



Articolo / Article

## Allarme rosso: espansione della storica invasiva *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) nei laghi Pistono, San Michele e Sirio

Marco Orlandi<sup>1\*</sup>, Lyudmila Kamburska<sup>1,2</sup>, Silvia Zaupa<sup>3</sup>, Paola Giacomotti<sup>1</sup>, Arianna Orrù<sup>1</sup>, Gabriele Tartari<sup>1</sup>, Angela Boggero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNR – Istituto di Ricerca Sulle Acque (IRSA), Corso Tonolli 50, 28922 Verbania Pallanza, Italia

<sup>2</sup> Centro Nazionale per la Biodiversità (NBFC), Piazza Marina 61, 90133 Palermo, Italia

<sup>3</sup> CNR – Istituto di Ricerca Sulle Acque (IRSA), Via Roma 3, 74123 Taranto, Italia

\* E-mail dell'Autore corrispondente: marcorlandi@cnr.it

### Parole chiave

- Specie invasive
- Gambero rosso della Louisiana
- Piemonte
- Distribuzione
- Abbondanza

### Key words

- Invasive species
- Red swamp crayfish
- Piedmont
- Distribution
- Abundance

### Riassunto

A seguito di un esteso monitoraggio condotto sui laghi piemontesi, viene confermata la continua espansione del gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii* nei laghi Pistono, San Michele e Sirio attraverso la raccolta di dati sull'abbondanza della specie, la tipologia di habitat preferenziale e la composizione chimica delle acque. Tramite l'utilizzo di nasse innescate sono stati catturati 44 individui di *P. clarkii* nel Lago San Michele, 39 nel Lago Pistono e solo 4 nel Lago Sirio. L'analisi di correlazione tra caratteristiche degli habitat e abbondanze della specie invasiva ha evidenziato la preferenza della specie per gli habitat a canneto, dove sono state osservate le maggiori abbondanze rispetto alle spiagge di ciascun lago. I nostri risultati sottolineano l'urgenza di attuare programmi di monitoraggio e gestione per prevenire l'ulteriore diffusione di *P. clarkii* in Regione e di mitigare i potenziali impatti ecologici soprattutto nelle aree facenti parte della Rete Natura 2000.

### Summary

Following extensive monitoring of lacustrine ecosystems in Piedmont (Italy), this study analyses the ongoing expansion of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* within lakes Pistono, San Michele, and Sirio. We characterized the occurrence of the species in relation to habitat typology and hydrochemical parameters. Utilizing baited traps, 44 and 39 *P. clarkii* were caught respectively in Lake San Michele and in Lake Pistono, whereas only 4 individuals were captured in Lake Sirio. Correlation analyses between environmental variables and relative abundance revealed the species' preference for reed beds, where higher abundances were observed compared to lake shores. Our results highlighted the urgent need to implement monitoring and management programs to prevent the further dispersal of *P. clarkii* in the region and to mitigate adverse ecological impacts, particularly within protected sites of the Natura 2000 network.

Redazione: Valeria Lencioni e Marco Avanzini

pdf: [www.muse.it/it/Editoria-Muse/Studi-Trentini-Scienze-Naturali/Pagine/STSN/STSN\\_106\\_2026.aspx](http://www.muse.it/it/Editoria-Muse/Studi-Trentini-Scienze-Naturali/Pagine/STSN/STSN_106_2026.aspx)

## Introduzione

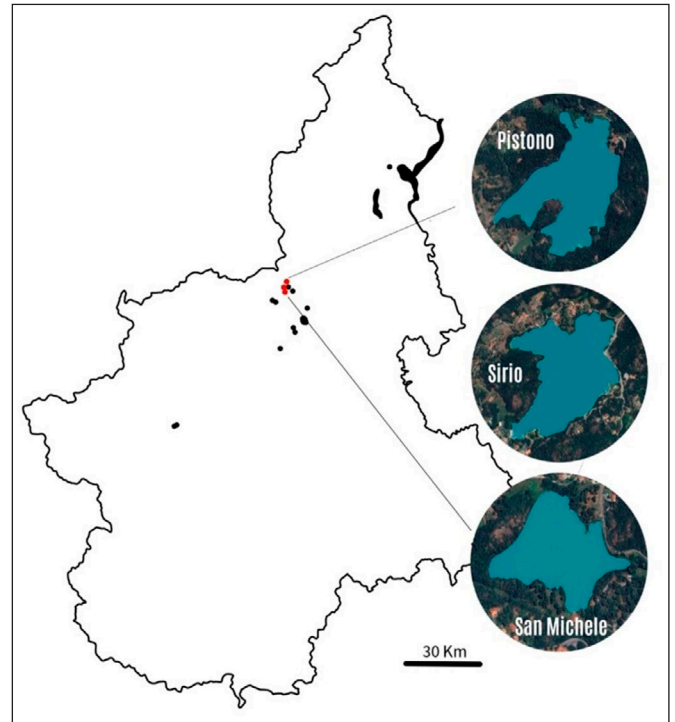
Le reti di trasporto globali (marittime, aeree, ferroviarie e stradali) hanno superato le barriere naturali e favorito sia gli scambi commerciali sia la diffusione di specie animali e vegetali al di fuori delle loro aree di origine (Seebens et al. 2017; Pearson et al. 2024). In alcuni casi, questa diffusione può trasformarsi in una vera e propria invasione biologica, con conseguenze ecologiche, economiche e sanitarie significative (Ogeden et al. 2019; IPBES 2023). Tra i differenti gruppi tassonomici, i crostacei sono il secondo gruppo maggiormente coinvolto dall'uomo nelle invasioni biologiche, sia in ambiente marino sia in acqua dolce (Galil 2008; Mancinelli et al. 2017; Soto et al. 2023) per il ruolo che hanno nelle attività ittiche e in acquariofilia. Tra i crostacei d'acqua dolce, i gamberi (ordine Decapoda, superfamiglie Astacoidea e Parastacoidea), risultano essere tra le specie maggiormente invasive a livello mondiale (Hänfling et al. 2011; Wacker & Harzsch 2021). L'Europa ospita attualmente 12 specie invasive di gamberi (Boggero et al. 2023), tra le quali *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817), *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) e *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) che, introdotte in Europa prima del 1975 e definite quindi "Old NICS" (Non-Indigenous Crayfish Species), rivestono una notevole importanza ecologica, economica e sociale per il loro impatto sull'ambiente e sulle attività umane (Holdich et al. 2009).

