già detto nel Rio Picocca. È una specie che, a causa delle sue abitudini alimentari carnivore è in grado di predare uova e le fasi larvali e giovanili di molte specie delle acque lotiche, inducendone una riduzione demografica e successi riproduttivi contenuti (DAISIE, 2009).

Tra le specie esotiche invasive di rilevanza Unionale (Regolamento UE n. 1143/2014) va inoltre segnalata la presenza nel reticolo idrografico della Sardegna dei crostacei decapodi alloctoni *Procambarus clarkii* e *Procambarus fallax f. virginalis*.

Il gambero della Louisiana in Sardegna

Il gambero rosso americano *Procambarus clarkii*, originario del Messico nord-orientale e degli Stati Uniti centro-meridionali (Hobbs, 1989), è tra le specie aliene invasive e di maggior successo (IAS) che sono entrate nelle acque dolci europee negli ultimi 30 anni (Gherardi, 2006). Questa specie è stata importata intenzionalmente in Spagna nel 1973 per la produzione commerciale di gamberi (Gherardi, 2006) e venne introdotta illegalmente per la prima volta in Italia nel 1977 e successivamente rinvenuta in natura nel 1989 nel nord Italia (Delmastro, 1992). In seguito a questa segnalazione, la specie si è dispersa rapidamente in diverse regioni dell'Italia settentrionale e centrale (Gherardi, 2006; Kouba et al., 2014; Scalici et al., 2010; Souty-Grosset et al., 2016), con solo sporadiche registrazioni nel sud Italia (Cilenti et al., 2017; Faraone et al., 2017; Florio et al., 2008). *P. clarkii* è stato segnalato per la prima volta nel settore settentrionale della Sardegna nel 2005 (bacino idrografico del Fiume Coghinas) (Orrù et al., 2006), e, successivamente, si è diffuso in molti altri habitat acquatici nel setto-

re meridionale (Orrù, 2009; Salvadori et al., 2014; Solari et al., 2015; Palmas et al., 2019).

Nell'ambito del presente lavoro, oltre ai dati di presenza delle specie provenienti dai campionamenti delle CM1 e CM2, vengono riportate le segnalazioni fino ad ora presenti in letteratura (Fig. 22).

La specie *P. clarkii* è presente nel Parco Regionale Molentargius-Saline (Palmas et al., 2019), nel Riu di Santa Lucia (RRSL01), nel bacino del Flumini Mannu di Cagliari (Torrente Leni – RRLe02) e nel Riu di Mogoro (ZRMo02). Nella Sardegna settentrionale la specie è stata segnalata nel bacino idrografico del Coghinas; Riu Mannu di Oschiri (DRMO02), nel Riu Mannu di Ozieri (DRMa02) e nel Riu di Berchidda (DRBe01). Presente anche nel bacino del Padriungiano nel Riu de su Piri-cone (HRPi02) nel territorio comunale di Loiri Porto S. Paolo. La specie è stata inoltre censita nel Riu Mannu di Palmas nel comune di S.G. Suergiu la cui classificazione richiede però un approfondimento in quanto gli esemplari catturati erano di piccole dimensioni e mostravano marmoratura marcata sui fianchi. Non si esclude quindi che tale popolazione possa essere riferibile alla specie *Procambarus fallax f. virginalis*.

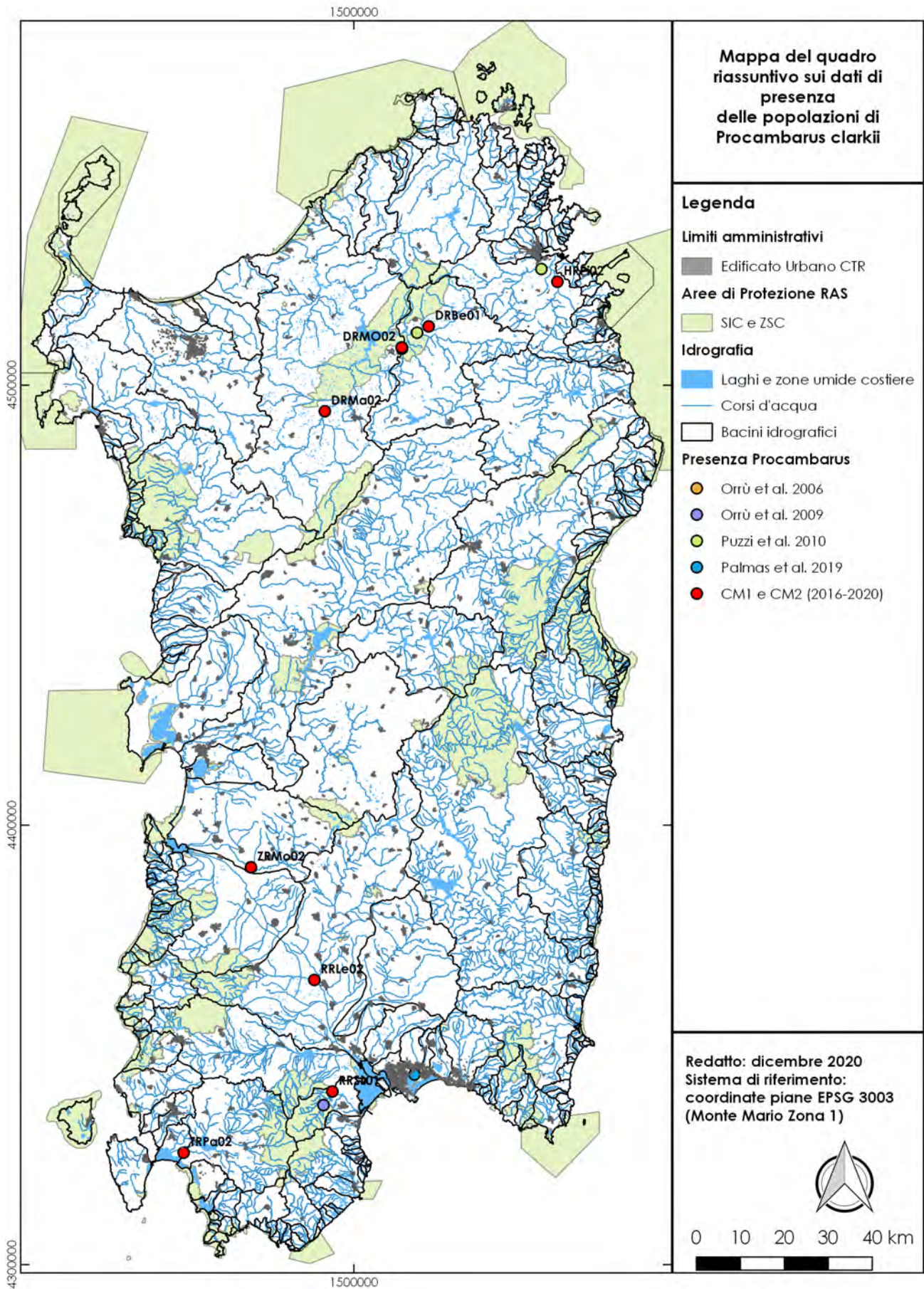


Fig. 22. Presenza della specie *P. clarkii* in Sardegna.

Il caso del gambero marmorato in Sardegna

Successivamente alla diffusione di *P. clarkii*, nel 2019 è stata rilevata in Sardegna la presenza di un'ulteriore specie alloctona di origine americana, il crostaceo decapode *Procambarus fallax f. virginalis*, (Gambero marmorato) anch'esso incluso (2016) nella lista delle specie esotiche invasive di rilevanza unionale definita dal Reg UE 1143/14. Anche per questa specie, sono previsti divieti e obblighi di intervento, de-

lineati in Italia dal D.Lgs n. 230/17 in adeguamento alla normativa europea e recante disposizioni volte a prevenire e gestire l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive.

Le popolazioni di questa specie rinvenute in natura, sono derivate inizialmente da immissioni di individui tenuti in cattività negli acquari (Soes & van Eekelen, 2006; Souty-Grosset et al., 2006; Chucholl, 2011). Si riproduce partenogeneticamente e pertanto esistono soltanto individui femmine (Chucholl, 2011), secondo alcuni autori si tratta di una specie prodotta in laboratorio.

Dalla loro prima introduzione nel bas-

Gambero marmorato

Procambarus fallax f. virginalis (*Procambarus virginalis*)

Classe: Malacostraca
Ordine: Decapoda
Famiglia: Cambaridae



Uova

Oltre 500 uova deposte per femmina. Non c'è fase larvale. Si schiudono adulti in miniatura.



Adulto

10 - 13 cm



Aspetto: dorsalmente, la colorazione è marmorata su uno sfondo che varia da marrone scuro a marrone chiaro a verde. Si trovano anche varietà blu. Il carapace è generalmente liscio. Le chelae sono piccole, poco granulose e con un pattern di colorazione marmorata.

Specie simili



Procambarus clarkii

In presenza di individui molto piccoli, le specie si riconoscono più difficilmente.

Riconoscimento: la colorazione marmorata del corpo e delle chelae è caratteristica.

Una sola femmina ha originato tutti gli individui presenti in Europa per partenogenesi (cioè senza necessità che le uova siano fecondate). Si tratta quindi di cloni. Non si conoscono individui maschili in natura e in cattività. La distinzione tra maschi e femmine è simile a quella di *P. clarkii*.



Fig. 23. Caratteristiche distintive della specie (Life ASAP project (LIFE15 GIE/IT/001039).

so corso del fiume Oder in Germania, alla fine del XIX secolo, oltre a ulteriori introduzioni, questi crostacei alieni si sono diffusi in quasi tutto il continente (Chucoll, 2013).

In Sardegna la presenza del *Procambarus fallax f. virginalis*, ora classificato come *Procambarus virginalis*, è stata segnalata ufficialmente per la prima volta nel luglio 2019, sul Rio Mogoro in provincia di Oristano. L'esemplare rinvenuto nella primavera del 2019, a seguito di un periodo di osservazione presso l'Acquario di Calagonone, ha dato vita in partenogenesi a numerosi giovanili e a seguito di specifiche analisi genetiche è stata classificata la specie come *Procambarus fallax f. virginalis*.


In adempimento degli obblighi derivanti dal D.Lvo 230/17 in capo alle Regioni, la Regione Sardegna ha avviato un monitoraggio preliminare per la verifica della reale estensione del fenomeno ai fini dell'attivazione delle misure di eradicazione rapida previste dalle norme, in coordinamento con diversi Enti territoriali aventi competenza in materia di fauna e gestione delle risorse idriche quali province e comuni, oltre

ad ARPAS, ENAS, Università di Cagliari e Sassari e con il supporto costante del Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale (CFVA).

Tramite il CFVA e il Nucleo Carabinieri CITES, è stato altresì attivato il controllo mirato presso i rivenditori di specie per acquario al fine di contrastare la commercializzazione della specie invasiva e scongiurare ulteriori immissioni in natura.

Inoltre sono stati distribuiti manifesti informativi presso i Comuni interessati per la segnalazione da parte dei cittadini di eventuali nuovi avvistamenti.


Il primo monitoraggio ricognitivo nel mese di agosto 2019 ed uno successivo nel mese di dicembre 2019, condotto sulla base delle segnalazioni nel frattempo documentate, ha portato alla conferma della presenza della specie in aree anche distanti dalla prima segnalazione sul Rio Mogoro; la distribuzione riscontrata ha posto in evidenza come uno dei vettori di diffusione della specie fosse costituito proprio dalla estesa rete di canali di irrigazione fortemente anastomizzata del territorio della piana oristanese.



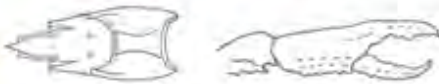
REGIONE AUTONOMA DE SARDEGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORADU DE SA DEFENSA DE L'AMBIENTE
ASSESSORATO ALLA DIFESA DELL'AMBIENTE

FERMIAMO LE SPECIE INVASIVE


Come riconoscerle




Gambero marmorata *Procamburus fallax f. virginalis*



Carapace con areola aperta Chela molto piccola, debolmente tuberculata



Gambero della Louisiana *Procamburus clarkii*



Carapace senza areola Chela a forma di S ricoperta da piccoli tubercoli

Dove vivono

Vivono lungo fiumi soprattutto a corso lento, canali, fossi di drenaggio, laghi, stagni e paludi e zone umide a carattere stagionale. Possono vivere anche in acque salmastre; in caso di siccità sopravvivono rifugiandosi dentro tane o sotto massi, possono spostarsi anche per diversi metri su terreno asciutto alla ricerca di altri siti più adatti. I danni maggiori causati da queste specie riguardano la destabilizzazione degli argini nei canali e delle risaie provocata dall'attività di scavo, e la riduzione o scomparsa di specie animali e vegetali che vivono solitamente nei corpi d'acqua.



Se li incontri segnalacelo subito!

- chiama il **1515 (Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale)** specificando la posizione o la località
- oppure **compila il questionario** (reperibile presso il Comune) e invialo all'Assessorato della Difesa dell'Ambiente - Direzione Generale della Difesa dell'Ambiente: via email all'indirizzo amb.naturaforeste@regione.sardegna.it (è sufficiente mandare una foto del questionario compilato e del gambero avvistato), o riconsegnalo in Comune;
- oppure **scarica l'app di Life ASAP (ASApp)** e invia la segnalazione. L'App è disponibile sia per dispositivi iOS che Android e consente a tutti i cittadini di partecipare alla raccolta di segnalazioni di specie aliene invasive. I dati raccolti saranno subito validati da esperti del settore. Usarla è molto semplice, se vuoi puoi accedere al tutorial dal seguente link: <https://www.lifeasap.eu/index.php/it/component/content/article/2-uncategorised/201-segnalazioni>

Perché è importante

Le specie aliene inserite nella lista inserite di "Specie di rilevanza unionale" (Reg. UE 1143/14) causano gravi danni alla biodiversità per cui è obbligatorio impedirne l'arrivo o limitarne la diffusione sul territorio. Per queste specie è fatto divieto di possesso¹, vendita, rilascio nell'ambiente.

Le tue informazioni saranno utili per poter intervenire con tempestività. Grazie!!

¹ Il possesso deve essere dichiarato al Ministero entro il 31/08/2019 - <https://www.minambiente.it/pagina/specie-esotiche-invasive>

Fig. 24. Scheda informativa di riconoscimento dei due crostacei decapodi alieni invasivi presenti in Sardegna (RAS).

La specie è stata riscontrata infatti anche nel territorio del Sud Sardegna, oltre che nel comprensorio di Oristano ed attualmente, su specifico finanziamento della Regione Sardegna sono in attuazione i piani di monitoraggio ed eradicazione da parte della Provincia del Sud Sardegna e le verifiche di presenza finalizzate all'attivazione della conseguente campagna di cattura da parte della Città metropolitana di Cagliari.

Sui campioni prelevati, sono state condotte analisi molecolari volte a identificare tassonomicamente gli individui catturati e su tutti i campioni analizzati sono state inoltre condotte analisi molecolari diagnostiche esplorative allo scopo di verificare se gli individui di Gambero marmorato rinvenuti in Sardegna fossero o meno infettati dal fungo patogeno *Aphanomyces astaci*. Al momento per nessuno dei campioni testati è emersa la presenza del patogeno. L'Assessorato della Difesa dell'Ambiente, al fine di perseguire l'eradicazione della specie, ha emanato il D.A. n. 7983/12 del 04 settembre 2020 per l'attuazione di uno specifico piano di era-

dicazione, che prevede, tra l'altro, attività di monitoraggio e cattura in capo alle Province e alla Città metropolitana di Cagliari.

Il Piano, mette a disposizione di tutti gli operatori coinvolti specifiche Linee guida, quale strumento operativo per l'eradicazione del *Procambarus fallax f. virginalis* dal territorio regionale sulla base delle indicazioni ISPRA "Disposizioni per l'eradicazione rapida di esemplari di *Procambarus fallax f. virginalis* (Decreto MATTM n. 25269 del 11.09.2019).

Questa IAS rappresenta una grave minaccia per le specie indigene di gamberi europei perché possono competere con elevata efficacia per cibo, spazio e perché possono trasmettere la peste dei gamberi (*Chucholl et al., 2012, Chucholl & Pfeiffer, 2010*). Sono state studiate le interazioni aggressive tra il *P. fallax f. virginalis* e *P. clarkii* ed è stato concluso che il primo ha il potenziale per competere con le altre specie di gamberi. Inoltre, i marmorati differiscono ecologicamente dai gamberi indigeni europei perché hanno un tasso di crescita rapido, una fecondità molto

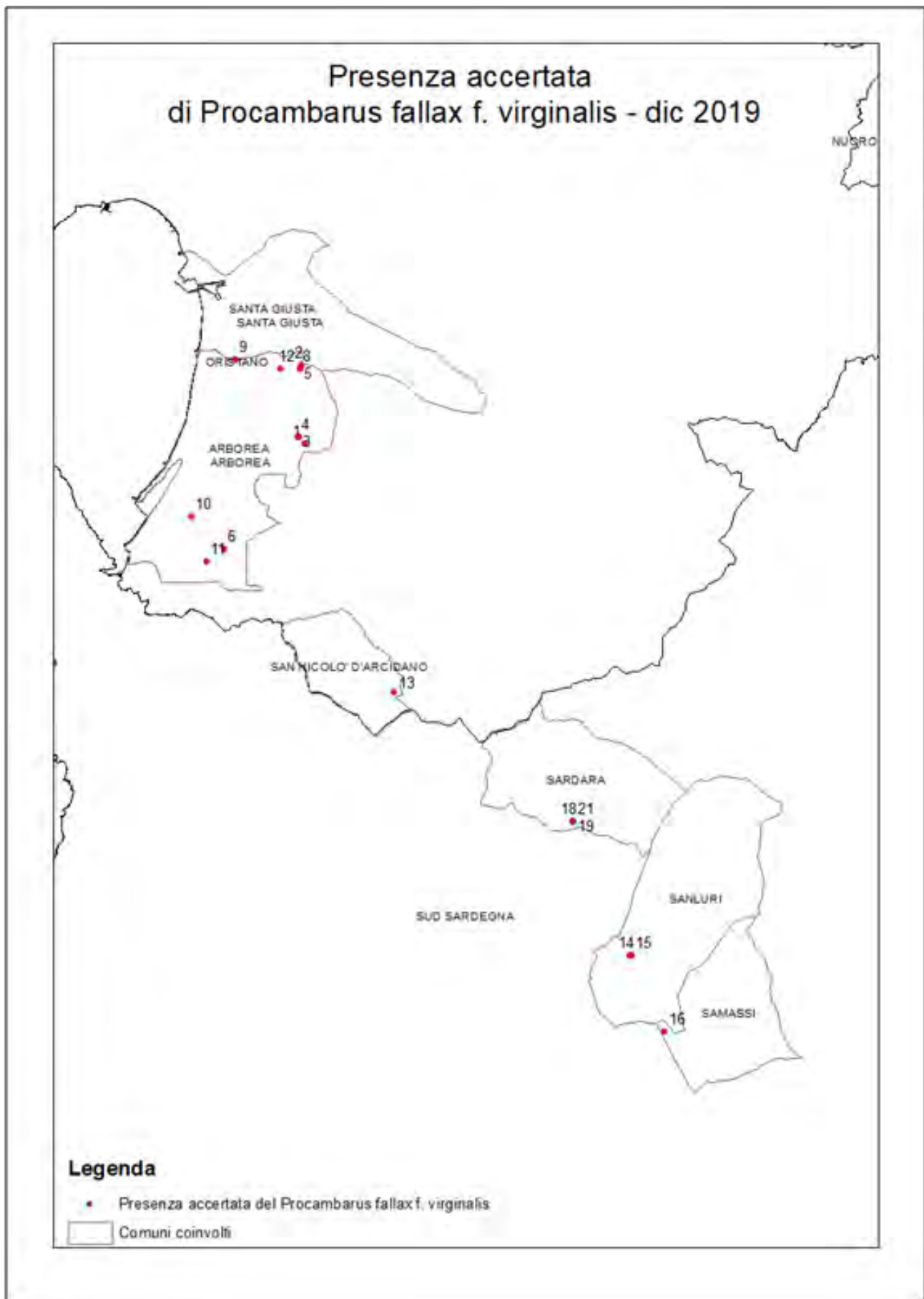


Fig. 25. Presenza accertata *P. fallax f. virginalis* in Sardegna. Da "Linee guida regionali eradicazione *Procambarus fallax f. virginalis*".

elevata e un periodo di riproduzione prolungato (Chucholl & Pfeiffer, 2010, Seitz et al., 2005), caratteristiche che potrebbero dare loro un ulteriore vantaggio competitivo.