Nello specifico, *P. clarkii*, comunemente noto come gambero rosso della Louisiana, risulta essere tra le 100 specie più invasive a livello mondiale e tra le specie di acqua dolce maggiormente introdotte per la sua importanza economica (Loureiro et al. 2015; Souty-Grosset et al. 2016). Originario degli Stati Uniti d'America meridionali e del Messico, questa specie è stata segnalata per la prima volta in Italia nel 1989 nel Rio Venesima (Piemonte), probabilmente a seguito di un rilascio volontario dovuto alla chiusura di un impianto di acquacoltura (Delmastro 1992). Da qui, tramite introduzioni secondarie volontarie e dispersione naturale, la specie si è diffusa in un gran numero di ambienti lotici e lentici del Nord Italia e in particolare del territorio piemontese, focus di questo studio (Delmastro 1994, 1999; Lo Parrino et al. 2020). Nella Regione Piemonte la specie è ormai presente nei principali laghi (e.g. Candia, Maggiore, Orta, Viverone: Piscia et al. 2011a; Delmastro et al. 2017; Regione Piemonte 2017b). La sua capacità invasiva è legata a: buona tolleranza a differenti condizioni ambientali (e.g. temperatura, salinità), elevato potenziale di dispersione e adattamento a nuovi habitat, rapido raggiungimento della maturità sessuale e strategia alimentare flessibile (Gherardi 2007; Loureiro et al. 2015).

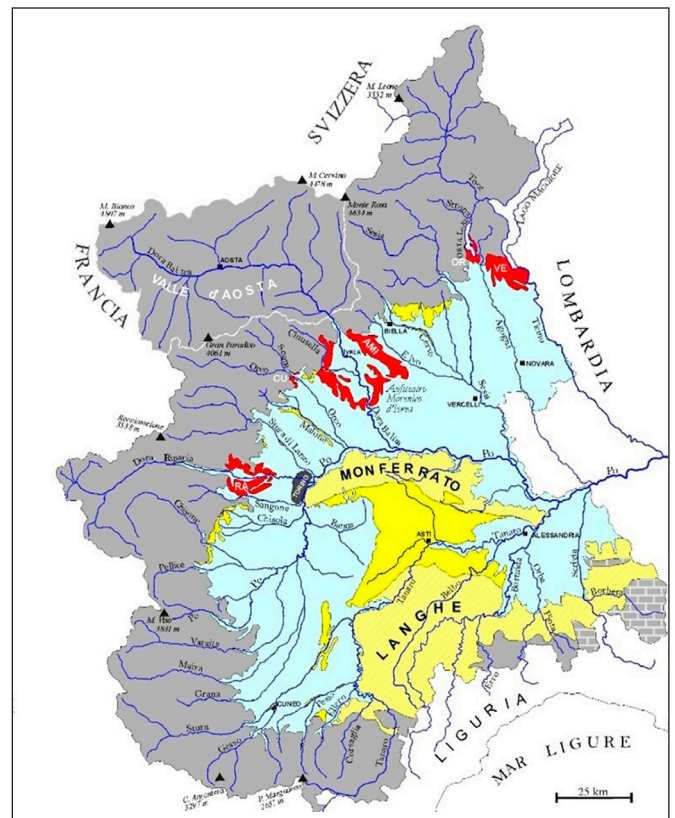
Scopo del presente studio è quello di documentare l'espansione del gambero invasivo *Procambarus clarkii* in tre laghi della Regione Piemonte (Pistono, San Michele, Sirio) descrivendo metodi di campionamento e identificazione, valutando la distribuzione e l'abbondanza locali rispetto alle caratteristiche ambientali, indagando potenziali vie di introduzione e rischi ecologici, e proponendo raccomandazioni per monitoraggio, gestione e prevenzione di ulteriori diffusioni per la specie.

## Area di studio

Nel periodo luglio-settembre 2025 sono stati campionati i laghi Pistono, San Michele e Sirio (Fig. 1) che, insieme ai laghi Nero e Campagna, costituiscono il sito "Laghi di Ivrea" di interesse comunitario (SIC, cod. IT1110021) della Regione Piemonte. Quest'area, situata tra la città di Ivrea e le Serre omonime sulla sinistra idrografica della Dora Baltea, è inclusa nella rete di aree protette Natura 2000 ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE (Tisi et al. 2007; Sindaco et al. 2014). I laghi occupano una depressione pianeggiante interna all'Anfiteatro Morenico di Ivrea (circa 200 km<sup>2</sup>), delimitata da cerchie moreniche estese per circa 300 km<sup>2</sup> nella parte nord-occidentale del Piemonte (Gianotti 2008, Fig. 2). L'anfiteatro si trova in posizione intermedia tra le Alpi e la Pianura Padana, in un contesto climatico umido continentale. Il regime pluviometrico è di tipo prealpino, con un minimo invernale e due massimi, rispettivamente in primavera e in autunno (Biancotti et al. 1998).



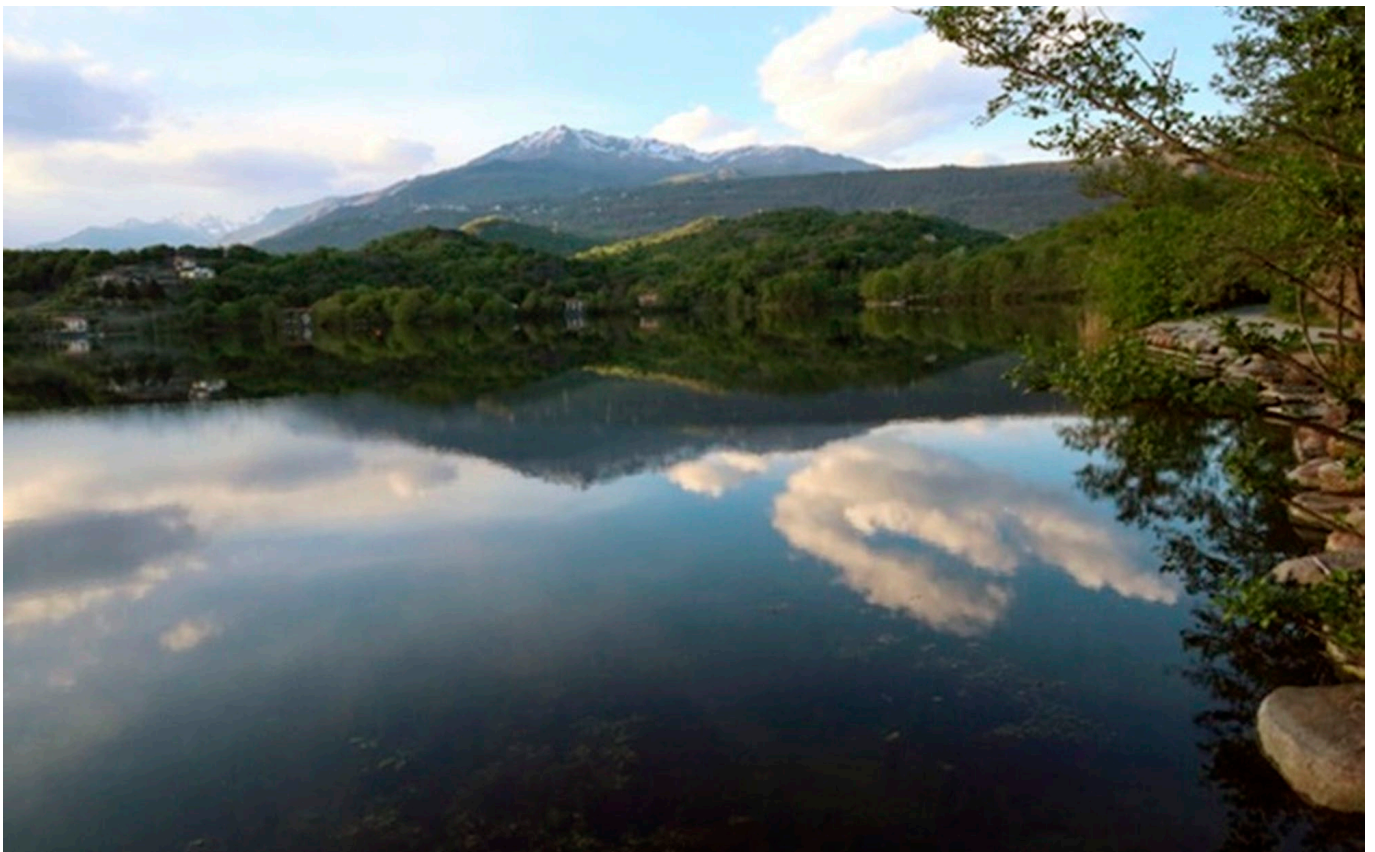
**Fig. 1** – Distribuzione dei laghi della Regione Piemonte (nero), con focus sui laghi Pistono, San Michele e Sirio (rosso), oggetto di questo studio. / **Fig. 1** – Distribution of Piedmont lakes region (black), with a focus on lakes Pistono, San Michele and Sirio (red), subject of study.