Studi di laboratorio hanno mostrato, infatti, come il *P. fallax f. virginalis* sia addirittura più competitivo di *P. clarkii* (Jimenez & Faulkes, 2011). L'attività di scavo della specie, inoltre, provoca la destabilizzazione degli argini nei fiumi, canali e risaie, e la conseguente torbidità delle acque che può impedire la normale fotosintesi per le piante o la respirazione branchiale nei pesci.

L'introduzione di questa specie potrebbe avere per di più un impatto sulla struttura della catena alimentare propria degli ambienti di acqua dolce.

Impatti della specie sui servizi ecosistemici

Gli impatti sui servizi ecosistemici che questa specie può determinare possono essere, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, a carico di:

Servizi di supporto: l'abitudine di scavo di questa specie, porta alla destabilizzazione delle rive dei fiumi e i corsi d'acqua possono diventare meno profonde quindi più suscettibili alle inondazioni e ai danni causati dalle alluvioni. Cambiamenti significativi derivanti dalla loro introduzione si potrebbero riscontrare nell'intero ecosistema e potrebbe avere un impatto sull'approvvigionamento alimentare.

Servizi di approvvigionamento: specie simili hanno avuto un impatto sulla produzione di riso dove la tana ha destabilizzato le risaie e il consumo delle colture l'ha ridotta. L'aumento della torbidità nelle fonti di acqua potabile può portare a costi aggiuntivi di puri-

ficazione, sebbene ciò non sia stato documentato.

Servizi di regolamentazione: è stato dimostrato che la specie è portatrice asintomatica della peste dei gamberi, un agente patogeno per i gamberi autoctoni: le specie di gamberi europei sono altamente sensibili, causando spesso il 100% di mortalità.

Comunità ittiche: come evidenziato con altri gamberi, l'introduzione di questa specie potrebbe avere un impatto sulla struttura della catena alimentare propria degli ambienti di acqua dolce incidendo sulla pesca e biodiversità.

Servizi culturali: la specie potrebbe determinare un impatto complessivo sugli ecosistemi, diminuendo l'abbondanza e la ricchezza delle biodiversità, oltre che rendere le acque sgradevoli e influenzare negativamente l'ecoturismo.

Considerazioni sulle strategie per il controllo e la gestione delle specie alloctone invasive

Nella gestione delle specie esotiche invasive, l'eradicazione risulta essere la strategia più idonea, ma le esperienze condotte in questo settore dimostrano che le possibilità di successo sono spesso limitate ed in genere possibili solo nel caso di habitat confinati, di piccole dimensioni e solamente durante i primi stadi di invasione (*Britton et al., 2009; Tiberti et al., 2017; Sabatini et al., 2018; Lorenzoni et al., 2018*). I metodi di eradicazione utilizzano generalmente mezzi chimici o meccanici per rimuovere le specie non autoctone. I metodi chimici includono l'uso dei piscicidi come; antimicina, rotenone o ozono, e sono usati principalmente per eradicare popolazioni di pesci alloctoni, o pesci che possono diffondere malattie,

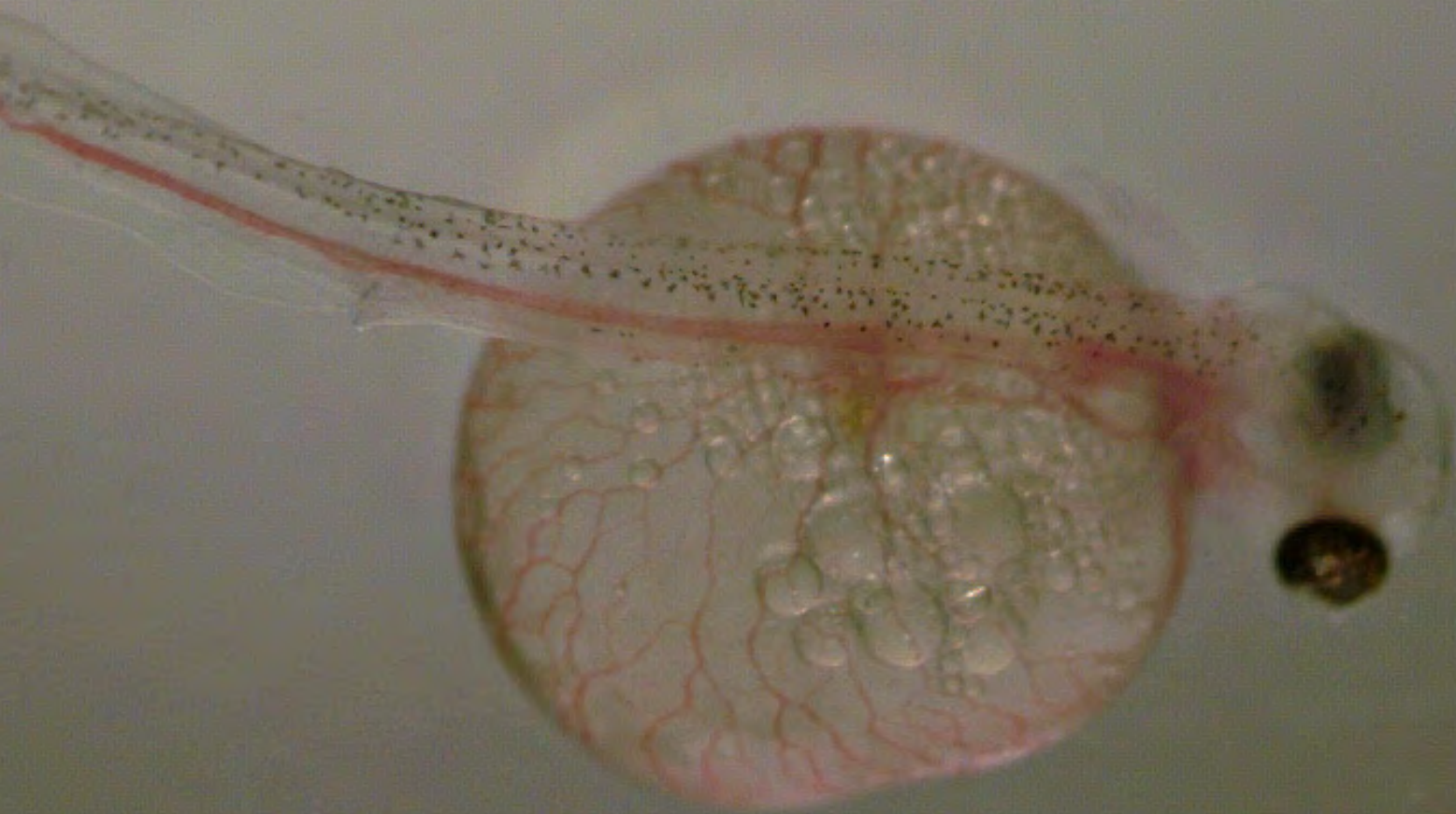
al fine di proteggere specie minacciate o in via di estinzione (Gresswell 1991; Demong 2001; Allen et al., 2006; Buley et al., 2017). I metodi meccanici includono l'uso di reti da imbrotto e nasse di diverse tipologie (Knapp e Matthews 1998; Tiberti et al., 2017), la pesca elettrica ripetuta (Kulp & Moore 2000; Carmona-Catot et al., 2010; Caudron et al., 2011) e la modifica dei regolamenti di pesca a favore di una pesca massiva nei confronti delle specie aliene (Rytwinski et al., 2018). L'uso di metodi chimici per l'eradicazione, sebbene maggiormente efficaci, è controverso a causa degli effetti dannosi sulle specie non bersaglio e degli effetti letali sugli invertebrati acquatici e sulle forme larvali degli anfibi (Mangum & Madrigal 1999; Ling 2003; Buley et al., 2017). A tali metodi potrebbe essere abbinabile, quando possibile, la realizzazione di sistemi per la messa in secca delle aree in cui sono presenti tali specie.

D'altro canto gli sforzi e i costi di eradicazione risultano spesso vani se l'eradicazione non è completa o se la re-inva-

sione è possibile dai siti limitrofi come il costante apporto di alloctoni provenienti dai bacini artificiali. In tal senso, le possibilità di successo delle azioni di eradicazione sono spesso molto limitate e in questi casi sembrerebbe preferibile, piuttosto, l'adozione di un piano di controllo per limitare l'abbondanza e dispersione delle popolazioni invasive. In questo senso la pesca sportiva e professionale può esercitare un ruolo fondamentale nel tentativo di limitare e contenere l'incremento eccessivo di queste specie (Evangelista et al., 2015). Queste informazioni risultano essenziali per la realizzazione di corretti interventi gestionali nei confronti delle specie ittiche invasive già presenti e promuovere quindi l'implementazione di misure gestionali atte a prevenire l'introduzione di nuovi potenziali invasori. Al fine di ripristinare e conservare la fauna ittica autoctona potrebbero, quanto prima, essere prese in esame una serie di azioni, quali: 1) fermare tutte le introduzioni illegali di specie ittiche aumentando i controlli nelle vie

di ingresso da oltremare (porti e aeroporti); 2) limitare le transfaunazioni di specie alloctone tra i bacini idrografici; 3) attuare misure di eradicazione delle specie alloctone dove possibile; 4) sviluppare azioni di informazione nelle scuole con lo scopo di sensibilizzare le generazioni future sulla tematica delle invasioni biologiche; 5) sensibilizzare i

pescatori sportivi (principali vettori di introduzione di specie ittiche aliene) sulle problematiche legate alle specie aliene; 6) introdurre il divieto assoluto di rilascio delle specie aliene dopo la cattura da parte dei pescatori sportivi. A tali azioni deve essere abbinata la definizione della lista delle specie IAS di interesse regionale.



Lo sviluppo larvale

Larva di trota sarda con in evidenza il sacco vitellino.

Nel periodo compreso tra dicembre e febbraio avviene la riproduzione della trota sarda, seguita dalla deposizione di circa 200-250 uova, le quali dopo circa 30 giorni si schiudono dando vita a delle piccole larve. In questo stadio

presentano un evidente rigonfiamento, detto sacco vitellino, che contiene tutte le sostanze nutritive necessarie per completare lo sviluppo. Una volta che il sacco vitellino si è riassorbito le larve sono ormai diventate avannotti, pronti ad alimentarsi attivamente per la prima volta.

APPROFONDIMENTI SU DUE SPECIE AUTOCTONE DI RILEVANTE INTERESSE

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 (Behnke, 1972) 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) 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 (Delling & Doadrio, 2005; Doadrio et al., 2015; Turan et al., 2010). Questa complessità e variabilità è legata soprattutto alla plasticità dei tratti fenotipici che nei Salmonidi è particolarmente elevata (Behnke, 1972) 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



Fig. 26. 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>.

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. 26) 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 redistribuzione 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 colore, nella dimensione che si rinvencono 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 (Cetti, 1977) (Fig. 27).

Successivamente Constantine Samuel

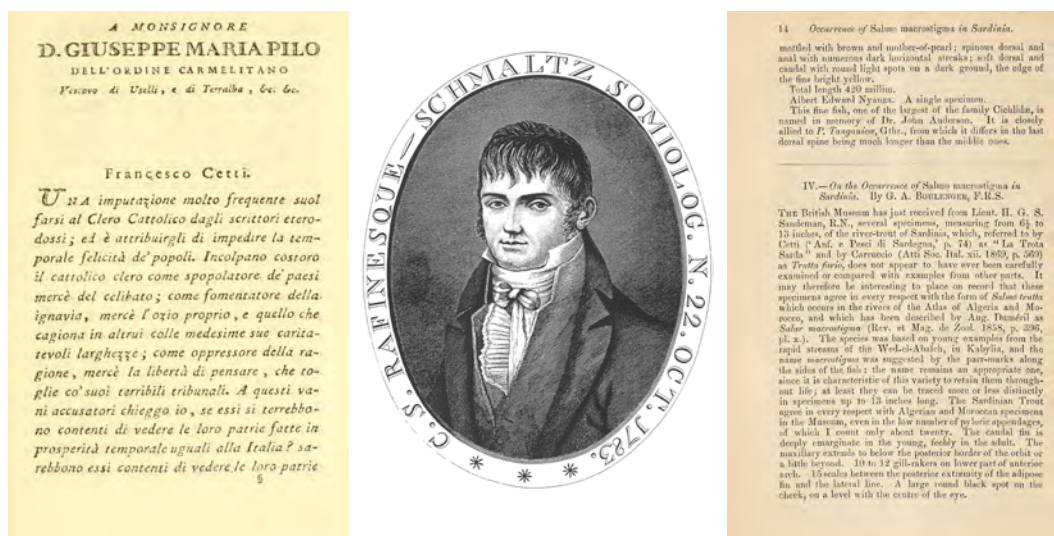


Fig. 27. Da sinistra a destra: Prima pagina del testo "Anfibi e Pesci di Sardegna", scritto dall'Abate Francesco Cetti nel 1777 e inserito nell'opera: "Storia Naturale della Sardegna". Rappresentazione del Biologo Statunitense Constantine Samuel Rafinesque-Schmaltz (1783-1840). Prima pagina del lavoro di George Albert Boulanger intitolato "On the occurrence of *Salmo macrostigma* in Sardinia", 1901.

Rafinesque-Schmaltz descrive una trota della Sicilia, attribuendogli il nome di *Salmo cettii* Rafinesque, 1810 (Fig. 27). 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 (Duméril, 1858), su cui osservò delle macchie voluminose 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'ittiologo e fisico italiano Decio Vinciguerra associò le caratteristiche delle popolazioni della Sardegna e della Sicilia a quelle descritte da Du-

méril per le trote algerine (Vinciguerra, 1895). 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” (Boulanger, 1901) (Fig. 27).

Tra il 1939-40 fu Francesco Pio Pomini (Fig. 28) che, con le sue ricerche in Sardegna, analizzò diversi fiumi sardi e le relative popolazioni di trote presenti (Pomini, 1940). 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



Fig. 28. 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.

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*, Duméril 1858 (Baratti et al., 2006; Gandolfi et al., 1991; Zeru-nian, 2002).

Successivamente, nel lavoro di Freyhof & Kottelat del 2007 “*Handbook of European Freshwater Fishes*”, le evidenze dal punto di vista molecolare rimarcano la necessità di distinguere le popolazioni tirreniche da quelle algerine il cui nome è *macrostigma* (Kottelat & Freyhof, 2007). 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 Cetti, il primo a descrivere la presenza della trota in Sardegna.

Alla luce dei risultati di recenti indagini molecolari (Tougaard et al., 2018) è emersa la separazione delle trote native siciliane dalle altre popolazioni italiane: per tale motivo l'ISPRA (Nota del 14 gennaio 2021, Prot. 1276) su indicazioni dell'AIAD suggerisce di riservare *Salmo cettii* alle sole popolazioni native presenti in Sicilia e di utilizzare *Salmo ghigii* Pomini, 1941 per tutte le altre, compresa quella della Sardegna.

Soltanto i nuovi studi filogenetici, basati sulla genomica, potranno ridefinire il quadro tassonomico del genere *Salmo*. Allo stato attuale, gli studi filogenetici basati sul DNA mitocondriale (mtDNA) dividono 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) (Bernatchez et al., 1992; Bernatchez, 2001) (Fig. 29). Tre fanno riferimento all'Europa Me-



Fig. 29. 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) (Bernatchez, 2001).

diterranea e due alla regione Tirrenica (AD e ME).

Tutti gli studi effettuati in Sardegna hanno confermato nelle popolazioni pure la sola presenza dell'aplotipo Adriatico (AD) (Berrebi et al., 2018; Sabatini et al., 2011; Zaccara et al., 2015). 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 nativo. 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. Nuovi studi propongono una netta separazione delle trote native della Sardegna distinguibile con un

proprio nome scientifico (Segherloo et al., 2021).

Attualmente per facilità di comprensione e trattazione si è quindi preferito, seguendo le indicazioni date dall'ISPRA (Prot. 1276 del 14.01.21) che indicano il nome *Salmo ghigii*, Pomini 1941, scegliere il nome volgare di "trota sarda", più contestualizzato rispetto all'alternativa proposta di "trota insulare".

Distribuzione, morfologia e biologia

S. ghigii 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 popolazio-



Fig. 30. Attuale distribuzione indicativa della specie *Salmo ghigii*. Fonte metadata: IUCN (International Union for Conservation of Nature) 2008. *Salmo ghigii*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3.

ni 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 tenere presente che i fattori di stress e le differenze di habitat possono accentuare o rendere meno evidenti questi caratteri. Le livree mimetiche, le tagli 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 31. I caratteri secondari sono stati inseriti nella tabella a fondo pagina (Tab. IX).

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 (Pomini, 1940; Cau et al., 1997; Massidda et al., 2008). 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 (Kottelat & Freyhof, 2007).

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) (Cau et al., 1997). 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 (Massidda et al., 2008).

Il periodo riproduttivo è compreso tra novembre e febbraio con delle variazioni geografiche e climatiche (Sabatini et al., 2011). Una volta deposte le uova

Tab. IX. Caratteri anatomici secondari per la determinazione della specie *S. ghigii*.