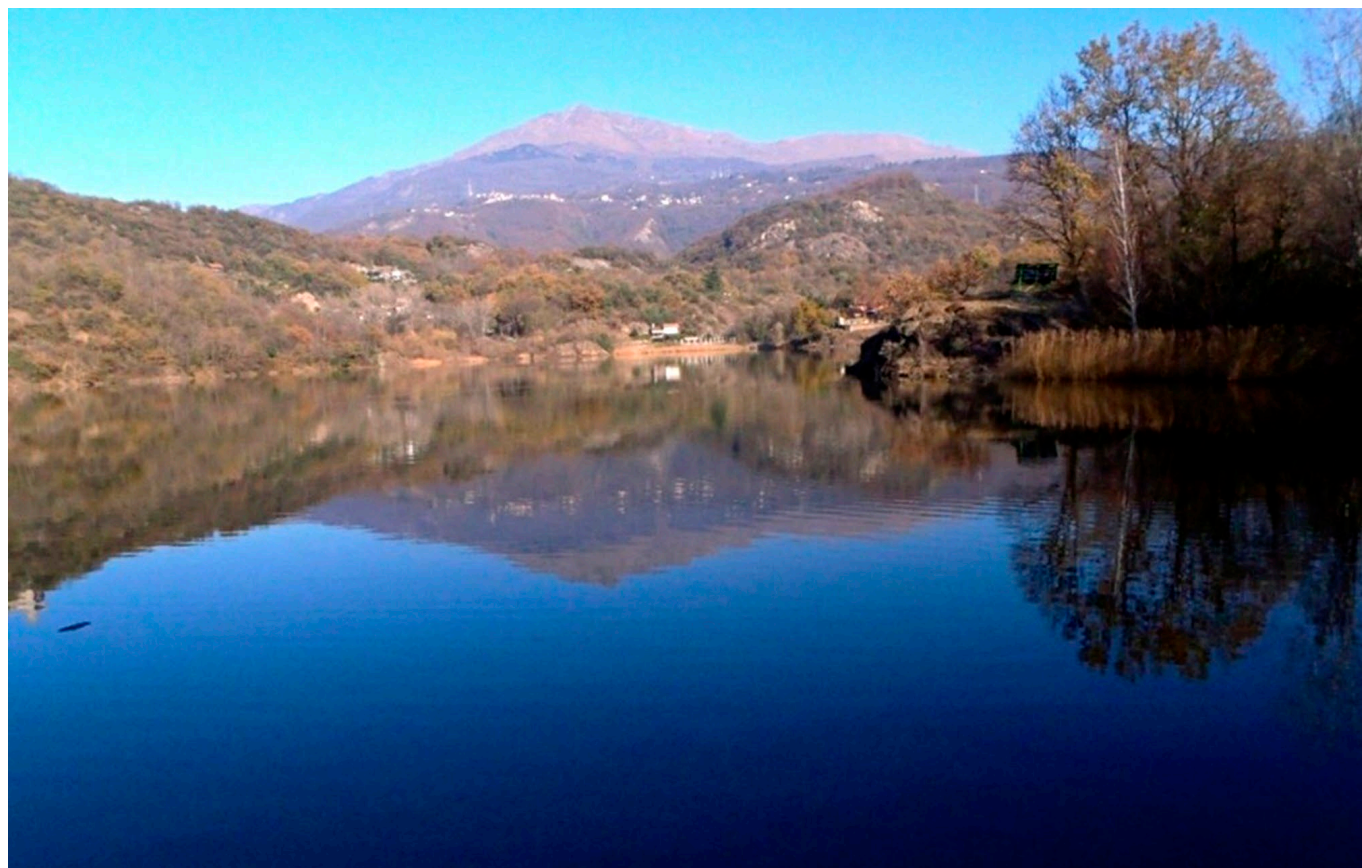
**Fig. 2** – Carta geologica relativa alla struttura ed estensione dei principali anfiteatri morenici del Piemonte (rosso) compreso l'Anfiteatro Morenico di Ivrea (modificato da Gianotti 2008). / **Fig. 2** – Geological map showing the structure and extent of the main Piedmont morainic amphitheaters (red), including the Ivrea Morainic Amphitheatre (modified from Gianotti 2008).



**Fig. 3** – Lago San Michele: sponda caratterizzata da *Phragmites australis*. / **Fig. 3** – Lake San Michele, shoreline characterised by *Phragmites australis*.



**Fig. 4** – Panoramica del Lago Sirio. / **Fig. 4** – A view of Lake Sirio.



**Fig. 5** – Lago Pistono, con sponda caratterizzata da presenza di canneti. / **Fig. 5** – Lake Pistono, shores characterised by the presence of reeds.

**Tab. 1** – Principali caratteristiche morfometriche dei tre laghi. / **Tab. 1** – Main morphometric characteristics of the three lakes.

Lago	Quota (m s.l.m.)	Lat N DMS	Long E DMS	Area (km <sup>2</sup> )	Profondità (m)
Pistono	280	45°29'34.8"	07°52'28.2"	0,12	16
San Michele	238	45°28'37.9"	07°53'16.8"	0,07	19
Sirio	266	45°29'13.2"	07°53'02.4"	0,29	46

I laghi Pistono, San Michele e Sirio si collocano a quote inferiori ai 300 m s.l.m. Si tratta di bacini di dimensioni ridotte (Tab. 1) che rappresentano tuttavia importanti mete turistiche e ricreative, sfruttate dall'uomo fin dai primi anni del '900 (Minuzzo et al. 2005; Beltramo et al. 2021).

Il Lago San Michele (Fig. 3) è caratterizzato da sponde rocciose e debolmente pendenti (Tisi et al. 2007), con presenza di boschi ad *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn e *Salix cinerea* L., mentre i popolamenti ripari sono prevalentemente costituiti da *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. o da *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla. In corrispondenza dell'emissario sono presenti idrofite sommerse (*Potamogeton crispus* L. (Minuzzo et al. 2005; Tisi et al. 2007).

Il Lago Sirio (Fig. 4) è circondato prevalentemente da sponde rocciose (Mori 1994) con boschi prevalentemente costituiti da *Salix cinerea* e *Alnus glutinosa*, mentre le idrofite sono caratterizzate da *Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris* e dall'invasiva *Myriophyllum spicatum* L. (Minuzzo et al. 2005; Tisi et al. 2007). Il lago non presenta immissari ed ha un canale di scarico artificiale costruito per regolare stagionalmente il livello dell'acqua (Perrone et al. 2008).

Il Lago Pistono (Fig. 5) è caratterizzato da boschi igrofilii a *Salix cinerea* ed estesi ontaneti paludosi (*Alnion glutinosae*), mentre tra le idrofite troviamo *Cyperus glomeratus* L. e *C. flave-*

*scentis* L. (Tisi et al. 2007). Il lago risulta essere alimentato ad est dal Rio Montesino e ad ovest da un canale artificiale (Città Metropolitana di Torino 2019).