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

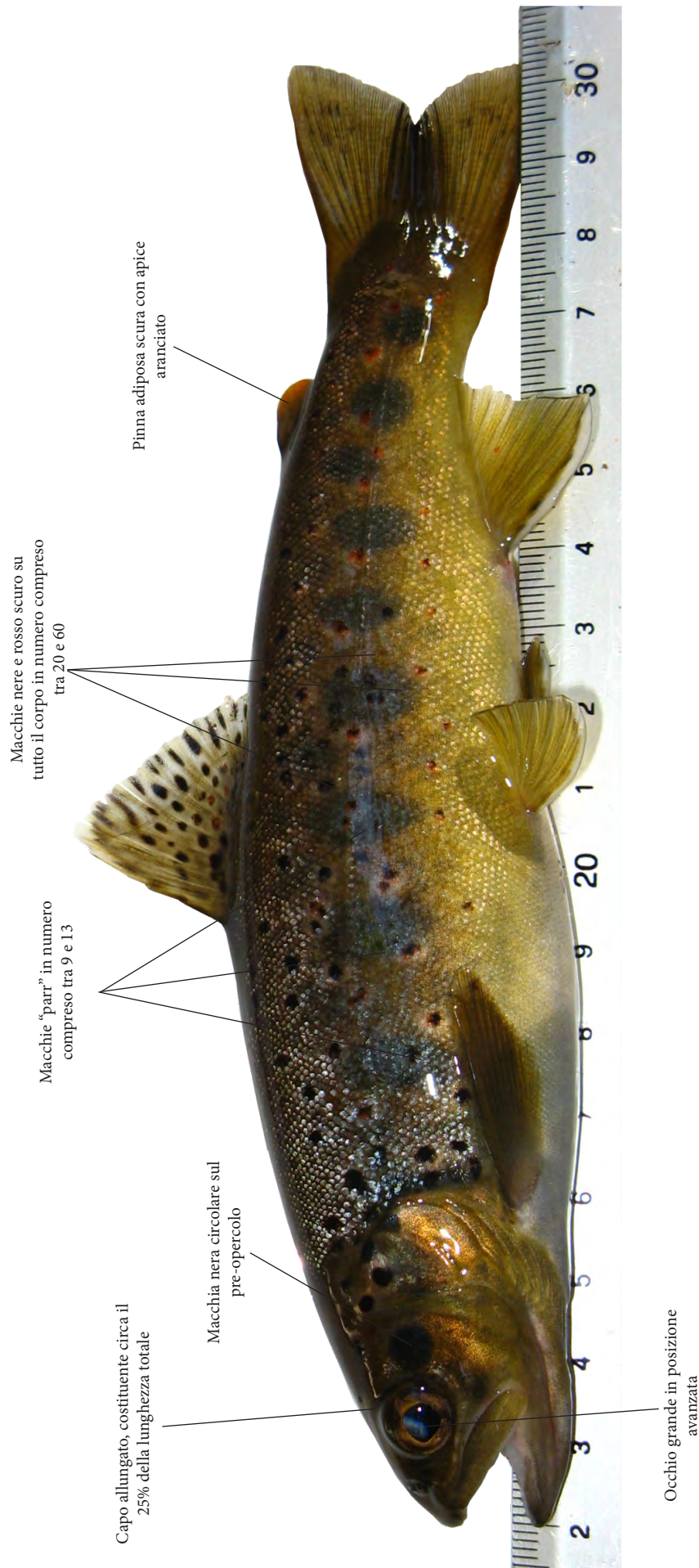


Fig. 31. Caratteristiche distintive morfologiche e meristiche della trota sarda (*Salmo ghigii*, Pomini, 1941).

dalla femmina, il maschio le feconda e le nasconde sotto la ghiaia del fondo con vigorosi colpi di coda (Massidda et al., 2008). 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 (Sabatini et al., 2011).

La taglia riproduttiva è variabile, con forti oscillazioni a seconda delle popolazioni considerate. *S. ghigii* raggiunge la maturità sessuale al 2° anno nei maschi e al 3° anno nelle femmine (Gandolfi et al., 1991). 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 (Sabatini et al., 2011).

Stato di protezione e normativa di riferimento

La trota sarda è un endemismo ormai presente in pochissime popolazioni relictive, 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 (Rondinini et al., 2013). 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



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”.

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 trota sarda 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 e soggetta a continui aggiornamenti). Per il man-

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



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)**.



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.

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 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. 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. X). Inoltre, in seguito ai primi risultati della carta itti-

ca regionale (CM1) in base al DEC. N. 314/Dec.A/9 del 7 febbraio 2019 sono state istituite tre zone di divieto di pesca per la tutela delle popolazioni geneticamente pure di Trota sarda: Riu Piras, Comune di Gonnosfanadiga (SIC ITB0410111); Riu Flumineddu, comuni di Orgosolo, Villagrande Strisaili, Talana e Urzulei (SIC ITB022212); Riu Furittu, Comune di Villasalto. In questi tratti viene disposto: il divieto di pesca professionale; divieto di pesca sportiva e ricreativa; ogni forma di disturbo della fauna ittica e di perturbazione dell'ambiente fluviale.

Tab. X. 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, Perdassdefogu, 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.

Sintesi sulla consistenza delle popolazioni salmonicole

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 e dalla pressione antropica.

Nel presente lavoro la presenza di Salmonidi è stata rilevata prevalentemente nelle aree più interne dell'isola. Nei tratti più a monte dei corsi d'acqua, tanto in ambienti torrentizi e prossimi alla

sorgente che in settori lentici e collinari (Fig. 40).

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 214 stazioni sono state rinvenute popolazioni salmonicole nel 21% dei siti indagati (Fig. 32). 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.

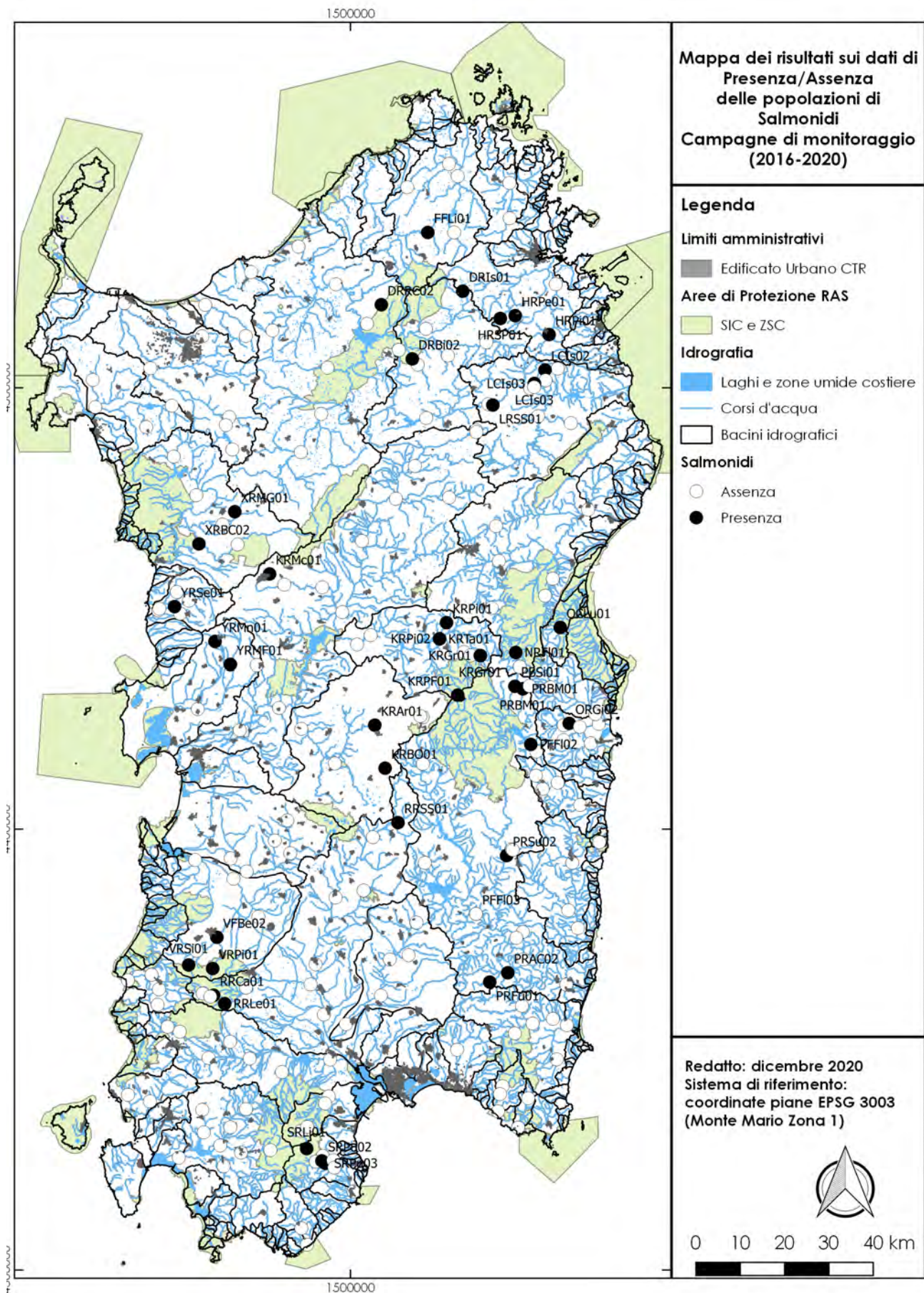


Fig. 32. Carta di distribuzione dei salmonidi.

Caratterizzazione genetica delle popolazioni salmonicole

dotte su 297 esemplari di trota provenienti da 42 località di campionamento in 15 bacini idrografici della Sardegna sono stati messi a confronto con quelli ottenuti in 39 individui provenienti dalla Corsica (Prunelli e Vecchio) (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). 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 21 aplotipi. Di questi 8 sono di origine alloctona e ascrivibili alle linee genetiche Atlantica (AT - 6 aplotipi), Danubiana (DA - un aplotipo) e Marmorata (MA - un aplotipo). I restanti 13 sono tutti di origine autoctona e appartenenti alla linea evolutiva Adriatica (AD), di cui 11 sono stati descritti per la prima volta in questa indagine.

I corsi d'acqua che mostrano l'aplotipo AD sono complessivamente 28 di cui esclusivi, cioè senza la presenza di aplotipi alloctoni, 18, pari al 64%.

L'analisi del DNA nucleare (locus LDH-C*100), diagnostico per la popolazione di trota sarda, è essenziale per poter distinguere le popolazioni pure da quelle ibridate.

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

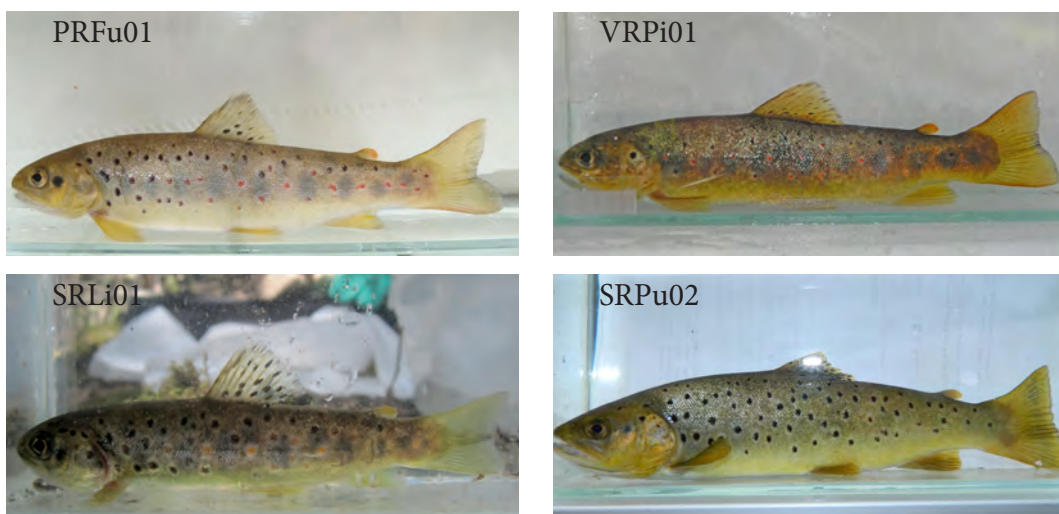


Fig. 33. Esemplari di trota sarda catturati nel Riu Furittu (in alto a sinistra); Riu Piras (in alto a destra); Riu Litteras (in basso a sinistra); Riu Pula (in basso a destra).

Tab. XI. Quadro riassuntivo dei campionamenti. Da sinistra a destra sono indicati: il codice della stazione di campionamento (la lettera in apice indica i campioni che sono stati raggruppati sulla base del bacino di appartenenza per le analisi statistiche), il nome del fiume, il nome bacino idrografico, i numero di individui campionati rispettivamente nel primo e nel secondo campionamento e le dimensioni del campione analizzato con i tre marcatori molecolari (n.LDH = LDH-C1*; n.mtDNA = D-loop; n.STR = microsatteliti).

ID Stazione	Fiume	Bacino Idrografico	CM 1	CM 2	n. LDH	n. mt-DNA	n. STR
DRBi02	Riu Bizzolu	Coghinas	0	8	7	7	8
DRIs01	Rio Is Corraodes	Coghinas	0	3	1	3	3
DRRC02	Rio Rizzolu de Curadore	Coghinas	0	3	2	3	3
FFLI01	Liscia	Liscia	1	0	1	1	1
HRPe01	Riu Pelasole	Padrogiano	1	0	1	0	1
HRPi01	Riu de su Piricone	Padrogiano	13	0	13	11	13
HRSP01	Riu San Paolo	Padrogiano	0	2	2	2	2
KMRc01	Riu di Macomei	Tirso	7	0	7	7	7
KRAr01	Riu Araxixi	Tirso	0	4	4	4	4
KRBO01	Rio Bau Onu	Tirso	5	0	5	5	5
KRGr01	Riu Gremanu	Tirso	4	1	5	3	5
KRPF01	Rio Pedras Fitta	Tirso	7	0	7	7	7
KRPi01	Riu Pirasteddu	Tirso	2	0	2	2	2
KRPi02	Riu Pirasteddu	Tirso	1	0	1	1	1
KRTa01	Fiume Taloro	Tirso	6	0	6	6	6
LCIs02	Canale dell'Iserno	Posada	1	0	1	1	1
LCIs03	Canale dell'Iserno	Posada	1	5	6	6	6
LRSS01	Riu S'Abba e Salinu	Posada	0	19	18	19	19
NRFl01	Riu Flumineddu	Cedrina	18	12	30	27	30
OCLu01	Riu Codula de Luna	Riu Codula de Luna	8	0	8	8	8
ORGi02	Riu Girasole	Fiume Foddeddu	0	1	0	1	1
ORTr01	Riu Tricardi	Fiume Foddeddu	0	1	1	1	0
PBSi01	Bacu Silacacchero	Flumendosa	5	0	5	5	5
PFFL03	Fiume Flumendosa	Flumendosa	4	0	4	4	4
PFFL02	Fiume Flumendosa	Flumendosa	10	0	10	9	10
PRAC02	Riu S'Acqua Callenti	Flumendosa	0	1	0	1	1
PRBM01	Riu Bau Mandara	Flumendosa	1	8	9	9	9
PRFu01	Riu Furittu	Flumendosa	5	11	5	16	11
PRSt01	Riu Su Luda	Flumendosa	2	0	2	2	2
PRSu02	Riu Su Luda	Flumendosa	4	0	4	4	4
RRCa01	Riu Cannisoni	Flumini Mannu di Cagliari	8	0	8	8	8
RRLe01	Torrente Leni	Flumini Mannu di Cagliari	2	0	2	2	2
RRSS01	Riu su Salixi	Flumini Mannu di Cagliari	12	0	12	12	12

SRLi01	Riu Litteras	Pula	12	0	12	12	12
SRPu02	Rio di Pula	Pula	7	0	7	7	7
SRPu03	Rio di Pula	Pula	1	0	1	1	1
VFBBe02	Flumini Bellu	Flumini Mannu di Pabillonis	0	1	0	1	0
VRPi01	Riu Piras	Flumini Mannu di Pabillonis	17	13	30	30	30
VRSi01	Rio Sitzedda	Flumini Mannu di Pabillonis	0	17	17	17	17
XRMG01	Riu Matta Giuanna	Temo	6	0	6	6	6
YRMn01	Riu Mannu	Riu di Mare Foghe	0	15	14	14	15
YRSe01	Riu di Sennariolo	Riu Mannu	0	1	1	0	1
Totale			171	126	277	285	291
TEN	Tenna	Tenna			38	36	38
FAS	Fasanella	Fasanella			12	18	20
VE	Ese	Prunelli			19	19	19
VIV	Speloncello	Vecchio			20	20	20
HAT1	Troticoltura1	Cantiano			26	8	26
HAT2	Troticoltura2	Visso			20	8	20
Totale					420	398	433

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 numerosità campionaria rappresentativa, sono risultati quelli provenienti dai bacini idrografici: Cedrino (NRFl01), Flumini Mannu di Pabillonis (VRPi01), Flumendosa (PRFu01, PRBm01), Posada (LCIs02, LCIs03) e del Pula (SRLi01, SRPu03, SRPu02). Queste rappresenta-

no 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 (Berrebi *et al.*, 2018; Sabatini *et al.*, 2011; Zaccara *et al.*, 2015). L'allele nativo LDH-C*100 in associazione con l'aplotipo AD è stato rilevato in altri 4 siti di indagine (Flumendosa - PRAC02; Padrongiano - HRPe01, HRSP01; Flumini Mannu di Pabillonis - VFBBe02) ma la numerosità

del campione è insufficiente per poter confermare statisticamente che si tratti di popolazioni esenti da ibridazione. 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 Gremanu – KRGr01), bacino del Rio Mannu di Cagliari (Riu Cannisoni – RRCa01 e Torrente Leni – RRLe01). e bacino del Mannu di Pabillonis (VRSi01).

L'analisi condotta attraverso 10 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. 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 dome-

stiche in tutte le K strutture individuate. 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.

Tuttavia occorre sottolineare che anche le popolazioni che hanno mostrato da lievi a moderati livelli di introgressione genetica conservano un altrettanto elevato valore conservazionistico. In aggiunta, l'analisi della struttura genetica ha rilevato una forte differenziazione tra tutte le popolazioni native sarde, sia tra differenti bacini sia tra torrenti appartenenti allo stesso bacino, nonostante la relativa vicinanza geografica. Al contempo, l'intensa attività di ripopolamento in diversi bacini fluviali della Sardegna ha compromesso alcune 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. Come accennato sopra, non si può comunque escludere che la presenza esclusiva di marcatori molecolari alieni indichi che la trota nativa non sia mai stata presente in quei corsi d'acqua.

Popolazioni di trota sarda *Salmo ghigii*

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 - VRPi01, Flumini Bellu - VFBe02; Riu di Pula - SRPu02, SRPu03, Riu Litteras - SRLi01, Riu S'Acqua Callenti - PRAC02 e Riu Furittu - PRFu01) che nella parte centro orientale (Riu Flumineddu - NRFi01 e Riu Bau Mandara - PRBM01) e nord orientale (Canale dell'Iserno - LCIs02, LCIs03; Riu Pelasole - HRPe01 e Rio San Paolo). 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 Riu Pelasole, Riu Flumini Bellu, Rio San Paolo e Riu S'Acqua Callenti, 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 1.62 ± 2.2 g/m². Analizzando i dati per singola stazione, la biomassa calcolata ha registrato il valore massimo nel Riu Piras nell'U.I.O. del Flumini Mannu di Pabillonis, seguita dalla stazione sul Riu Litteras nell'U.I.O. dei Minori tra il Flumini Mannu ed il Palmas. Valori discreti sono stati registrati anche nel Riu Flumineddu nell' U.I.O. del Cedrino, nel Riu Furittu nell' U.I.O. del Flumenedosa. Nelle restanti stazioni di campionamento i valori di biomassa sono sempre risultati molto bassi e inferiori a 0.6g/m² (Fig. 34).

Andamenti analoghi sono stati osservati per i valori di densità stimata dove il valore medio è risultato pari a 0.05 ± 0.07 Ind/m². Fa eccezione il 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. 35).

Tra le popolazioni pure non vengono riportati i dati di densità e biomassa del Rio San Paolo in quanto i campioni per le analisi genetiche sono stati forniti da pescatori sportivi.