### Materiali e metodi

Le attività di campo sono state condotte seguendo e adattando le metodologie messe a punto da Boggero et al. (2025) a laghi di piccole dimensioni. In ciascun lago è stata effettuata un'osservazione preliminare delle sponde per valutarne le caratteristiche ambientali (vegetazione riparia e sommersa, tipologia di substrato, tracce di gamberi). Nei siti più idonei sono state successivamente collocate 13 nasse cilindriche a doppia entrata (30 × 60 cm), poste a circa 2 m l'una dall'altra, e innescate con 20 g di cibo per gatti (Fig. 6). Le nasse, posizionate nel tardo pomeriggio e recuperate la mattina successiva dopo almeno 12 ore, hanno consentito di sfruttare l'attività notturna dei gamberi, ridurre il cannibalismo e permettere la liberazione di eventuali specie native vive (e.g. pesci, anfibi, rettili). In ciascun lago sono stati scelti due siti di campionamento lungo le sponde corrispondenti ai due habitat selezionati: spiaggia e canneto. Per valutare se esistano delle differenze statisticamente significative tra le catture effettuate nei due habitat selezionati sono stati utilizzati rispettivamente il Modello Lineare Generale Misto (GLMM)



**Fig. 6** – Nasse disposte in serie utilizzate per la cattura di gamberi invasivi (Foto di C. Croci). / **Fig. 6** – Series of interconnected traps used for capturing invasive crayfish (Photo by C. Croci).

(Bolker et al. 2009) e il Mann-Whitney U test tramite l'utilizzo di R (Versione 4.5.3, pacchetto *glimm*). I gamberi non nativi catturati sono stati identificati morfologicamente seguendo i caratteri diagnostici descritti da Souty-Grosset et al. (2006) e Kamburska et al. (2024), contati, divisi in sessi e trasferiti al laboratorio del Bentos del CNR-IRSA di Verbania-Pallanza. L'abbondanza è stata espressa come *Catch Per Unit Effort* (CPUE), calcolata come numero medio di individui per singola nassa per sito per giorno (Boggero et al. 2023). Contestualmente, sono stati raccolti campioni d'acqua (1 L a 0,1–0,5 m di profondità) presso l'emissario o lungo il litorale per effettuare le analisi chimiche ed è stata registrata la temperatura con termometro digitale (Senseca Eco 121-I3 L). I campioni, conservati a bassa temperatura, sono stati analizzati nel laboratorio di Idrochimica del CNR-IRSA di Verbania-Pallanza per pH, alcalinità, conducibilità, cationi (calcio, magnesio, sodio, potassio, ammonio), anioni (solfati, nitrati, cloruri), e fosforo reattivo e totale secondo le metodologie standard per acque dolci (APAT IRSA-CNR 2003). Infine, considerato che la specie è inclusa tra le 100 specie più invasive a livello mondiale (Souty-Grosset et al. 2016; DAISIE 2025), tramite l'utilizzo di Google Scholar, Scopus e Google è stata effettuata un'approfondita ricerca bibliografica su *P. clarkii* in Regione Piemonte, inserendo parole chiave come “gambero della Louisiana”, “*Procambarus clarkii*”, “Regione Piemonte”, “Italia”, tradotte anche in lingua inglese, al fine di evidenziarne la cronologia di espansione e i temi di ricerca che vedono coinvolta la specie stessa.

## Risultati e discussione

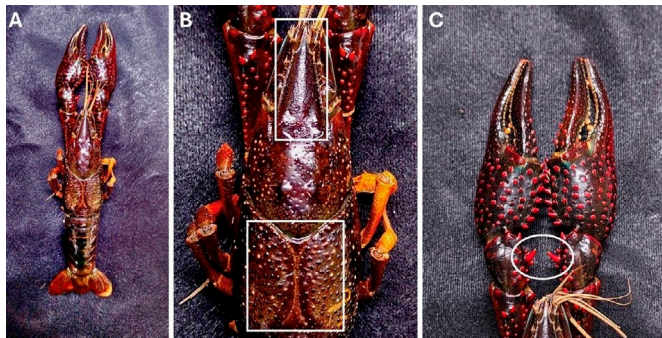
Nei laghi Pistono, San Michele e Sirio è stata catturata la specie invasiva *Procambarus clarkii* (Boggero et al. 2025). La specie è stata identificata a livello morfologico dalla presenza di un rostro con margini divergenti, da solchi branchiocardici uniti a livello della linea mediana, dalla presenza di granuli sulle chele e di una spina pronunciata sul carpo, e dalla colorazione prevalentemente rosso-brunstra del corpo (Fig. 7).

Le maggiori abbondanze della specie sono state riscontrate

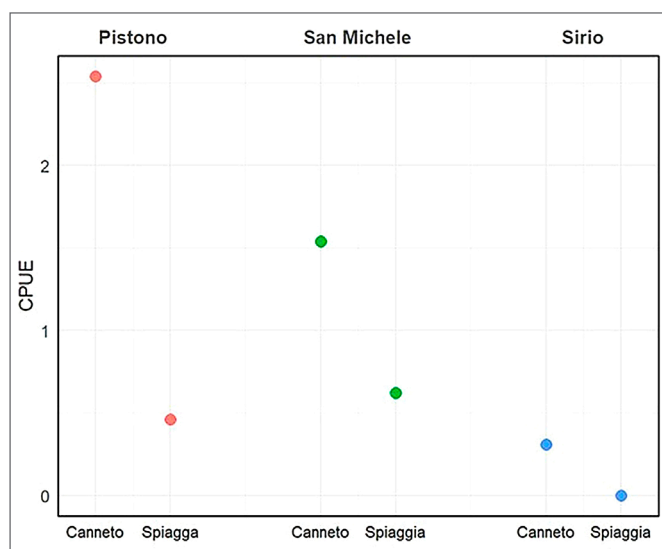
nel Lago San Michele, con 44 individui (31 maschi – M, 13 femmine – F), seguite dal Lago Pistono (39 individui: 22 M, 17 F) e infine dal Lago Sirio (4 individui: 2 M, 2 F) (Tab. 2). La presenza di minori abbondanze riscontrate nel Lago Sirio rispetto ai laghi Pistono e San Michele può essere in parte spiegata dalla presenza di forti predatori (e.g. *Silurus glanis* (Linnaeus, 1758), *Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820) e *Trachemys scripta* (Thunberg in Schoepff, 1792) che possono influenzare fortemente la presenza delle loro prede (Boggero et al. 2025).