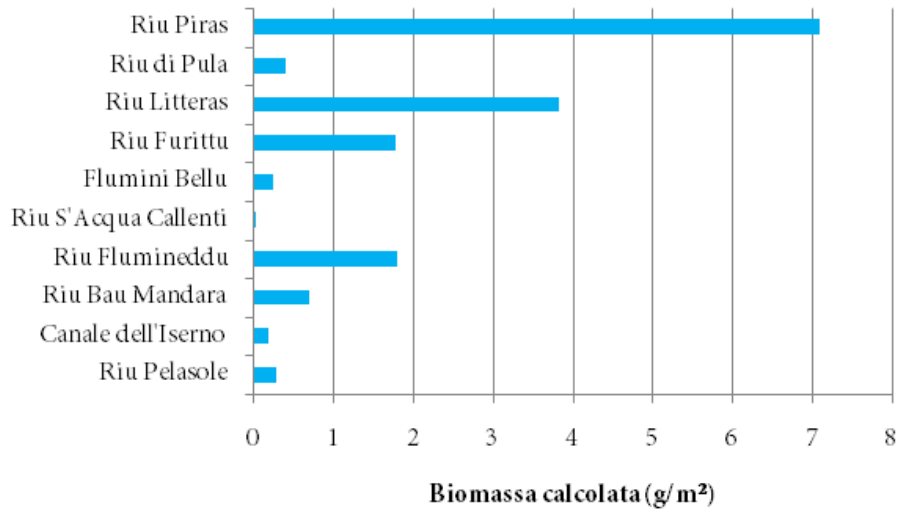


Fig. 34. Grafico della biomassa media delle popolazioni di *Salmo ghigii* calcolata per ciascun sito.

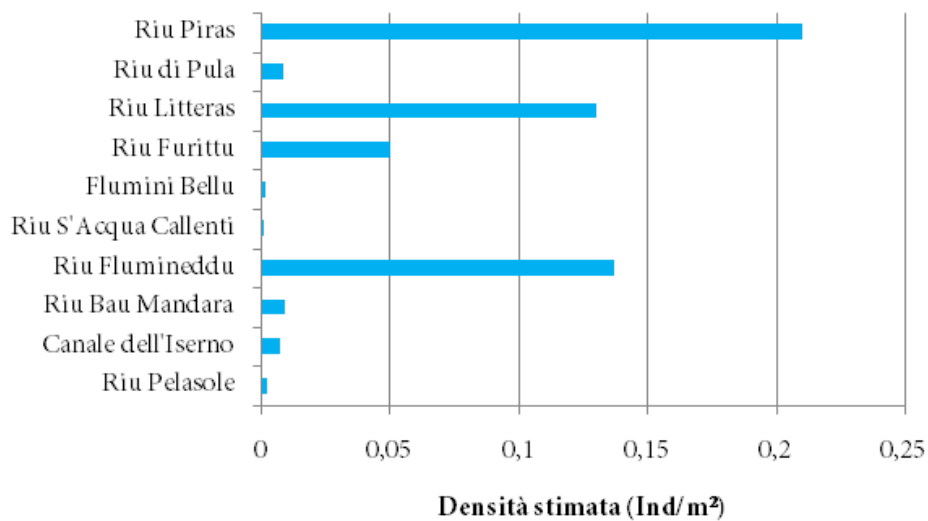


Fig. 35. Grafico della densità media delle popolazioni di *Salmo ghigii* calcolata per ciascun sito.

L'anguilla europea

Bio-ecologia della specie

Il ciclo vitale dell'anguilla europea (*Anguilla anguilla*) caratterizzato da ampie migrazioni è stato a lungo sconosciuto. Lo studioso danese Schmidt (*Schmidt, 1923; 1925*) negli anni '20, seguendo a ritroso la migrazione delle larve, individuò l'area di riproduzione nel Mar dei Sargassi (Oceano Atlantico occidentale - Golfo del Messico). Dopo la deposizione le larve (leptocefali) vengono trasportati dalla Corrente del Golfo e del Nord Atlantico per una lunga migrazione che dura circa 7-12 mesi (*Arai et al., 2000; Boetius & Harding, 1985; Lecomte-Finiger, 1992*). Al raggiungimento della piattaforma continentale le larve di leptocefalo subiscono una prima metamorfosi in ceche (*Tesch, 2003; Edeline, 2004; 2005*) che, suc-

cessivamente, colonizzano gli habitat estuari, costieri e fluviali (*Kleckner & McCleave, 1982; McCleave & Kleckner, 1982*). Nel passaggio alle acque dolci le ceche subiscono una fase di adattamento al nuovo ambiente (*Birrel et al., 2000; Ciccotti et al., 1993*). Nei fiumi, che potenzialmente colonizzano sino ai tratti montani, svolgono la fase trofica e completano il loro accrescimento trasformandosi prima in ragani e poi in anguille gialle (*Van Ginneken et al., 2005*). Nelle fasi di accrescimento si ha il differenziamento sessuale che in *A. anguilla* è metagamico, vale a dire determinato dall'ambiente, dato prevalentemente dalla densità di popolazione (*Krueger e Oliveira, 1999, Tesch, 2003*) in cui densità elevate sbilanciano il rapporto sessuale a favore dei maschi (*Geffroy & Bardonnat, 2016*). Dopo un lungo periodo variabile dai 5 ai 20 anni, le anguille gialle subiscono una ulteriore metamorfosi in adulti riproduttori (anguille argentine) che migrano la-

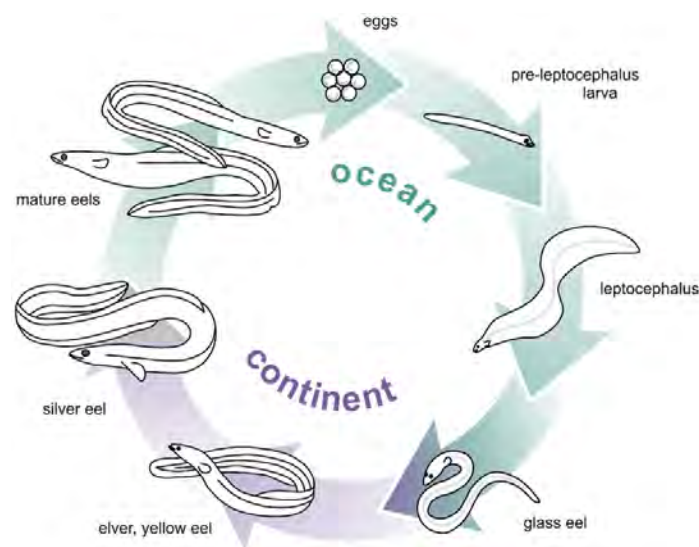


Fig. 36. Schema del ciclo vitale dell'anguilla. Fonte: *Henkel et al., 2012*.

sciando le acque continentali verso nel Mare dei Sargassi dove si riproducono (Amilhat *et al.*, 2016). La migrazione riproduttiva, a lungo discussa in ambito accademico, è stata confermata solo con le recenti ricerche che, con l'utilizzo di marche satellitari, sono riuscite a tracciare la rotta verso l'area di riproduzione (Amilhat *et al.*, 2016).

In quanto specie eurialina è in grado di vivere in diversi habitat, dalle acque interne alle acque di transizione, grazie alla sua grande adattabilità a diverse condizioni ambientali. È in grado di sopportare brusche variazioni di salinità e temperatura ed è tollerante a ridotte concentrazioni di ossigeno; grazie alla capacità di respirazione cutanea ed all'ampia vascolarizzazione della pelle è in grado di resistere per lungo tempo (oltre 20 h) fuori dall'acqua. Predilige fondali molli dove si infossa durante l'inverno ma vive anche su fondali duri, sotto le rocce (Tesch, 2003). La specie presenta un ampio spettro alimentare riflesso nella grande capacità di adattamento alle diverse condizioni ambientali in cui vive. I leptocefali si nutrono di plancton marino "gelatinoso" (Tesch, 2003). Nelle acque continentali inizia ad alimentarsi di piccoli animali bentonici (Schulze *et al.*, 2004; Bardonnet *et al.*, 2005). Da adulto diventa onnivora

e opportunista, e, in base alla disponibilità ambientale, può nutrirsi di alghe, macroinvertebrati bentonici fino ad occupare le posizioni più alte della rete trofica poiché in grado di predare anche piccoli pesci ed anfibi (Bouchereau *et al.*, 2009, Dorner *et al.*, 2009).

In conseguenza di questo suo particolare ciclo vitale l'anguilla europea è esposta ad una serie di pressioni e minacce antropiche che ne hanno determinato nel tempo il declino. Attualmente gli viene attribuito lo status di "Pericolo critico" nella Lista Rossa IUCN (IUCN, 2014). Dal 2007 nell'Appendice II della CITES (Convention of International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) e nello stesso anno l'ICES (International Council for the Exploration of the Sea) ha segnalato che "gli stock di anguilla superavano i limiti biologici che ne garantiscono la sopravvivenza con ritmi di pesca non sostenibili" (ICES, 2015).

La sua grande importanza commerciale (Tesch, 2003) ha infatti portato ad accrescere i livelli di pesca che viene esercitata in tutto l'areale di distribuzione e riguarda tutti gli stadi del ciclo vitale sia come ceca per l'approvvigionamento delle anguillicoltura che allo stadio adulto per il consumo alimentare. Tali attività hanno fatto registrare già dagli

anni '70 un progressivo decremento del reclutamento insieme alla riduzione delle catture di adulti. La produzione di giovanili è direttamente legata alla quantità di potenziali riproduttori che intraprendono la migrazione oceanica e alla migrazione delle larve verso il continente e al reclutamento delle ceche negli ambienti d'acqua dolce e costieri (Ciccotti *et al.*, 1993).

Le cause di questo declino, oltre alla pressione di pesca (Dekker, 2004; ICES, 2002), sono legate agli effetti cumulativi degli impatti umani come la perdita di habitat (Knights, 2003; McCleave, 2001), la presenza di agenti patogeni (Culurgioni *et al.*, 2015; Lefebvre *et al.*, 2007; Palstra *et al.*, 2007), l'inquinamento (Capaldo *et al.*, 2012; Van Ginneken *et al.*, 2009) e i cambiamenti climatici (Castonguay *et al.*, 1994; Jacoby *et al.*, 2015; Miller *et al.*, 2016, 2009).

Visto il serio livello di criticità della specie, è stato istituito il Regolamento CE 1100/2007 che prevede misure per la ricostituzione degli stock di anguilla europea, misure di protezione con vincoli allo sfruttamento sostenibile

nelle acque comunitarie e promuove studi e indagini conoscitive per meglio comprendere le cause del declino (European Council, 2007). Il Regolamento prevede che gli Stati membri elaborino Piani di Gestione che abbiano come obiettivo finale, a lungo termine, la riduzione della mortalità per cause antropogeniche al fine di permettere il passaggio in mare di almeno il 40% della biomassa. In Italia il Piano Nazionale è stato presentato e approvato con Decisione della Commissione Europea n. 4816 dell'11/07/2011. Il Piano Nazionale prevede per le Regioni coinvolte un target di ripristino dello stock di anguilla, mentre nelle restanti Regioni la pesca è chiusa totalmente. La Regione Sardegna ha aderito alle indicazioni delineate nel Piano Nazionale elaborando un proprio Piano Regionale (Decreto N. 2161/DecA/41 del 30 settembre 2019) che istituisce delle misure di gestione che prevedono la riduzione dello sforzo di pesca, la regolamentazione del periodo di pesca e del prelievo consentito, oltre che la deroga al divieto assoluto di pesca di giovanili.

Distribuzione in Sardegna

In seguito alla raccolta dei dati bibliografici storici è stato possibile effettuare un confronto cartografico sulla presenza dell'anguilla nei fiumi della Sardegna, suddividendo i dati in due periodi storici, dal 1940 al 1970 e dal 1990 al 2016. Confrontando i dati di occorrenza (Presenza e Assenza - P/A) della specie è facilmente osservabile una drastica riduzione dell'areale di distribuzione della specie verso le porzioni più costiere del territorio regionale e limitatamente ai tratti di fiume a valle degli sbarramenti artificiali. Nel periodo storico dal 1940 al 1970 la specie era presente nel 94% delle stazioni (224) di campionamento. Nel periodo storico più recente (1990-2016) la specie risulta assente nelle porzioni di territorio a monte dei principali sbarramenti fluviali occupando il 41.7% dei siti campionati (Fig. 37; 38).

Questo dato mostra chiaramente come la presenza di sbarramenti artificiali

costituisca una seria problematica per questa specie. Non riuscendo a risalire completamente il fiume, infatti, non può utilizzare tutto il suo habitat originale per svolgere la sua fase continentale, o viceversa impedisce la smontata delle anguille argentine verso il mare per la riproduzione. Comparando i due periodi è stato possibile riscontrare una drastica contrazione dell'areale di distribuzione pari al 75%. I dati raccolti nell'ambito della presente indagine (CM1 e CM2) mostrano un ulteriore calo nelle percentuali di rinvenimento della specie. Complessivamente, rispetto alle 214 stazioni campionate è stata riscontrata la presenza di anguilla nel 32% delle stazioni di campionamento (68 stazioni) (Fig. 39). Dall'interrogazione degli strati informativi presenti nel GIS è evidente come la presenza della specie sia apprezzabile quasi esclusivamente nelle porzioni più costiere dell'isola e nei tratti di fiume in cui è garantita la continuità fluviale, come nelle porzioni a valle degli sbarramenti artificiali.

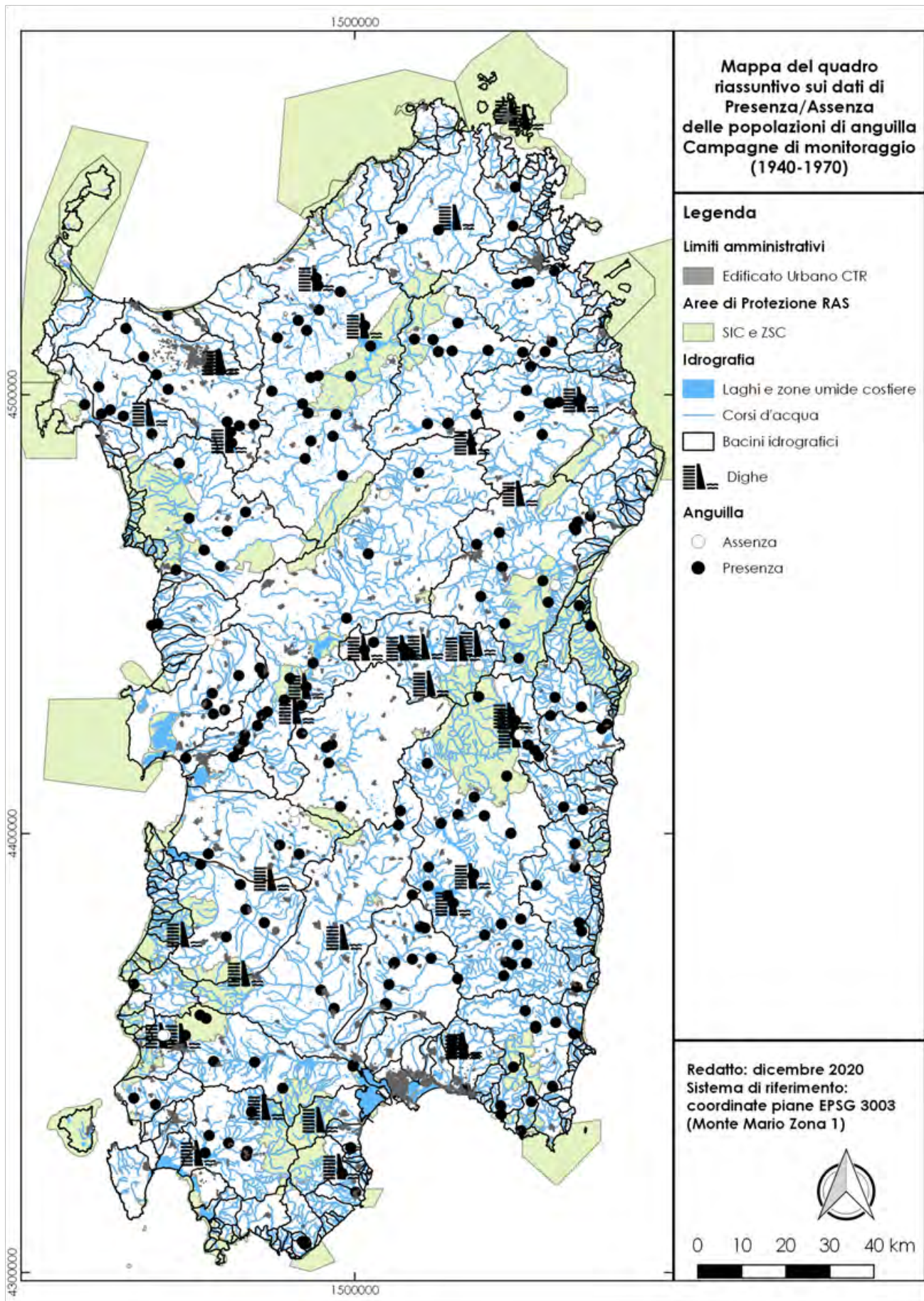


Fig. 37. Carta della distribuzione geografica delle popolazioni di anguilla tra il 1940 e il 1970 (N=238).

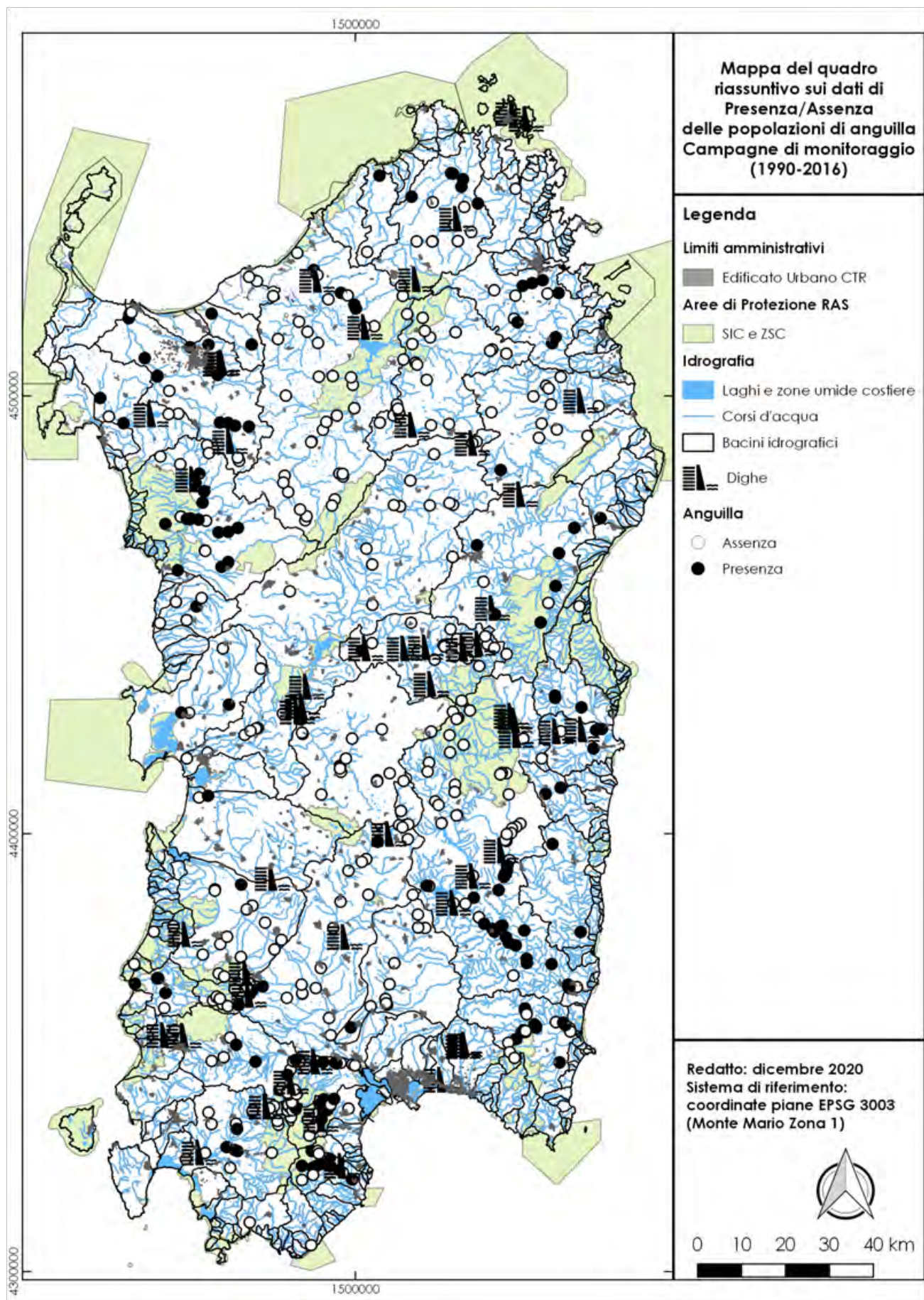


Fig. 38. Carta della distribuzione geografica delle popolazioni di anguilla tra il 1990 e il 2016 (N=578).