La CPUE calcolata nei tre laghi per ogni sito di campionamento (spiaggia e canneto) ha evidenziato che le maggiori abbondanze sono esclusive degli habitat a canneto (Fig. 8), mentre le zone di spiaggia presentano sempre pochi individui. Tali risultati sono confermati dal Modello Lineare Generalizzato Misto (GLMM) che suggerisce un effetto positivo dell'habitat a canneto rispetto agli habitat a spiaggia sulle CPUE di *P. clarkii*, sebbene tale effetto non risulti statisticamente significativo ( $p = 0,192$ ). L'applicazione del Mann-Whitney U test, ribadisce l'assenza di significatività tra i dati dei due habitat ( $W = 2$ ,  $p = 0,4$ ) pur confermando la presenza di valori di CPUE tendenzialmente maggiori nei canneti. Ciò è in accordo con studi precedenti che dimostrano la preferenza della specie per questa tipologia di habitat, dovuta ad una maggiore protezione da possibili predatori e ad una maggiore abbondanza di risorse trofiche (Aquiloni et al. 2005; Donato et al. 2018).

Le principali caratteristiche chimiche dei tre laghi (Tab. 3) mostrano elevata mineralizzazione ( $>100 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), pH alcalino ( $> 7,0$ ) e alcalinità  $> 1,6 \text{ meq L}^{-1}$ . I cationi più abbondanti sono il calcio ( $>26 \text{ mg L}^{-1}$ ), seguito da magnesio, sodio e potassio. Fra gli anioni, i solfati hanno elevate concentrazioni ( $> 12 \text{ mg L}^{-1}$ ), seguiti da cloruri e nitrati. Il fosforo reattivo e totale mostrano valori quasi sempre alla soglia dei  $10 \mu\text{g L}^{-1}$ , indice di scarsa trofia (oligotrofia). Tra i tre laghi, le maggiori concentrazioni di magnesio del Lago S. Michele ( $9,52 \text{ mg L}^{-1}$ ), così come di sodio e potassio ( $11,7$  e  $1,94 \text{ mg L}^{-1}$ , rispettivamente), possono essere indicatrici di un apporto idrogeochimico locale (Gianotti 2008; Gianotti et al. 2015), mentre, più in generale, lo stesso lago, con un valore



**Fig. 7** – Principali caratteri diagnostici di *Procambarus clarkii*. A) Colorazione bruno-rossastra del corpo; B) Rostro con margini divergenti (in alto) e solchi branchiocardici uniti (in basso); C) Presenza di granuli sulle chele e spina sul carpo (Foto: M. Orlandi). / **Fig. 7** – Key diagnostic features of *Procambarus clarkii*. A) Reddish-brown body colour; B) Rostrum with divergent margins (top) and fused branchial grooves (bottom); C) Presence of granules on the claws and of a spine on the carpus (Photo by M. Orlandi).



**Fig. 8** – CPUE calcolate per ogni sito di campionamento (habitat canneto e spiaggia) nei laghi oggetto di studio. / **Fig. 8** – CPUE values calculated for each sampling site (reedbed and beach habitats) in the lakes under study.

di fosforo totale pari a  $21 \mu\text{g L}^{-1}$ , si conferma mesotrofico, in accordo con i dettami dell'Organisation for Economic Co-operation and Development (O.E.C.D. 1982) e con studi precedenti (Minuzzo et al. 2005; Tisi et al. 2007; Sindaco et al. 2014).

### Sintesi degli studi dedicati a *Procambarus clarkii* in Piemonte

In merito alla ricerca bibliografica effettuata, in totale, sono state raccolti 22 documenti suddivisi fra pubblicazioni scientifiche, report, datasets e tesi di laurea (Tab. 4).

La prima pubblicazione in ordine cronologico risale al 1992 (Delmastro 1992) quando la specie è stata segnalata per la prima volta in Piemonte. Le rimanenti pubblicazioni (17 pubblicazioni, 77% del totale) sono relative alla distribuzione della specie sul territorio (Tab. 4) incluse quelle sulle prime segnalazioni in diverse tipologie di ambienti d'acqua dolce. Due studi più recenti (9%) si sono occupati di accumulo di microplastiche e metalli pesanti in *P. clarkii* con analisi effettuate nelle popolazioni dei laghi di Avigliana (Lago Grande) e Maggiore (Pastorino et al. 2025; Cesarini et al. 2025). Infine, un ulteriore 5% degli studi è dedicato

**Tab. 2** – Numero totale di individui di *Procambarus clarkii* catturati nei laghi oggetto di studio. N = numero di individui catturati; M = Maschi, F = Femmine, M:F = rapporto sessi; T = Temperatura media dell'acqua ( $^{\circ}\text{C}$ ) (laghi Pistono e San Michele: dati di luglio 2025; Lago Sirio: settembre 2025). / **Tab. 2** – Total number of *Procambarus clarkii* individuals caught in the lakes under investigation. N = number of caught individuals; M = males, F = females, M:F = sex ratio; T = average water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) (lakes Pistono and San Michele: July 2025 data; Lake Sirio: September 2025 data).