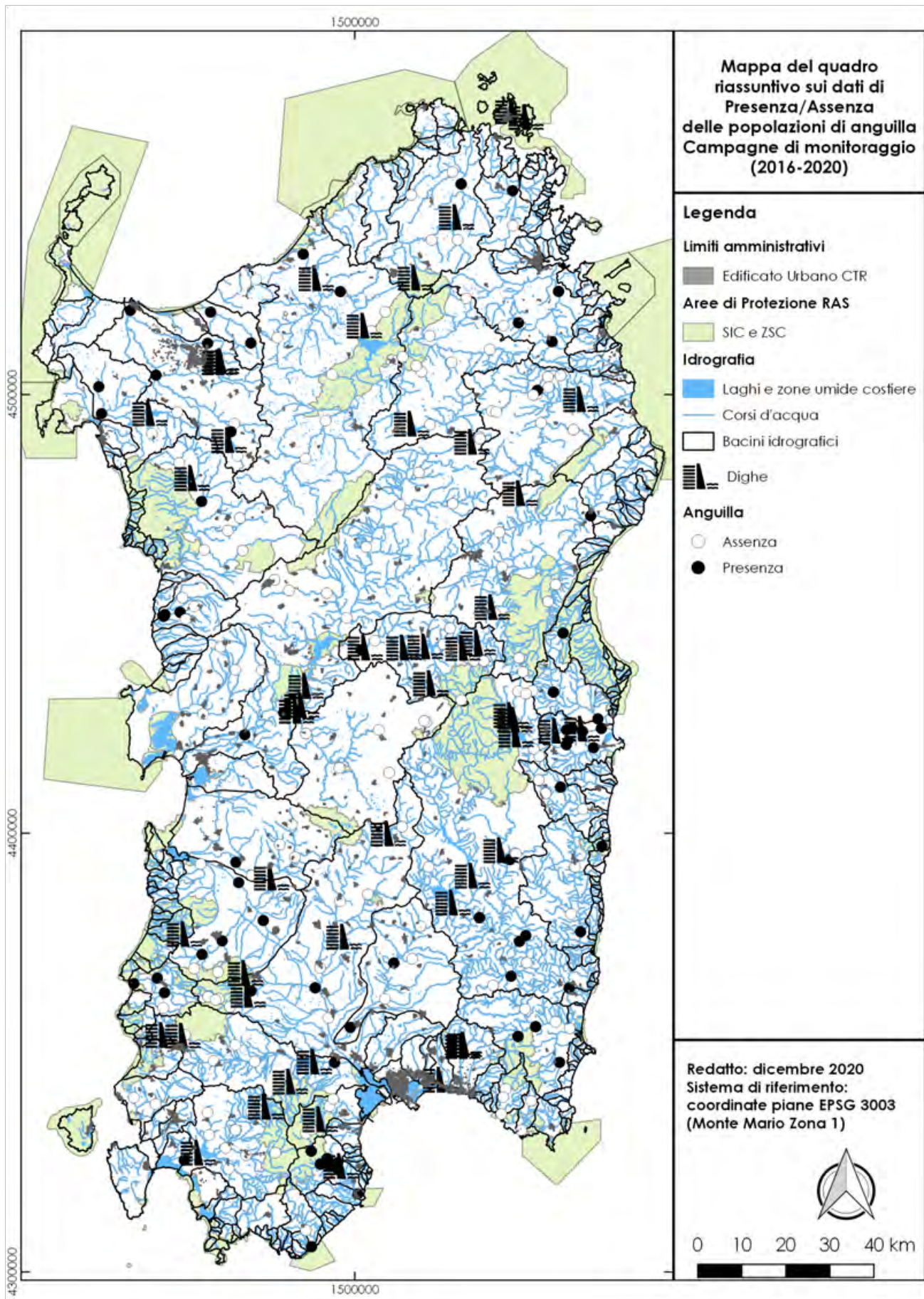


Fig. 39. Carta della distribuzione geografica delle popolazioni di anguilla tra il 2016 e il 2020 (N=214).

Un caso anomalo di risalita della specie oltre la diga è quello del Riu Girasole (Sardegna Orientale) (Fig. 40). In questo corso d'acqua, nonostante la presenza dello sbarramento della diga di S. Lucia (altezza 34.5 m) è stata verificata la presenza della specie nella porzione di fiume a monte dell'invaso con quantitativi paragonabili alle stazioni poste a valle. In questo sito incide sia la l'altezza e la pendenza dello sbarramento che la vicinanza con la foce. In questo caso specifico i giovani di anguilla, pro-

tabilmente allo stadio di ceca o ragano) riescono facilmente a superare lo sbarramento.

Nel caso del Fiume Coghinas l'espansione dell'areale di distribuzione della specie oltre lo sbarramento sulla diga del Muzzone (altezza 54 m) è conseguente alla realizzazione della scala di risalita (Fig. 41). Questa è un'ulteriore conferma dell'efficienza degli interventi di ripristino della connettività fluviale dati da scale di risalita.



Fig. 40. Sbarramento sulla diga del Riu Girasole (Ogliastra).



Fig. 41. Sbarramento sulla diga di Casteldoria sul Fiume Coghinas.

Prove di allevamento e ripopolamento anguilla



Operazione di lettura dei TAG impiantati nelle anguille prima del rilascio in natura

A partire dal 2018, nell'ambito della realizzazione del **Piano Anguilla della Regionale Sardegna** (Decreto n. 972/DecA/55 del 06/08/2013) e del progetto sviluppato in collaborazione tra Il **DISVA dell'Università di Cagliari** e l'**Agenzia AGRIS** è stato sviluppato un progetto di ripopolamento di anguilla sul Rio Ulassai. Circa 1400 g di ceche selvatiche provenienti dal Rio Pramaera (OG) sono state stabulate presso un **impianto di anguillicoltura sito a San Nicolò d'Arcidano**. L'allevamento, durato per circa otto mesi, ha portato ad un incremento della taglia del 180% e del peso del 4000%. Successivamente sono state eseguite le operazioni di trasferimento ai fini di ripopolamento di 11.5 kg corrispondenti a circa 1000 individui nel Rio Ulassai. Una parte di questo 136 anguille è stato marcato mediante l'utilizzo di PIT-TAG.

Di queste munite di PIT-TAG, nell'estate 2019 sono state ricatturate 8 anguille (circa il 6%) consentendoci di verificare come la migrazione sia contenuta entro 1 km dal sito di rilascio. Gli incrementi in termini di accrescimento variavano tra 1.4 e 2.8 cm per la lunghezza totale (LT) e 8.6 e 16.5 g per il peso totale (PT).

Tale approccio ha consentito di valutare positivamente sia la fase di svezzamento che quella di ripopolamento sebbene oneroso in termini economici e di personale impiegato. La sua applicazione su ampia scala non può comunque essere considerata alternativa alla scala di risalita specifica per le anguille che attualmente risulta l'unico metodo valido per il ripristino della connettività tra i siti a monte delle dighe e il mare.



Vasche di stabulazione e accrescimento delle ceche di anguilla nell'allevamento di S. N. D'Arcidano.

STATO DI SALUTE DELL'AMBIENTE FLUVIALE

Indice di Funzionalità Fluviale

La caratterizzazione ambientale dei corpi idrici dulciacquicoli della Sardegna è relativa a 214 stazioni di campionamento in 148 corsi d'acqua distribuiti in 39 bacini idrografici. L'indice è stato applicato nell'86% dei siti esaminati, mentre per il restante 14% non è stato possibile calcolarlo a causa delle secche stagionali (Fig. 42).

Complessivamente il 59% dei bacini studiati mostra un valore medio di IFF compreso tra Elevato e Buono (valori di IFF: 251-260), mentre nel 15% dei bacini lo stato ecologico è Buono-Mediocre (valori di IFF: 181-200) (Fig. 43). Livelli di funzionalità mediocri (valori di IFF: 121-180) e compresi tra mediocre e scadente (valori di IFF: 101-120) si trova nel 21% dei bacini idrografici, tra i quali i più importanti sono il bacino del Riu Cixerri (R3) e quello del Riu Palmas (T2), con un IFF di 164 ± 60 e di 170 ± 39 . I bacini con un Pessimo stato ecologico e appartenenti ai livelli di funzionalità IV e IV-V, equivalenti ad un giudizio scadente e scadente-pessimo, sono solamente il 6% dei bacini

totali, a conferma del fatto che i corsi d'acqua regionali si trovano in buono stato ecologico (Fig. 43). Complessivamente, si può notare che indici di funzionalità elevati (valori di IFF: 261-300) si concentrano prevalentemente nel settore orientale dell'isola ed in particolar modo nei tratti montani presenti nelle U.I.O. del Flumendosa (P), dei Minori tra il Cedrino e il Flumendosa e del Posada. Al contrario, i valori più bassi si riscontrano nei tratti a valle delle U.I.O. del Rio Mogoro, del Flumini Mannu e del Tirso, tutte aree interessate da una forte antropizzazione.

Tra le stazioni campionate il 14% ricade all'interno di aree SIC/ZSC (Siti di Interesse Comunitario/Zone Speciali di Conservazione), tuttavia 3 di queste sono risultate in secca al momento del campionamento e non è stato possibile applicare l'indice. Nello specifico, il 44% dei siti inclusi all'interno delle Aree della rete Natura 2000 possiedono un IFF alto con giudizio di funzionalità Elevato. Tra questi il Riu Litteras (SRLi01), appartenente al bacino idrografico del Rio di Pula (S1_11) e ricadente all'interno della ZSC Foresta di Monte Arcosu, è il sito con lo stato ecologico migliore (I.F.F.=295). Il 33%

è compreso tra i livelli di funzionalità I-II e II, corrispondenti a giudizi di funzionalità Elevato-Buono e Buono, e il 19% tra i livelli II-III e III, tra Buono e Mediocre. Appena il 4%, rappresentato da un unico sito, il Riu Su Rizzolu (DRSR01), si presenta con uno stato

ecologico scadente (IFF=84). Il Rizzolu ricade all'interno della ZSC "Campo di Ozieri e pianure tra Tula e Oschiri" ed è caratterizzato dall'assenza di formazioni primarie, disturbi di portata frequenti ed una idoneità ittica scarsa.

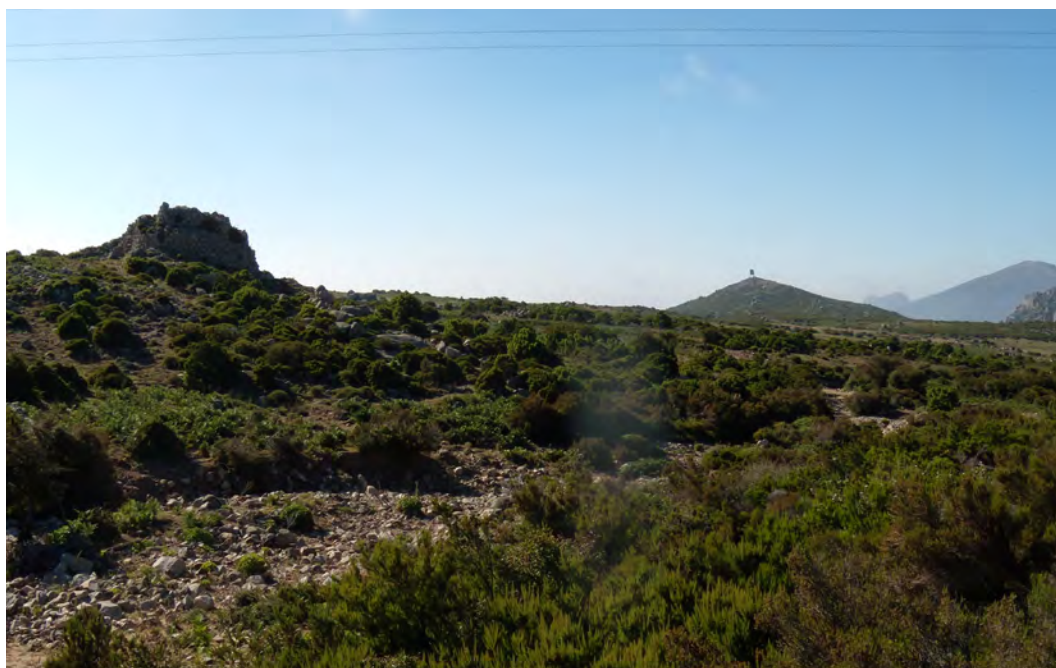


Fig. 42. Tratto in secca del Riu Bau Mandara (PRBM02).

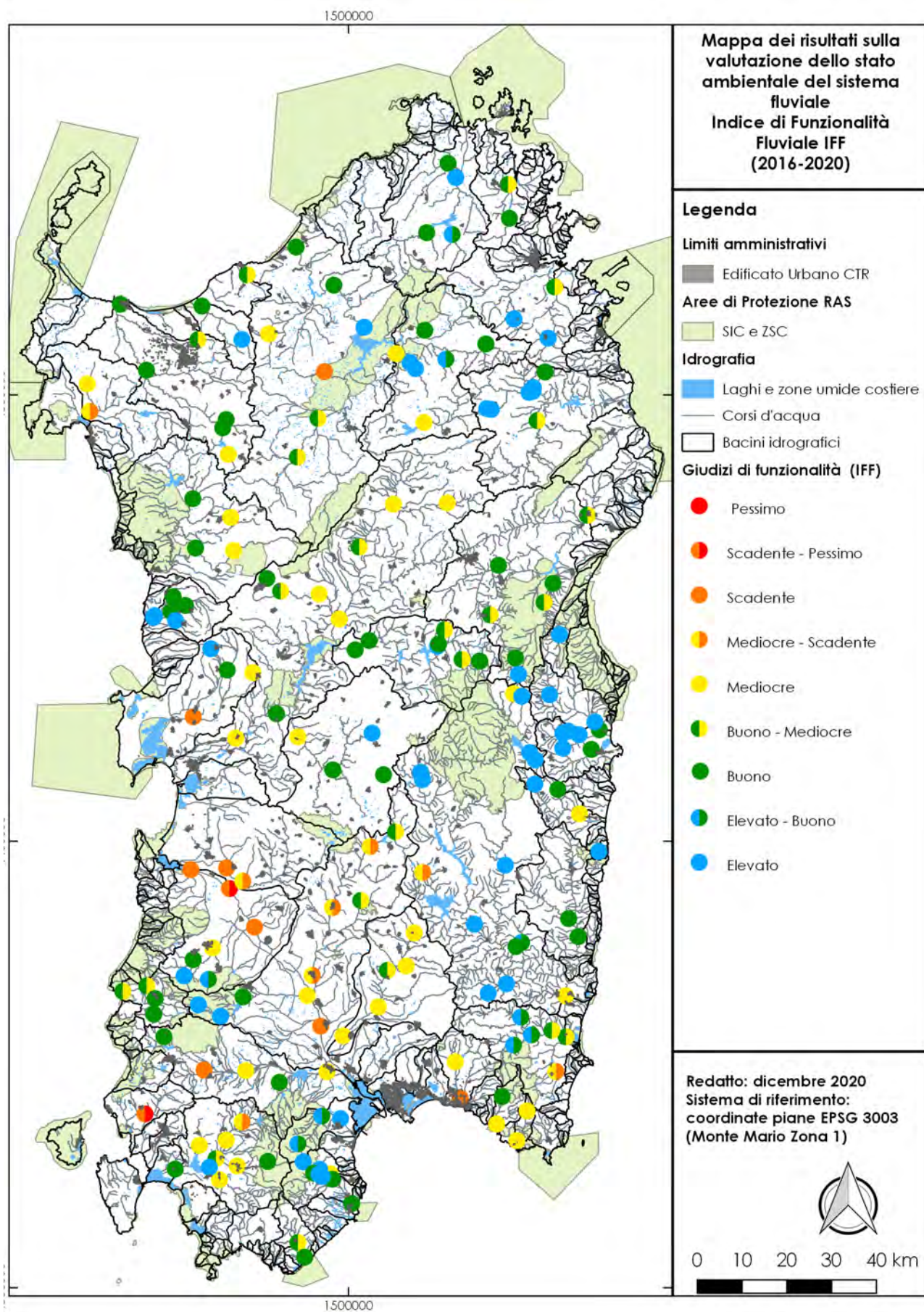


Fig. 43. Carta riassuntiva dei risultati dello stato ambientale dei corsi d'acqua mediante applicazione dell'I.F.F. (CM1 e CM2).

Presenza di rifiuti nei fiumi

L'inquinamento causato dai rifiuti di origine antropica negli ambienti naturali e soprattutto a carico di quello marino è diventato negli ultimi decenni una delle principali questioni ambientali a livello globale. L'abbandono deliberato o involontario di rifiuti rappresenta non solo un problema estetico ma anche fonte di potenziali danni per gli ecosistemi e le fonti economiche ad essi associate (Rochman et al., 2016; Chae and An, 2018). L'input di rifiuti nell'ambiente da parte delle attività umane contribuisce ad aumentare la quantità di rifiuti nelle acque costiere, negli estuari e negli oceani (Vikas & Dwarakish,

2015). In questo contesto a livello comunitario sono state intraprese diverse iniziative col fine di prevenire e limitare la presenza dei rifiuti nell'ambiente (Waste Framework Directive 2008/98/EC, Marine Strategy Framework Directive "MSFD" 2008/EC/56, Strategia europea per la plastica nell'economia circolare "EU" 2015/720). In una prima fase, la ricerca scientifica si è concentrata principalmente sui rifiuti presenti nell'ambiente marino (es. Angiolillo et al., 2015; Alvito et al., 2018; Kako et al., 2018). Tra i metodi di introduzione indiretti i rifiuti trasportati dai fiumi possono contribuire fino al 90% nell'abbondanza di rifiuti nell'ambiente marino (González et al., 2016). I rifiuti fluviali si riferiscono ai rifiuti presenti nei fiumi e sulle sponde dei fiumi che



Fig. 44. Alcuni esempi di rifiuti ritrovati durante la campagna di campionamento del 2019-2020 (CM 2).

possono permanere nel bacino idrografico per svariato tempo.

In questo contesto, il lavoro di monitoraggio ambientale portato avanti nell'ambito della redazione della CI della Regione Sardegna ha consentito di monitorare lo stato di salute dei corsi d'acqua isolani attraverso la stima dei rifiuti.

Delle 133 stazioni di campionamento, 114 (85.7%) hanno mostrato la presenza di rifiuti, mentre 19 sono risultate prive di oggetti di origine antropica. In termini percentuali la plastica con il 70%, è risultato il materiale maggiormente presente, seguono gli indumenti e i tessuti (9%), il metallo (9%) e il vetro e ceramica (8%). Le altre categorie hanno mostrato percentuali di rinvenimento inferiori al 2% (Fig. 45). Tra i

materiali plastici le buste rappresentano il 60%, seguono i coperchi e tappi di plastica (16%), le bottiglie di plastica (PET) (11%), altri oggetti di plastica dura (6%) e le taniche o contenitori di grosse dimensioni (5%). Le altre tipologie di materiali sono state rinvenute in percentuali inferiori e minori del <2% (Fig. 45).

I 3 principali oggetti ritrovati totalizzano il 66% di tutti gli oggetti e sono principalmente costituiti da poliestere; le buste di plastica rappresentano con il 46% dei ritrovamenti l'oggetto maggiormente censito, seguono i tappi e coperchi di plastica (12%) e le bottiglie in PET (8%). Il restante 34% invece è materiale di vario genere tra cui tessuti e vetro, materiali da costruzione (Tab. XII).



Fig. 45. Percentuale di spazzatura censita nelle 133 stazioni di campionamento (sinistra). Composizione percentuale per categorie per gli oggetti di plastica raccolti (destra).

Sebbene la Sardegna sia una regione scarsamente popolata e la seconda regione in Italia in termini di percentuale di spazzatura riciclata (ARPAS, 2019), una certa frazione dei rifiuti è tuttora suscettibile allo smaltimento illegale

in discariche non autorizzate per poi finire nei corsi d'acqua. Una maggiore comunicazione e sensibilizzazione della popolazione potrebbe portare ad una riduzione del carico di contaminazione di rifiuti nei corsi d'acqua isolani.

Tab. XII. Lista dei 10 oggetti maggiormente riscontrati durante il monitoraggio.

Top 10 oggetti	% di rinvenimento
<i>Buste di plastica</i>	42
<i>Coperchi/tappi di plastica</i>	12
<i>Bottiglie di plastica</i>	8
<i>Stracci, vestiario</i>	6
<i>Bottiglie, inclusi pezzi di vetro</i>	5
<i>Altri oggetti di plastica</i>	4
<i>Taniche di plastica</i>	4
<i>Lattine (Bevande)</i>	4
<i>Elettrodomestici (lavatrici, frigoriferi, etc)</i>	4
<i>Materiale da costruzione (mattoni, cemento, tubi)</i>	1

IL SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO

Al fine di avere una maggiore fruizione e visualizzazione dei dati disponibili, tutte le informazioni raccolte sono state organizzate all'interno di un GIS (Geographic Information System), denominato "SIT Trota Sarda". I dati geografici (geodatasets) utilizzati e realizzati nell'ambito della predisposizione del quadro riassuntivo delle informazioni bibliografiche presenti e successivo piano di campionamento sono stati archiviati, organizzati e strutturati in un progetto GIS, al fine di consentirne una agevole esplorazione e consultazione. Tutti i dati elaborati sono stati inseriti nel sistema informativo e resi compatibili con il Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA). A tale scopo i geodati sono stati preliminarmente archiviati in un sistema di cartelle tematicamente strutturato; i

geodati sono stati successivamente rappresentati in un progetto cartografico realizzato mediante il software QGIS (www.qgis.org/it), un Sistema di Informazione Geografica (GIS), rilasciato liberamente con licenza open-source GNU-GPL. Lo scopo principale è quello di ottenere un catalogo organizzato e facilmente utilizzabile. Questi requisiti del sistema hanno comportato la necessità di riorganizzare ed adattare alcune fonti di dati prima del loro inserimento nella base dati.

Nella figura 46 sono riportati i tematismi (layers) rappresentati nel progetto QGIS "SIT Trota sarda.qgs". Per una maggiore comodità di esplorazione del progetto GIS, i layers sono stati raggruppati per categorie tematiche di interesse. Il sistema di coordinate adottato è il "Gauss – Boaga – Roma40 – Fuso Ovest" (EPSG: 3003).

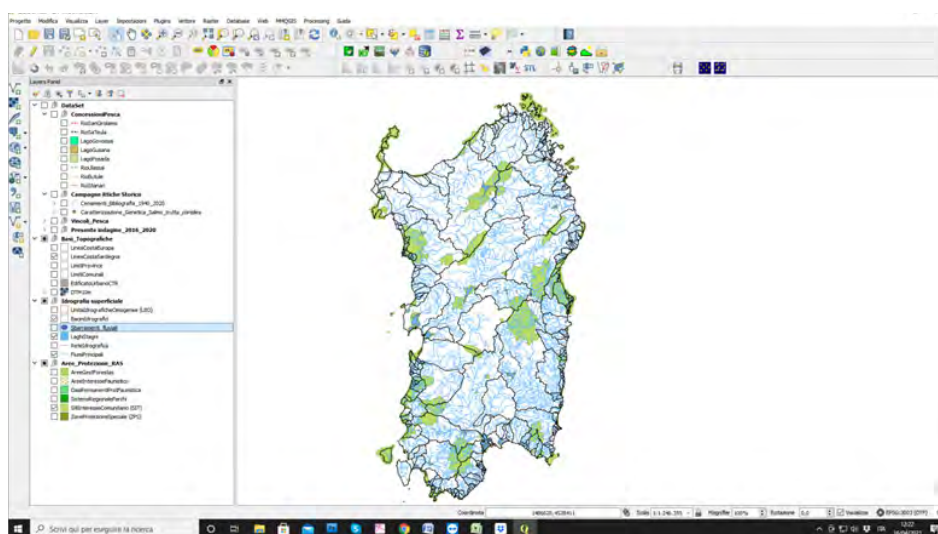


Fig. 46. Screenshot del progetto SIT Trota-Sarda.qgs.



La livrea criptica della trota sarda

Gruppo di esemplari di trota sarda.

La trota sarda (*Salmo ghigii* Pomini, 1941) 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.

CONCLUSIONI

Con la conclusione del progetto “Redazione di una Carta Ittica relativa ai tratti vallivi dei bacini fluviali della Sardegna con particolare riferimento all’ittiofauna autoctona ed alle specie dulciacquicole alloctone”(C.I. 2) (Rep. RAS n.7304-12 del 29/03/2018) si completa il quadro conoscitivo iniziato con il progetto “Redazione di una carta ittica delle acque dolci della Sardegna con particolare riferimento ai siti di popolamento della forma geneticamente pura della trota sarda (*Salmo ghigii* ex *Salmo cettii* ex *Salmo trutta macrostigma*), specie autoctona a grave pericolo di estinzione”(C.I. 1) (Rep RAS n.27002-1 del 18/12/2015). Con l’attuale progetto (C.I. 2) sono stati monitorati i tratti vallivi dei bacini fluviali della Sardegna completando così le informazioni sulla presenza e distribuzione della fauna ittica. Allo stesso tempo, alcuni campionamenti mirati hanno consentito di acquisire ulteriori informazioni sulla distribuzione dei Salmonidi e, attraverso le analisi genetiche, identificare ulteriori popolazioni pure di trota sarda (*Salmo ghigii*).

Complessivamente sono state monitorate 133 stazioni di campionamento che

si vanno ad aggiungere alle 81 del primo progetto (C.I. 1) per un totale 214 siti indagati. La scelta dei siti di campionamento, basata su una pre-analisi, considera tutti i bacini della Sardegna e risulta avere una copertura spaziale bilanciata e proporzionale all’estensione della rete idrografica della Sardegna. Tutti i dati rilevati per singola stazione sono riportati nella seconda parte di questa relazione. I dati sono inoltre stati caricati nel sistema GIS Carta Ittica della Sardegna e opportunamente informatizzati per essere fruibili sul SIRA.

Inoltre, l’attività di monitoraggio ci ha consentito di valutare la condizione ecologica e lo stato di salute dei corsi d’acqua isolani. Nella presente indagine, l’analisi dell’Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) ha evidenziato un giudizio di funzionalità compreso tra elevato e buono nel 45% delle stazioni indagate. I livelli più bassi sono stati registrati nel 25% dei siti in cui la condizione di funzionalità è stata tra buono e mediocre e solamente del 8% mostrava un livello compreso tra scadente e pessimo. Se si considerano i dati complessivi dei due progetti insieme (C.I. 1, C.I. 2) allora la condizione di funzionalità compresa

tra elevato e buono risulta leggermente superiore è pari al 59%, mentre, il livello mediocre è stato rilevato nel 6% dei bacini studiati, evidenziando una generale migliore condizione ecologica dei tratti montani rispetto a quelli vallivi.

Anche l'analisi dei rifiuti di origine antropica rilevati nei siti di campionamento è un indice della qualità dell'ambiente. Sebbene i rifiuti rilevati siano numericamente limitati i ritrovamenti sono stati segnalati nell'85.7% dei siti monitorati. Qualitativamente, questi sono costituiti per il 70% da plastica, che rappresenta il rifiuto predominante. I bacini che presentano maggiore quantità di rifiuti sono quelli di maggiori dimensioni e su cui ricade il maggior carico antropico. In generale i tratti montani ed i piccoli bacini sono invece quelli in cui si rileva la minor presenza di rifiuti. Questo dato evidenzia come ancora oggi ci sia l'abitudine di lasciare rifiuti nell'ambiente.

Sia l'IFF che la presenza dei rifiuti evidenziano come nei fiumi sardi vi siano delle aree di eccellenza ma che in alcuni casi siti che necessitano di maggiori attenzioni. Una maggiore attenzione e una puntuale attività di comunicazione, potrebbe, nel breve e medio periodo,

migliorare sicuramente la condizione ecologica e ambientale dei fiumi sardi.

Nello specifico dei monitoraggi, la fauna ittica che popola le acque dolci della Sardegna risulta costituita da 29 taxa. Tra questi i 5 mugilidi e la spigola sono da considerarsi specie eurialine la cui presenza intermittente è limitata ai tratti bassi dei corsi d'acqua e prossimi alla foce. Delle rimanenti 23 specie l'*Alosa fallax*, il *Petromizon marinus* e il *Leucos aula* non sono state censite nei campionamenti di questo progetto sebbene risultino presenti in base alle più recenti segnalazioni. Nel complesso le specie ittiche autoctone sono 7 mentre le alloctone sono 16 a cui si aggiungono i crostacei decapodi *Procambarus clarkii*, *P. fallax* e *Austropotamobius pallipes*. I primi sono di origine americana, mentre quest'ultimo è autoctono nella penisola italiana, ma al pari degli altri due in Sardegna è da considerarsi a tutti gli effetti alloctono. Anche per la Sardegna, come rilevato in altre aree europee e italiane nello specifico (Fairfax et al. 2007; Copp et al. 2005; Gherardi et al. 2008), si può evidenziare come una delle maggiori criticità e minacce della biodiversità è data dal progressivo incremento delle specie alloctone. Alcu-

ne di queste sono inoltre presenti nella lista delle specie di interesse unionale e identificate come IAS (DL n.230/2017 e allegato delle specie). Da segnalare la presenza della *Pseudorasbora parva*, nel tratto basso del fiume Coghinas e dei crostacei decapodi *Procambarus clarkii* e *P. fallax*. Tra le specie alloctone particolarmente invasive e impattanti si segnalano altre due specie: il luccio *Esox cisalpinus* ed il pesce gatto *Ameiurus melas*. Sebbene il primo sia specie autocona italiana risulta alloctona nei fiumi sardi e assieme al pesce gatto per le loro caratteristiche invasive sono tali da poter essere considerate come IAS nella lista regionale in quanto assoggettabili a piani di contenimento ed eradicazione.

Di contro le specie autoctone fanno registrare una progressiva e graduale riduzione dell'areale di distribuzione rilevabile dall'occorenza percentuale (numero di rinvenimenti sul totale delle stazioni campionate). In sintesi, rispetto al dato storico le specie native sono state rinvenute in meno del 20% delle stazioni indagate rispetto ai rinvenimenti precedenti, con una riduzione dell'areale di distribuzione superiore all'80%. Tra le autoctone, si segnala

l'importanza di azioni mirate a migliorare lo stato ecologico sia della Cagnetta (*Salaria fluviatilis*) che dello spinarello (*Gasterosteus aculeatus*) ma la maggiore attenzione e quindi una maggiore trattazione dei risultati è stata dedicata ad altre 2 specie autoctone, sia per la loro importanza conservazionistica, culturale oltre che economica:

Salmo ghigii; la specie, già oggetto di studio nella precedente fase progettuale (CI1), è stata monitorata al fine di definire meglio le popolazioni native presenti. Dagli approfondimenti effettuati con le analisi genetiche, oltre alle popolazioni già individuate in precedenza, che sono state ulteriormente confermate, è stato possibile confermare l'assenza di introgressione genetica in altre due popolazioni di trota sarda presenti nel Canale dell'iserno (bacino del Posada) e Riu Bau Mandara (Bacino del Flumendosa). Oltre a queste due popolazioni, bassi livelli di ibridazione sono stati rilevati nel Riu Flumini Bellu (bacino del Mannu di Pabillonis), Riu S'Acqua Callenti (bacino del Flumendosa) e Riu Pelasole (Bacino del Padrongiano). Le nuove popolazioni pure ci consentono di ampliare il piano di gestione per la salvaguardia

della specie che sino a qualche anno fa sembrava destinata all'estinzione.

Anguilla anguilla: l'anguilla è una specie che a livello mondiale risulta in netto declino. Sebbene questo sia imputabile a fenomeni più generali e prevalentemente indipendenti dalle politiche gestionali regionali, azioni mirate di intervento potrebbero migliorare la sua presenza. L'importante riduzione nella distribuzione spaziale della specie è infatti imputabile alla presenza di sbarramenti e dighe che di fatto limitano la risalita nei tratti superiori dei fiumi sardi

dove questa risultava storicamente presente. L'effetto delle dighe inoltre è quello di determinare una interruzione della continuità fluviale e limitare di fatto le portate dei fiumi sardi. Quest'ultima determina in molti casi una riduzione dei flussi d'acqua e la conseguente chiusura della foce nel periodo di reclutamento dal mare dove le ceche (giovani di anguilla) non avendo la possibilità di risalire nei corsi d'acqua dolce sono soggette ad attività di predazione direttamente in mare, riducendo di fatto il reclutamento della specie.

Indicazioni gestionali

Le informazioni raccolte per la realizzazione della presente Carta ittica consentono una valutazione dello stato attuale delle popolazioni ittiche in Sardegna anche in relazione al dato storico ricavato da una minuziosa ricerca bibliografica. Ciò ha posto in evidenza quanto l'evoluzione della biodiversità delle popolazioni ittiche nel tempo, abbia avuto un significativo incremento delle specie alloctone a scapito delle specie autoctone.

Le principali cause di tale impoverimento di specie, sono da attribuirsi all'alterazione della continuità fluvia-

le con prosciugamento degli alvei per lavori, l'artificializzazione degli alvei, l'assenza di passaggi per pesci negli sbarramenti, ma ancor più alle immmissioni illegali di specie alloctone la cui presenza e diffusione può costituire un processo al quale è molto difficile rimediare.

Pertanto, al fine di contrastare il declino delle specie ittiche autoctone e le minacce derivanti dalla diffusione delle specie alloctone, le informazioni e i risultati presentati costituiscono un supporto essenziale per la valutazione delle misure gestionali più idonee, da attuare nei sistemi fluviali regionali, tra quelle di seguito proposte:

- Contrasto alle specie aliene

- Intensificazione dei controlli alle vie di ingresso quali porti ed aeroporti;

- Eradicazione rapida delle specie alloctone invasive alle prime segnalazioni/avvistamenti, elaborazione di piani di eradicazione/controllo quando la specie è ormai diffusa;

- Sensibilizzazione dei pescatori sportivi (principale vettore di introduzione di specie ittiche aliene) sulle problematiche legate all'immissione di specie aliene;

- Divieto assoluto di rilascio delle specie aliene dopo la cattura da parte dei pescatori sportivi;

- Redazione della lista delle specie aliene invasive di interesse regionale;

- Divieto di transfaunazioni di specie tra bacini idrografici al fine di evitare l'inquinamento genetico di popolazioni indigene conseguente all'ibridazione con individui conspecifici o congenerici di origine alloctona immessi per fini di ripopolamento;

- Piani specifici volti al contenimento delle specie alloctone nei bacini artificiali.

• Elaborazione di piani di gestione specie specifici nei casi di specie autoctone fortemente minacciate, con popolazioni ridotte o isolate, agendo attraverso l'identificazione e l'elimina-

zione quando possibile o la mitigazione delle specifiche minacce e pressioni che agiscono su queste popolazioni, anche con l'istituzione di aree protette fluviali per un corretto approccio alle realtà di carattere economico, sociale e culturale che caratterizzano le comunità umane all'interno dell'areale della specie target.

• Interventi di ripristino ecologico con la rinaturalizzazione di corsi d'acqua artificializzati e realizzazione di passaggi per pesci specie-specifici, in relazione alle specie che si vogliono privilegiare, in corrispondenza di sbarramenti; apertura delle foci durante il periodo di reclutamento dell'anguilla e realizzazione di scale di risalita nelle dighe specifiche per la specie.

• Attività di sensibilizzazione ed informazione sull'ecologia delle acque dolci e la biologia dei pesci d'acqua dolce con corsi specifici per pescatori, sia professionisti che sportivi, associati al rilascio o al rinnovo delle licenze di pesca, rivolta inoltre al personale con compiti di vigilanza ed ai tecnici che operano nel campo della gestione di questi ecosistemi.

Azioni di informazione nelle scuole e verso tutti i portatori di interesse con lo scopo di sensibilizzare le generazioni future sulla tematica degli ambienti fluviali per la protezione dell'ambiente e per la salvaguardia della biodiversità.



Le aree di nursery

Individui giovanili di trota sarda presso il Rio Ermolinus (Foresta di Montarbu).

Le aree di nursery rappresentano zone entro cui gli avannotti trascorrono i primi periodi di vita. Si trovano in corrispondenza di aree particolarmente favorevoli in relazione alle

caratteristiche trofico-ambientali e risultano ben separate dalle zone occupate dagli adulti. Tali aree sono costituite da tratti di fiume caratterizzati da fondi sabboisi e ghiaiosi con bassa profondità (<20 cm) e velocità di corrente pressochè nulla.