Lago	N	M:F	CPUE Media	T $^{\circ}\text{C}$ media
Pistono	39	1,29	1,50	28,25
San Michele	44	2,38	1,10	29,45
Sirio	4	1,00	0,10	25,37

**Tab. 3** – Principali parametri chimici caratterizzanti i laghi oggetto di studio (prelievo: ottobre 2025). / **Tab. 3** – Main chemical parameters characterising the lakes under study (sampling: October 2025).

Variabile	Pistono	S. Michele	Sirio
pH	8,93	8,82	7,93
Conducibilità ( $\mu\text{S cm}^{-1} 20^{\circ}\text{C}$ )	177	236	200
Alcalinità ( $\text{meq L}^{-1}$ )	1,69	1,78	1,71
Calcio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	26,20	26,40	27,70
Magnesio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	6,87	9,52	6,80
Sodio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4,29	11,70	6,20
Potassio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,91	1,94	1,50
Ammonio ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	22	59	21
Cloruri ( $\text{mg L}^{-1}$ )	5,20	17,30	11,00
Solfati ( $\text{mg L}^{-1}$ )	21,40	12,40	12,20
Nitrati ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,06	0,04	0,02
Fosforo reattivo ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	2	8	3
Fosforo totale ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	11	21	8

al ritrovamento nel Lago d'Orta di un morfotipo di *P. clarkii* mai segnalato prima (Kamburska et al. 2024), e un altro 5% alla filogenesi della specie tramite confronto genetico di 6 popolazioni provenienti da ecosistemi diversi, tra cui il Lago di Candia (Scoparo et al. 2023).

### Conclusioni

*Procambarus clarkii* è una specie emblematica delle invasioni biologiche (Pyšek et al. 2008): infatti, è la specie più frequentemente introdotta a livello globale, rappresentando da sola circa il 40% delle introduzioni tra le differenti specie di gamberi (Oficialdegui et al. 2020; Bergamino et al. 2025).

Il presente studio fornisce indicazioni sulla sua espansione nei laghi Pistono, San Michele e Sirio, nonostante la sua prima introduzione in Piemonte risalga ad oltre 30 anni fa (Delmastro 1992; Lo Parrino et al. 2025).

Inoltre, questo studio conferma l'autoecologia della specie che mostra preferenze per acque mesotrofe ed habitat a canneto, dove può nascondersi dai predatori e trovare maggiori fonti di nutrimento (Manenti et al. 2014; Donato et al. 2018).

**Tab. 4** – Pubblicazioni relative a *Procambarus clarkii* in Piemonte. \* prima segnalazione della specie. / **Tab. 4** – Publications related to *Procambarus clarkii* in Piedmont. \* First record of the species.

Tema di ricerca	Sito di campionamento	Pubblicazione
	Torrente Venesima*	Delmastro 1992
	Ambienti lotici e lentici	Delmastro 1994, 1999
	Lago di Orta*	Piscia et al. 2011a, 2011b
	Lago Candia	Donato et al. 2016
	Lago di Candia*	
	laghi di Avigliana*	
	Lago Maggiore*	Delmastro 2017
	Lago Campagna*	
	laghi Malpasso e Viverone	
<b>Distribuzione</b>	laghi Bertignano e Viverone*	Regione Piemonte 2017a, 2017b
	Lago di Candia	Donato et al. 2018
	laghi Avigliana Grande, Bertignano, Campagna, Candia, Pistono*, San Michele*, Sirio*, Maggiore, Orta, Viverone	Boggero et al. 2025
	laghi di Avigliana	Maganza et al. 2025
	Lago Maggiore	Boggero et al. 2026a
	Lago d'Orta	Boggero et al. 2026b
	laghi Avigliana Grande, Bertignano, Campagna, Candia, Pistono, San Michele, Sirio, Maggiore, Orta, Viverone	Kamburska et al. 2026a
	Lago di Mergozzo	Kamburska et al. 2026b
	laghi Pistono, San Michele, Sirio	presente studio
<b>Filogenesi</b>	Lago di Candia	Scoparo et al. 2023
<b>Morfologia</b>	Lago d'Orta	Kamburska et al. 2024
	Lago di Candia	Pastorino et al. 2023
<b>Contaminanti</b>	Lago Maggiore	Cesarini et al. 2025

I nostri risultati confermano la continua diffusione della specie e suscitano preoccupazione per i suoi potenziali impatti sulla biodiversità nativa dei laghi Pistono, San Michele e Sirio, considerati *hot-spot* di biodiversità (Minuzzo et al. 2005; Tisi et al. 2007; Sindaco et al. 2014). La specie è infatti nota per causare impatti ecologici importanti su differenti gruppi tassonomici come macrofite, macroinvertebrati, anfibi, pesci e crostacei, causando anche estinzioni locali (Loureiro et al. 2015; Souty-Grosset et al. 2016).

Nonostante le misure di protezione previste per i siti SIC dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE, il presente lavoro attesta che la specie è riuscita comunque a diffondersi e a stabilirsi nei laghi oggetto di studio, grazie alle sue elevate capacità di adattamento che lo rendono un ottimo colonizzatore di nuovi ambienti, soprattutto di quelli già sottoposti ad altre pressioni antropiche (Qing Li et al. 2022; Donato et al. 2025). Si ipotizza che la sua introduzione possa essere avvenuta tramite pesca sportiva, dato l'utilizzo della specie come esca viva (Loureiro et al. 2015; Souty-Grosset et al. 2016), anche se non si può escludere che la specie si sia diffusa attivamente da aree limitrofe (Delmastro 2017) attraverso la rete idrografica locale.