BIBLIOGRAFIA

1. 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.
2. ALLEN, Y., KIRBY, S., COPP, G.H., BRAZIER, M., 2006. Toxicity of rotenone to topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* for eradication of this non-native species from a tarn in Cumbria, England. *Fish. Manag. Ecol.* 13, 337–340.
3. ALVITO, A., BELLODI, A., CAU, A., MOCCIA, D., MULAS, A., PALMAS, F., PESCI, P., FOLLESA, M.C., 2018. Amount and distribution of benthic marine litter along Sardinian fishing grounds (CW Mediterranean Sea). *Waste Management* 75, 131-140.
4. AMILHAT, E., AARESTRUP, K., FALIEUX, E., SIMON, G., WESTERBERG, H., RIGHTON, D., 2016. First evidence of European eels exiting the Mediterranean Sea during their spawning migration. *Sci. Rep.* 6, 1–8.
5. 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). *J. Limnol.* 74(3): 491-500.
6. ANGIOLILLO, M., BRAMANTI, L., DI, FARCOMENI, A., BO, M., BAVESTRELLO, G., SANTANGELO, G., CAU, A., MASTASCUSA, V., CAU, A., SACCO, F., CANESE, S., 2015. Distribution and assessment of marine debris in the deep Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean Sea, Italy). *Mar. Poll. Bull.* 92, 149–159.
7. ARAI T., OTAKE T., TSUKAMOTO K., 2000. Timing of metamorphosis and larval segregation of the Atlantic eels *Anguilla rostrata* and *Anguilla anguilla*, as revealed by otolith microstructure and microchemistry. *Mar. Biol.* 137, 39–45.
8. BARATTI M., NONNIS MARZANO F., 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
9. BARDONNET, A., BOLLIET, V., BELON, V. 2005. Recruitment abundance estimation: role of glass eel (*Anguilla anguilla* L.) response to light. *J. Exp. Mar. Biol.*

- Ecol. 321, 181–190.
10. BEHNKE R.J., 1972. The systematics of salmonid fishes of recently glaciated lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 639-671.
 11. 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. Mol. Ecol. 1, 161–173.
 12. BERNATCHEZ, L., DANZMANN, R.G., 1993. Congruence in control-region sequence and restriction-site variation in mitochondrial DNA of brook charr (*Salvelinus fontinalis* Mitchell). Mol. Biol. Evol. 10(5): 1002-1014.
 13. 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.
 14. BERREBI, P., BARUCCHI, V.C., SPLENDIANI, A., MURACCIOLE, S., SABATINI, A., PALMAS, F., TOUGARD, C., ARCULEO, M., MARIĆ, S., 2018. Brown trout (*Salmo trutta* L.) high genetic diversity around the Tyrrhenian Sea as revealed by nuclear and mitochondrial markers. Hydrobiologia 826, 209–231.
 15. BIRREL, L., CRAMB, G., HAZON, N., 2000. Osmoregulation during the development of glass eels and elvers. J. Fish Biol. 56(6):1450 - 1459
 16. BOETIUS, J. & HARDING, E.F., 1985. A re-examination of Johannes Schmidt's Atlantic eel investigations *Anguilla rostrata*, *Anguilla anguilla*, spawning, larvae length (TNV), myomere counts (TNM)]. Dana 4, 129–162.
 17. BOUCHEREAU, J.L., MARQUES, C. R., PEREIRA, P., 2009. Food of the European eel *Anguilla anguilla* in the Manguio lagoon (Mediterranean, France). Acta Adriatica, 50(2), 159.
 18. BOULANGER G.A., 1901. On the occurrence of *Salmo macrostigma* in Sardinia. The Annals and magazine of Natural history London pp. 1.
 19. BRITTON, J.R., DAVIES, G.D., BRAZIER, M., 2009. Eradication of the invasive *Pseudorasbora parva* results in increased growth and production of native fishes. Ecol. Freshw., 18(1), 8-14.
 20. BRITTON, J.R., HARPER, D.M., OYUGI, D.O., GREY, J., 2010. The introduced

- Micropterus salmoides* in an equatorial lake: A paradoxical loser in an invasion meltdown scenario? *Biol. Inv.* 12, 3439–3448.
21. BULEY, R.P., HASLER, C.T., TIX, J.A., SUSKI, C.D., HUBERT, T.D., 2017. Can ozone be used to control the spread of freshwater Aquatic Invasive Species? *Man. Biol. Inv.*, 8,13– 24.
 22. CAPALDO, A., GAY, F., MADDALONI, M., VALIANTE, S., DE FALCO, M., LENZI, M., LAFORGIA, V., 2012. Presence of cocaine in the tissues of the European Eel, *Anguilla anguilla*, exposed to environmental cocaine concentrations. *Water. Air. Soil Pollut.*, 223, 2137–2143.
 23. CARMONA-CATOT, G.P., MOYLE, B., APARICIO, E., CRAIN, P.K., THOMPSON, L.C., GARCÍA-BERTHOU, E., 2010. Brook trout removal as a conservation tool to restore eagle lake rainbow trout. *N. Am. J. Fish. Manag.*, 30,1315–1323.
 24. CASALIS G. (1836). *Dizionario Geografico Storico-statistico degli stati di S.M. il Re di Sardegna*. Vol. 3
 25. CASTONGUAY, M., HODSON P.V., COUILLARD C.M., ECKERSLEY M.J., DUTIL J.D., VERREAUT. 1994. Why is recruitment of the American eel, *Anguilla rostrata*, declining in the St. Lawrence River and Gulf? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51, 479-488.
 26. 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. *Ital. J. Zool.*, 83(4), 514–523.
 27. CASU, M., COSSU, P., NIFFOI, A., LAI, T., SCARPA, F., VARCASIA, A., SANNA, D., 2018. Il luccio attraversa il mare: alti livelli di variabilità genetica mitocondriale in una popolazione alloctona di *Esox cisalpinus* (Teleostea: esocidae) in Sardegna. In *Atti del Congresso della Società italiana Ittiologi Acque Dolci (AIAD)*. Roma 7-10 novembre.
 28. CASULA, P., ANGELINI C., SABATINI A., LECIS R., ET AL., 2010. *Euproctus platycephalus* (Amphibia, Urodela). Piano di Conservazione. Conservazione di popolazioni animali autoctone e minacciate di estinzione. Ente Foreste della

- Sardegna, pp 36.
29. CAU, A., MASSIDDA, P., LODDO, G., DAVINI, M.A., 1995. Acque a salmonidi e ciprinidi, campagna 1994/95. Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia. Relazione Finale.
 30. 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.
 31. 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.
 32. CAUDRON, A., CHAMPIGNEULLE, A., 2011. Multiple electrofishing as a mitigate tool for removing nonnative Atlantic brown trout (*Salmo trutta* L.) threatening a native Mediterranean brown trout population. Eur. J. Wildl. Res., 57, 575–583.
 33. CETTI, F., 1777. Anfibi e Pesci di Sardegna. Stamperia di Giuseppe Piattoli, Sassari. www.archive.org/details/anfibiepescidisa00cett.
 34. CHAE, Y., AN, YOUN-JOO., 2018. Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: A review. Env. Poll., 240, 387-395.
 35. Chucholl, C., 2011. Population ecology of an alien “warm water” crayfish (*Procambarus clarkii*) in a new cold habitat. Know. Man. Aq. Ecos., 401(401).
 36. Chucholl, C., Pfeiffer, M., 2010. First evidence for an established Marmorkrebs (Decapoda, Astacida, Cambaridae) population in Southwestern Germany, in syntopic occurrence with *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817). Aquat. Inv., 5(4),
 37. Chucholl C., 2013. Invaders for sale: trade and determinants of introduction of ornamental freshwater crayfish. Biol. Inv., 15, 125-141.
 38. Chucholl, C., Morawetz, k., Groß, A., 2012. The clones are coming--strong increase in Marmorkrebs *Procambarus fallax* (Hagen, 1870) *f. virginalis*] records from Europe.” Aquat. Inv., 7(4), 511-519.
 39. CICCOTTI, E., MACCHI, E., ROSSI, A., CATALDI, E., CATAUDELLA, S.,

1993. Glass eel (*Anguilla anguilla*) acclimation to freshwater and seawater: morphological changes of the digestive tract BYE. *J. Appl. Ichthyol.*, 9, 74–81.
40. CILENTI, L., ALFONSO, G., GARGIULO, M., CHETTA, F., LIPAROTO, A., D'ADAMO, R., MANCINELLI, G., 2017. First records of the crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda, Cambaridae) in lake varano and in the Salento Peninsula (Puglia region, SE Italy), with review of the current status in southern Italy. *BioInv. Rec.*, 6, 153–158.
41. CLAVERO, M., HERMOSO, V., APARICIO, E. & GODINHO, F.N., 2013. Biodiversity in heavily modified water bodies: native fish introduced into Iberian basins. *Freshw. Biol.*, 58, 1190-1201.
42. CLEMENT, M., POSADA, D., CRANDALL, K.A., 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Mol. Ecol.*, 9, 1657–1659.
43. COLLARES-PEREIRA, M., COWX, I., 2004. The role of Catchment Scale Environmental Management in Freshwater Fish Conservation. *Fish. Man. Ecol.*, 11, 303-312.
44. COPP, G.H., BIANCO, P.G., BOGUSTSKAYA, N.G. ET AL., 2005. To be, or not to be, a non-native freshwater fish? *J. Appl. Ichth.*, 21, 242-26.
45. COTTIGLIA, M., 1968. La distribuzione dell'ittiofauna dulciacquicola in Sardegna. *Rivista di idrobiologia* 7(1): 64-115.
46. CROOKS J.A., 2002. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. *Oikos*, 97, 153-166.
47. CULURGIONI, J., FIGUS, V., CABIDDU, S., DE MURTAS, R., CAU, A., SABATINI, A., 2015. Larval Helminth Parasites of Fishes and Shellfishes from Santa Gilla Lagoon (Sardinia, Western Mediterranean), and Their Use as Bioecological Indicators. *Estuaries Coasts* 38, 1505–1519.
48. DAISIE, 2009. Handbook of Alien Species in Europe. *Invading Nature – Springer Series In Invasion Ecology*. Vol. 3, Springer, 399pp.
49. DEKKER, W., 2004. Slipping Through Our Hands – Population Dynamics of the European Eel. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 60, 787-799.
50. DELLING B., DOADRIO I., 2005. Systematics of the the trouts endemic to Moroccan lakes, with description of new species (Teleostei: Salmonidae). *Ichth.*

- Expl. Freshw., 16:49–64.
51. DELMASTRO, G., 1992. Annotazioni sulla storia naturale del gambero della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in Piemonte centrale e prima segnalazione regionale del gambero americano *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Crustacea: decapoda: astacidae: cambar. Riv. Piemontese Storia Nat., 20, 65–92.
 52. DEMONG, L., 2001. The use of rotenone to restore native brook trout in the Adirondack Mountains of New York—An overview. In: Caiteux RL, Demong L, Finlayson B, Horton W, McClay W, Schnick RA, editors. Rotenone in fisheries: are the rewards worth the risk?. Bethesda, MD: American Fisheries Society, Trends In Fisheries Science And Management 1. pp. 29–36.
 53. DEXTRASE, A.J., MANDRAK, N.E., 2006. Impacts of Alien Invasive Species on Freshwater Fauna at Risk in Canada. Biol. Inv., 8,13-24.
 54. DOADRIO I., PEREA S., YAHYAOUI A., 2015. Two new species of Atlantic trout (Actinopterygii, Salmonidae) from Morocco. Graellsia 71(2): e031.
 55. DÖRNER, S.J., RICHTER, C.H., 2009. Growth and mortality of European glass eel *Anguilla anguilla* marked with oxytetracycline and alizarin red. J. Fish Biol., 74(1), 289-295.
 56. DUDGEON, D., ARTHINGTON, A.H., GESSNER, M.O., KAWABATA, Z.I., KNOWLER, D.J., LÉVEQUE, C., NAIMAN, R.J., SOTO, D., STRIASSNY, M.L.J., SULLIVAN, C.A., 2006. Freshwater Biodiversity: Importance, Threats, Status and Conservation Challenges. Biol. Rev., 81, 163-182.
 57. 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.
 58. EDELINE, E., DUFOUR, S., BRIAND, C., FATIN, D., ELIE, P., 2004. Thyroid status is related to migratory behavior in *Anguilla anguilla* glass eels. Mar. Ecol.: Prog. Ser., 282, 261– 270.
 59. EDELINE, E., BARDONNET, T.A., BOLLIET, V., DUFOUR, S., ELIE, P. 2005. Endocrine control of *Anguilla anguilla* glass eel dispersal: Effect of thyroid hormones on locomotor activity and rheotactic behavior. Hormones and Behavior,

- 48, 53–63.
60. EUROPEAN COUNCIL, 2007. Council Regulation (EC) No 1100/2007 of 18 September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel. Official Journal of the European Union.
 61. EVANGELISTA, C., BRITTON, R.J., CUCHEROUSSET, J., 2015. Impacts of invasive fish removal through angling on population characteristics and juvenile growth rate. *Ecol. Evol.*, 5(11), 2193-2202.
 62. FADDA, A., PALMAS, F., CAMIN, F., ZILLER, L., PADEDDA, B.M., LUGLIÈ, A., MANCA, M., SABATINI, A., 2016. Analysis of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ isotopic signatures to shed light on the hydrological cycle's influence on the trophic behavior of fish in a Mediterranean reservoir. *Biologia*, 71(12), 1395-1403.
 63. FAIRFAX, R., FENSHAM, R., WAGER, R., BROOKS, S., WEBB, A., UNMAK, P., 2007. Recovery of the red-finned blue eye: an endangered fish from springs of the Great Artesian Basin. *Wildlife Research*, 34, 156-166.
 64. FARAONE, F.P., GIACALONE, G., CANALE, D.E., D'ANGELO, S., FAVACCIO, G., GAROZZO, V., GIANCONTIERI, G.L., ISGRÒ, C., MELFI, R., MORELLO, B., NAVARRIA, F., RUSSO, G., ET AL., 2017. Tracking the invasion of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda Cambaridae) in Sicily: a “citizen science” approach. *Biogeogr. J. Integr. Biogeogr.*, 32, 25–29.
 65. FLORIO, M., BREBER, P., SCIROCCO, T., SPECCHIULLI, A., CILENTI, L., LUMARE, L., 2008. Exotic species in Lesina and Varano lakes new guest in lesina and varao lakes: Gargano National Park (Italy). *Trans. Wat. Bull.*, 2, 69–79.
 66. GALGANI, F., HANKE, G., WERNER, S., DE VREEDES, L., 2013. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. *ICES J. Mar. Science* 70(6), 1055-1064.
 67. 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.
 68. GEFFROY, B., & BARDONNET, A. 2016. Sex differentiation and sex determination in eels: consequences for management. *Fish and Fisheries*, 17, 375–398.
 69. GHERARDI, F., 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus*

- clarkii*. Mar. Freshw. Behav. Physiol., 39, 175–191.
70. GHERARDI, F., 2007. Biological invasions in inland waters: an overview. In: Gherardi F. (ed.), Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 3-25.
 71. GHERARDI, F., BERTOLINO, S., BODON, M., CASELLATO, S., CIANFANELLI, S., FERRAGUTI, M., LORI, E., MURA, G., NOCITA, A., RICCARDI, N., ROSSETTI, G., ROTA, E., SCALERA, R., ZERUNIAN, S., TRICARICO, E., 2008. Animal xenodiversity in Italian inland waters: distribution, modes of arrival, and pathways. Biol. Inv., 10, 435-454.
 72. GONZÁLEZ, D., HANKE, G., TWEehuysen, G., BELLERT, B., HOLZHAUER, M., PALATINUS, A., HOHENBLUM, P., AND OOSTERBAAN, L., 2016. Riverine Litter Monitoring - Options and Recommendations. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report; JRC Technical Report; EUR 28307.
 73. GRESSWELL, R., 1991. Use of antimycin for removal of brook trout from a tributary of Yellowstone Lake. N. Am. J. Fish. Manag., 11, 83–90.
 74. HALL, T.A., 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT, in: Nucleic Acids Symposium Series. [London]: Information Retrieval Ltd., c1979-c2000., pp. 95–98.
 75. HENKEL CV, BURGERHOUT E, DE WIJZE DL, DIRKS RP, MINEGISHI Y, ET AL., 2012. Primitive Duplicate Hox Clusters in the European Eel's Genome. PLoS ONE 7(2): e32231.
 76. HOBBS, H.H., 1989. An illustrated checklist of the American crayfishes (Decapoda: astacidae, Cambaridae, and Parastacidae). Smithson. Contrib. Zool. 480, 236.
 77. HUELSENBECK, J.P., RONQUIST, F., 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. Bioinformatics 17, 754–755.
 78. HULME P.E., PYŠEK P., NENTWIG W., VILÀ M., 2009. Will threat of biological invasions unite the European Union. Science, 324(5923): 40-41.
 79. HYDROCONTROL. (2004). Realizzazione della carta ittica del bacino del Flumini Mannu. Provincia di Cagliari, pp. 165.
 80. ICES, 2002. ICES Annual Report for 2002. doi: 10.1017/S0047404598004035.

81. ICES, 2015. European eel (*Anguilla anguilla*) throughout its natural range. ICES Advice 2015, Book 9.
82. JACOBY, D.M.P., CASSELMAN, J.M., CROOK, V., DELUCIA, M.B., AHN, H., KAIFU, K., KURWIE, T., SASAL, P., SILFVERGRIP, A.M.C., SMITH, K.G., UCHIDA, K., WALKER, A.M., GOLLOCK, M.J., 2015. Synergistic patterns of threat and the challenges facing global anguillid eel conservation. *Glob. Ecol. Conserv.*, 4, 321–333.
83. KAKO, S., ISOBE, A., KATAOKA, T., YUFU, K., SUGIZONO, S., PLYBON, C., MURPHY, T.A., 2018. Sequential webcam monitoring and modeling of marine debris abundance. *Mar. Poll. Bull.*, 132, 33–43.
84. KLECKNER, R., MCCLEAVE, J.D., 1982. Entry of migrating American eel leptocephali into the gulf stream system. *Helgolander Meeresuntersuchungen*.
85. KNAPP, R.A., MATTHEWS, K.R., 1998. Eradication of nonnative fish by gill-netting from a small mountain lake in California. *Rest. Ecol.*, 6, 207–213.
86. KNIGHTS, B., 2003. A review of the possible impacts of long-term oceanic and climate changes and fishing mortality on recruitment of anguillid eels of the Northern Hemisphere. *Sci. Total Environ.*, 310, 237–244.
87. KOTTELAT, M., FREYHOF, J., 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat.
88. KOUBA, A., PETRUSEK, A., KOZAAK, P., 2014. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 413, 05.
89. KRUEGER, W.H., OLIVEIRA, H. 1999. Evidence for Environmental Sex Determination in the American eel, *Anguilla rostrata*. *Env. Biol. Fish.*, 55(4), 381–389.
90. KULP MA, MOORE SE. 2000. Multiple electrofishing removals for eliminating rainbow trout in a small Southern Appalachian stream. *N. Am. J. Fish. Manag.*, 20, 259–266.
91. KUMAR, S., STECHER, G., LI, M., KNYAZ, C., TAMURA, K., 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol. Biol. Evol.*, 35, 1547–1549.
92. LANZONI, M., MILARDI, M., ASCHONITIS, V., FANO, E.A., CASTALDELLI,

- G., 2018. A regional fish inventory of waters in Northern Italy reveals the presence of fully exotic fish communities. *Europ. Zool. J.*, 85(1), 1-7.
93. LECOMTE-FINIGER, 1992. Growth history and age at recruitment of European glass eels (*Anguilla anguilla*) as revealed by otolith microstructure. *Mar. Biol.*, 114, 205-210.
94. LEFEBVRE, F., CONTOURNET, P., CRIVELLI, A.J., 2007. Interaction between the severity of the infection by the nematode *Anguillicola crassus* and the tolerance to hypoxia in the European eel *Anguilla anguilla*. *Acta Parasitol.*, 52, 171-175.
95. LEUNDA, P.M., OSCOZ, J., ELVIRA, B., AGORRETA, A., PEREA, S., MIRANDA, R. 2008. Feeding habits of the exotic black bullhead *Ameiurus melas* (Rafinesque) in the Iberian Peninsula: first evidence of direct predation on native fish species. *Fish Biology*, 73(1), 96-114.
96. LING, N., 2003. Rotenone - A review of its toxicity and use for fisheries management. *Scien.Conserv.*, 211,1-40.
97. LORENZONI, M., CAROSI, A., GIOVANNOTTI, M., LA PORTA, G., CAPUTO BARUCCHI, V., 2018. Population status of the native *Cottus gobio* after removal of the alien *Salmo trutta*: a case-study in two Mediterranean streams (Italy). *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 419, 22.
98. LOWE, S., BROWNE, M., BOUDJELAS, S., DE POORTER, M., 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp. First published as special lift-out in *Aliens* 12, December 2000. Updated and reprinted version: November 2004.
99. LUGER, A.M., SIUTH, J., ALEXANDER, M.E., ELLENDER, B.R., WEYL, O.L.F., NAGELKERKE L.A.J., 2020. Ecomorphology of largemouth bass relative to a native trophic analogue explains its high invasive impact. *Biol. Inv.*, 22, 2223-2233.
100. MACEDA-VEIGA, A., DE SOSTOA, A., SÁNCHEZ-ESPADA, S., 2013. Factors affecting the establishment of the invasive crayfish *Procambarus clarkii*

- (Crustacea, Decapoda) in the Mediterranean rivers of the northeastern Iberian Peninsula. *Hydrobiol.*, 703, 33-45.
101. MALMQVIST, B., RUNDLE, S., 2002. Threats to the Running Water Ecosystems of the World. *Env. Cons.*, 29, 134-153.
102. MANCA, G., 1965. Contributo alla conoscenza della *Salmo trutta macrostigma* Dum. in Sardegna. Tesi di laurea Università degli Studi di Cagliari, Dipartimento di Zoologia Animale, 92 pp.
103. MANGUM, F.A., MADRIGAL, J.L., 1999. Rotenone effects on aquatic macroinvertebrates of the Strawberry River, Utah: A five-year summary. *J. Freshw. Ecol.*, 14, 125-135.
104. MARCHETTI, M.P., MOYLE, P.B., LEVINE, R., 2004. Invasive species profiling? Exploring the characteristics of non-native fishes across invasion stages in California. *Freshw. Biol.*, 49, 646-661.
105. MASSIDDA P., TURIN P., 1988. Primi dati per una carta ittica del Flumendosa. *Atti Convegno sulla Carta Ittica del Piemonte*.
106. MASSIDDA, P., 1995. *Salmo trutta macrostigma* in Sardegna. *Biologia Ambientale* 5: 40-43.
107. MASSIDDA, P., CONTI, G., LODDO, G., CAU, A., 2008. Pesci d'acqua dolce della Sardegna. Aisara, Cagliari.
108. MASSIDDA, P., ORRÙ, F., 2008. Elaborazione dei preliminari della Carta Ittica di Primo Livello ,nel Territorio della Provincia del Medio Campidano sul Bacino del Rio Leni. Provincia del Medio Campidano, pp. 91.
109. MASSIDDA, P., SABATINI, A., DAVINI, M.A., CONTI, G., LODDO, G., CAU, A., 1996. Nuovi dati sulla distribuzione dell'ittiofauna d'acqua dolce in Sardegna. In: *Atti del VI Convegno Nazionale Associazione Italiana Ittiologi Acque Dolci*. Varese Ligure 06-08 giugno 1996: 239-246.
110. MATHERS, K.L., CHADD, R.P., DUNBAR, M.J., EXTENCE, C.A., REEDS, J., RICE, S.P., WOOD, P.J., 2016. The long-term effects of invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on instream macroinvertebrate communities. *Scie. Tot Env.*, 556, 207-218.
111. MCCLEAVE, J.D., KLECKNER, R.C., 1982. Selective Tidal Stream Tran-

- sport in the Estuarine Migration of Glass Eels of the American Eel (*Anguilla Rostrata*). ICES J. Mar. Sci., 40, 262–271.
112. MILLER M.J., KIMURA S., FRIEDLAND K.D., KNIGHTS B., KIM H., JELLYMAN D.J., TSUKAMOTO K., 2009. Review of Ocean-Atmospheric Factors in the Atlantic and Pacific Oceans Influencing Spawning and Recruitment of Anguillid Eels. Am. Fish. Soc. Symp., 69, 231–249.
113. MILLER M.J., FEUNTEUN E., KATSUMI T., 2016. Did a “perfect storm” of oceanic changes and continental anthropogenic impacts cause northern hemisphere anguillid recruitment reductions? ICES J. Mar. Sci., 73, 43–56.
114. MOLA, P., 1928. Facies della fauna e della flora delle acque interne. Contributo alla idrobiologia della Sardegna. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 117-173.
115. 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.
116. NOVOMESKA, A., KOVAC, V. 2009. Life-history traits of non-native black bullhead *Ameiurus melas* with comments on its invasive potential. Appl. Ichthyol., 25(1), 79-84.
117. ORRÙ, F., MURA, M., DAVINI, M., MASSIDDA, P., CAU, A., 2007. Prima segnalazione della specie alloctona *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea, Decapoda) in Sardegna. In: Dumontet, S., Landi, F., Pastoni, F. (Eds.), Congresso Internazionale Sicurezza Alimentare, Rischio Biologico e Chimico, Certificazione Integrata, Biomonitoraggio Ambientale, pp. 95–100. Roma.
118. ORRÙ, F., 2009. Conservazione della biodiversità e specie alloctone invasive: il gambero *Procambarus clarkii* nelle acque interne della Sardegna. In: Atti Del XVIII Convegno Del Gruppo Per l'Ecologia Di Base “G. Gadio”. Alessandria.
119. ORRÙ F., DEIANA AM, 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 26:46–52.
120. ORRÙ, F., BUSCARINU, P., 2019a. Presenza della lampreda di mare (*Petromyzon marinus* L., 1758) nelle acque dolci della Sardegna a più di quarant'anni dall'ultima segnalazione documentata. In Atti del Congresso della Società ita-

- liana Ittiologi Acque Dolci (AIIAD). Roma 7-10 novembre.
121. ORRÙ, F., NIFFOI, A., SANNA, D., VARCASIA, A., BUSCARINU, P., CASU, M., 2019B. Prima segnalazione di *Leucos aula* (Teleostea: Cyprinidae) in sardegna basata su analisi morfologiche DNA barcoding. In Atti del Congresso della Società italiana Ittiologi Acque Dolci (AIIAD). Roma 7-10 novembre.
122. PALMAS, F., PODDA, C., FRAU, G., CAU, AL., MOCCIA, D., PEDDIO, S., SOLARI, P., PUSCEDDU, A., SABATINI, A. 2019. Invasive crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard, 1852) in a managed brackish wetland (Sardinia, Italy): Controlling factors and effects on sedimentary organic matter. *Estuarine, Coast. Shelf Scie.*, 231, 106459.
123. PALSTRA, A.P., HEPPENER, D.F.M., VAN GINNEKEN, V.J.T., SZÉKELY, C., VAN DEN THILLART, G.E.E.J.M., 2007. Swimming performance of silver eels is severely impaired by the swim-bladder parasite *Anguillicola crassus*. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 352, 244-256.
124. PARKOS, J.J., SANTUCCI, JR V.J., WAHL, D.H., 2003. Effects of adult common carp (*Cyprinus carpio*) on multiple trophic levels in shallow mesocosms. *Canadian J. Fish., Aq., Scie.*, 60, 182-192.
125. PEJCHAR, L., MOONEY, H.A., 2009. Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends Ecol., Evol.* 24(9): 497-504.
126. PEN, L.J., POTTER, I.C., 1991. Reproduction, growth & diet of *Gambusia holbrooki* (Girard) in a temperate Australian river. *Aquatic Conservation: Mar. Fresh. Ecos.*, 1, 159-172.
127. POMINI, F.P., 1940. Ricerche sul *Salmo macrostigma* Dum. Estratto dal: *Bollettino di Pesca, Piscicoltura e di Idrobiologia* 16(3): 3-63.
128. PUZZI, C.M., 2010. Carta ittica della Provincia di Olbia Tempio. Provincia di Olbia Tempio, pp. 191.
129. PUZZI, C.M., BARDAZZI, M.A., ORRÙ, F., TRASFORINI, S., MORONI, M., POLIZZOTTO, G., ADDABBO, J., CROSA, G., ZACCARA, S., ANTOGNAZZA, C.M., 2015. Piano per la conservazione della trota sarda (*Salmo cetti*) nel SIC Foresta di Monte Arcosu. Quadro Conoscitivo e Azioni Prioritarie di Conservazione. Provincia di Cagliari, 322 pp.

130. Ricciardi, A., MacIsaac H.J., 2011. Impacts of biological invasions on freshwater ecosystems. *Inv. Ecol.*, 211-224.
131. RICHARDSON, M.J., WHORISKEY, F.G., 1995. Turbidity generation and biological impacts of an exotic fish *Carassius auratus*, introduced into shallow seasonally anoxic ponds. *Fish Biol.*, 14(4), 576-584.
132. ROCHMAN, C.M., BROWNE, M.A., UNDERWOOD, A., VAN FRANEKER, J.A., THOMPSON, R.C., AMARAL-ZETTLER, L.A., 2016. The ecological impacts of marine debris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology* 97(2), 302-312.
133. RONDININI, C., BATTISTONI, A., PERONACE, V., TEOFILI, C., 2013. Lista rossa IUCN dei vertebrati italiani. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma 56.
134. RYTWINSKI, T., TAYLOR, J.J., DONALDSON, L.A., BRITTON, J.R., BROWNE, D.R., GRESSWELL, R.E., LINTERMANS, M., PRIOR, K.A., PELLATT, M.G., VIS, C., COOKE, S.J., 2019. The effectiveness of non-native fish removal techniques in freshwater ecosystems: A systematic review. *Envir. Rev.*, 27(1), 71-94.
135. SABATINI, A., ORRÙ, F., CANNAS, R., SERRA, P., CAU, A., 2006. Conservation and management of *Salmo (trutta) macrostigma* in Sardinian freshwaters: first results of genetic characterization. *Quaderni ETP* 34: 335-340.
136. 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, 20-26.
137. SABATINI A., PALMAS F., PODDA C., FRAU G., 2014. Le popolazioni ittiche del Rio Flumineddu. *Relazione Tecnica*. Università degli Studi di Cagliari, 22 pp.
138. SABATINI A., PALMAS F., PODDA C., 2015. Le popolazioni ittiche del Rio Ulassai e del Rio San Girolamo. *Relazione Tecnica*. Università degli Studi di Cagliari, 20 pp.

139. SABATINI A., PALMAS F., FRAU G., CANI M.V., PODDA C., 2016. Tutela della trota sarda (*Salmo cettii*) specie autoctona a grave pericolo di estinzione. Relazione Finale. Progetto trota sarda: terza fase di ripopolamento e monitoraggio. Università degli studi di Cagliari, 40 pp.
140. SABATINI, A.; PALMAS, F.; PODDA C.; FRAU. G.; SERRA, M.; MUSU, A.; CANI, M.V.; RIGHI, T.; SPLENDIANI, A; CAPUTO BARUCCHI, V., 2018(a) Carta Ittica Regionale. Parte 1. Trattati Montani; Con Approfondimenti Sulla Distribuzione Della Trota Sarda *Salmo cettii*, Rafinesque, 1810 Vol. 1. Technical Report; Regione Autonoma della Sardegna, Cagliari, Italy, Stamperia Regione Autonoma della Sardegna, p. 109. Available online: <https://portalsardegna.sira.it/-/carta-ittica-regionale-parte-i-tratti-montani>.
141. SABATINI, A., PODDA, C., FRAU, G., CANI, M.V., MUSU, A., SERRA, M., PALMAS, F., 2018(b). Restoration of native Mediterranean brown trout *Salmo cettii* Rafinesque, 1810 (Actinopterygii: Salmonidae) populations using an electric barrier as a mitigation tool. *Europ. Zool. J.*, 85, 137–149.
142. SALA, O.E., CHAPIN, F.S., CHAPIN, III F.S., ARMESTO, J.J., BERLOW, E., BLOOMFIELD, J., RH D., HUBER-SANWALD, E., HUENNEKE, L., JACKSON, R., KINZIG, A.P., LEEMANS, R., LODGE, D., MOONEY, ET AL.,. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287, 1770-1774.
143. SALVADORI, S., COLUCCIA, E., DEIDDA, F., CAU, A., CANNAS, R., LOBINA, C., SABATINI, A., DEIANA, A.M., 2014. Karyotype, ribosomal genes, and telomeric sequences in the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). *J. Crustac Biol.* 34, 525–531.
144. SAVINI D., OCCHIPINTI A., MARCHINI A., TRICARICO E., GHERARDI F., OLENIN S., GOLLASCH S., 2010. The top 27 animal alien species introduced into Europe for aquaculture and related activities. *Journal Of Applied Ichthyology*, 26:1-7.
145. SCALICI, M., PITZALIS, M., GIBERTINI, G., 2010. Crayfish distribution updating in central Italy. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 06
146. SCHMIDT, J., 1925: The breeding places of the eel. *Ann. Rep. Smithsonian Inst.* 1924, 279–316.

147. SCHMIDT, J., 1923. The breeding places of the eel. Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B 211, 179–208.
148. SCHULZE, T., KAHL, U., RADKE, R. J., BENNDORF, J., 2004. Consumption, abundance and habitat use of *Anguilla anguilla* in a mesotrophic reservoir. Journal of Fish Biology, 65, 1543–1562.
149. SEGHERLOO I.H., FREYOF J., BERREBI P., FERCHAUD A.L, GEIGER M., LAROCHE J., LEVIN B.A., NORMANDEU E., BERNARTCHEZ L., 2021. A genomic perspective on an old question: *Salmo trouts* or *Salmo trutta* (Teleostei: Salmonidae)? Molecular Phylogenetics and Evolution, 162: 107204.
150. SEITZ, R., VIPOUX, K., HOPP, U., HARZSCH, S., MAIER, G., 2005. Ontogeny of the Marmorokrebs (marbled crayfish): a parthenogenetic crayfish with unknown origin and phylogenetic position. J. Exp. Zool. Part A: Comparative Experimental Biology 303(5): 393-405.
151. Soes, D.M., van Eekelen, R., 2006. Rivierkreeften, een oprukkend probleem?. De Levende Natuur, 107(2): 56-59.
152. SOLARI, P., MELIS, M., SOLLAI, G., MASALA, C., PALMAS, F., SABATINI, A., CRNJAR, R., 2015. Sensing with the legs: contribution of pereopods in the detection of food-related compounds in the red swamp crayfish *Procambarus clarkii*. J. Crustac Biol. 35, 81–87.
153. SOUSA, R., GUTIÉRREZ, J.L., ALDRIDGE, D.C., 2009. Non-indigenous invasive bivalves as ecosystem engineers. Biological Invasions, 11, 2367-2385.
154. SOUTY-GROSSET, C., ANASTACIO, P.M., AQUILONI, L., BANHA, F., CHOQUER, J., CHUCHOLL, C., TRICARICO, E., 2016. The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: impacts on aquatic ecosystems and human well-being. Limnol., 58, 78–93.
155. SPANO, B., 1956. La pesca fluvio-lacuale in Sardegna Bollettino della Società Geografica Italiana, 401-427.
156. TARKAN, A.S., COPP, G.H., TOP, N., ÖZDEMİR, N., ÖNSOY, B., 2012. Are introduced gibel carp *Carassius gibelio* in Turkey more invasive in artificial than in natural waters? Fish. Manag. Ecol., 19, 178-187.
157. TESCH, F., 2003. The Eel, Third Edit. ed.

158. THOMPSON, J.D., HIGGINS, D.G., GIBSON, T.J., 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research* 22, 4673–4680.
159. TIBERTI, R., NELLI, L., BRIGHENTI, S., IACOBUZIO, R., ROLLA, M., 2017. Spatial distribution of introduced brook trout *Salvelinus fontinalis* (Salmonidae) within alpine lakes: evidences from a fish eradication campaign. *Eur. Zool. J.*, 84(1), 73-88.
160. TOUGARD C, JUSTY F, GUINAND B, DOUZERY EJP, BERREBI P., 2018. *Salmo macrostigma* (Teleostei, Salmonidae): nothing more than a brown trout (*S. trutta*) lineage? *J. Fish. Biol.*, 93: 302–310.
161. TURAN D., DOĞAN E., KAYA C. KANYILMAZ M., 2014a. *Salmo kottelati*, a new species of trout from Alakır Stream, draining to the Mediterranean in southern Anatolia, Turkey (Teleostei, Salmonidae). *ZOOKEYS* 462: 135-151.
162. TURAN D., KOTTELAT M., ENGIN S., 2010. Two new species of trouts, resident and migratory, sympatric in streams of northern Anatolia (Salmoniformes: Salmonidae). *Ichthyol. Explor. Freshwat.*, 20: 289-384.
163. VAN GINNEKEN, V., PALSTRA, A., LEONARDS, P., NIEVEEN, M., VAN DEN BERG, H., FLIK, G., SPANINGS, T., NIEMANTSVERDRIET, P., VAN DEN THILLART, G., MURK, A., 2009. PCBs and the energy cost of migration in the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Aquat. Toxicol.*, 92, 213–220.
164. VAN GINNEKEN, V.J.T., MAES, G.E., 2005. The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its lifecycle, evolution and reproduction: A literature review. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 15, 367–398.
165. VIKAS, M., DWARAKISH, G., 2015. Coastal pollution: a review. *Aquatic Procedia* 4, 381–388.
166. 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.
167. VITOUSEK P. M., D'ANTONIO C.M., LLOYD L., MARCEL REJMÁNEK

- L., WESTBROOKS R., 1997. Introduced species: a significant component of human-causes global change. *N. Zel. J. Ecol.*, 21,16 pp.
168. 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. *Hydrobiol.*, 760 (1), 205-223.
169. ZANETTI, M., FLORIS B., TURIN P., BELLIO, M., PICCOLO, D., POSE-NATO, S., BUA R., SILIGARDI, M. 2007. Carta ittica di primo livello dei principali bacini idrografici della Provincia di Cagliari. Provincia di Cagliari, pp. 98.
170. ZERURIAN, 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.
171. ZIPPIN C., 1958. The removal method of population estimation. *J. Wild. Manag.*, 22: 82-90.
172. ZIRICHILTAGGI –SARDINIA WILDILIFE CONSERVATION, 2012. Carta ittica di I livello della Provincia di Sassari: indagine conoscitiva sull'ittiofauna presente nelle acque scorrenti. Provincia di Sassari, pp. 206.