Studi precedenti (Gherardi et al. 2011; Nunes et al. 2017) hanno evidenziato come l'eradicazione completa della specie sia sostanzialmente impossibile, una volta colonizzato un nuovo ambiente. È tuttavia fondamentale limitarne la proliferazione e la diffusione attraverso interventi di contenimento continuativi e di lunga durata (superiori all'anno), basati sull'impiego combinato di metodi meccanici (nasse ed elettroscorditore) e biologici (reintroduzione di specie native predatrici). Per prevenire ulteriori rilasci in ambiente, risulta inoltre cruciale il coinvolgimento attivo delle comunità locali e delle diverse parti interessate (*stakeholders*), mediante attività di divulgazione finalizzate a promuovere la conoscenza della specie, il suo corretto riconoscimento, e la consapevolezza degli impatti esercitati sulla biodiversità nativa.

## Ringraziamenti

Si ringraziano per il supporto i Progetti CUSIO2030 (CUP B53C23000930007) e 'National Biodiversity Future Center – NBFC' finanziato nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4, Componente 2, Investimento 1.4, Bando n. 3138 del 16 dicembre 2021, rettificato dal Decreto n. 3175 del 18 dicembre 2021 del Ministero dell'Università e della Ricerca, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU (CN\_00000033; Decreto di Concessione n. 1034 del 17 giugno 2022; CUP B83C22002930006).

Marco Orlandi è finanziato dal Progetto CUSIO2030 (CUP B53C23000930007), mentre Silvia Zaupa è supportata dal Progetto "Sistema Integrato Italiano di Infrastrutture per la Ricerca Ambientale" (ITINERIS) nell'ambito del Next Generation EU PNRR – Missione 4 "Istruzione e Ricerca" – Componente 2: "Dalla ricerca all'impresa" – Investimento 3.1: "Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture per la ricerca e l'innovazione" (Avviso 3264/2021, IR0000032, CUP B53C22002150006). Si ringrazia Michela Rogora come Responsabile del Laboratorio di Idrochimica (CNR-IRSA, Verbania-Pallanza). Inoltre, è doveroso ringraziare anche altri sostenitori che ci hanno accolto a braccia aperte: la Signora Laura Morezzi dell'associazione Serra Morena APS (Associazione di Promozione Sociale - <https://www.serramorena.it/associazione/>) e la Società Canottieri Sirio (<https://www.canottierisirio.it/>) per il sostegno ricevuto durante le attività di campo e per la gentilezza sincera dimostrata. Un ringraziamento speciale va, inoltre, a Edoardo Alzate (11 anni) e Francesco Nordi (12 anni), giovanissimi aiutanti che si sono trasformati in appassionati volontari. Non dimentichiamo infine l'aiuto organizzativo di Marco Matussi e il supporto fotografico di Gianfranco Varini che hanno scoperto una nuova vocazione.

## Bibliografia

- Angeler D.G., Sánchez-Carrillo S., García G. & Alvarez-Cobelas M., 2001 – The influence of *Procambarus clarkii* (Cambaridae, Decapoda) on water quality and sediment characteristics in a Spanish floodplain wetland. *Hydrobiologia*, 464: 89-98. (<https://doi.org/10.1023/A:1013950129616>.)
- APAT IRSA-CNR., 2003 – Metodi analitici per le acque. *APAT Manuali e Linee Guida*, 1: 110 pp. Aquiloni L., Ilhéu M. & Gherardi F., 2005 – Habitat use and dispersal of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* in ephemeral water bodies of Portugal. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 38/4: 225-236. (<https://doi.org/10.1080/10236240500310195>)
- Beltramo R., Peira G. & Bonadonna A., 2021 – Creating a tourism destination through local heritage: The Stakeholders' priorities in the Canavese Area (Northwest Italy). *Land*, 10/3: 260. (<https://doi.org/10.3390/land10030260>)
- Bergamino C., Lioy S., Esposito G., Pastorino P., Prearo M. & Sicuro B., 2025 – The invasive red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in scientific literature using a text mining and topic modelling approach. *Diversity*, 17/10: 699. (<https://doi.org/10.3390/d17100699>)
- Biancotti A., Bellardone G., Bovo S., Cagnazzi B., Giacomelli L. & Marchisio C., 1998 – *Distribuzione regionale di piogge e temperatura*. Università degli Studi di Torino, 1: 80 pp.
- Boggero A., Croci C., Zanaboni A., Zaupa S., Paganelli D., Garzoli L. & Kamburska L., 2023 – New records of the spiny-cheek crayfish *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817): expansion in subalpine lakes in North-western Italy. *BiolInvasions Record*, 12/2: 445-456. (<https://doi.org/10.3391/bir.2023.12.2.09>)
- Boggero A., Garzoli L., Orlandi M., Zaupa S., & Kamburska L., 2026a – Invasive crayfish occurrence in the subalpine Lake Maggiore (NW Italy) in 2017-2018. Versione 1.12. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque. Occurrence dataset. [https://cloud.gbif.org/eca/resource?r=lm\\_invasivecrayfish\\_2017\\_2018&v=1.12](https://cloud.gbif.org/eca/resource?r=lm_invasivecrayfish_2017_2018&v=1.12). (Accesso 21 marzo 2026).
- Boggero A., Croci C., Orlandi M., Paganelli D., Zaupa S. & Kamburska L., 2026b – Invasive crayfish occurrence in the subalpine Lake Orta (NW Italy) in 2021-2022. Versione 1.16. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque. Occurrence dataset. [https://cloud.gbif.org/eca/resource?r=lakeorta\\_invasive\\_crayfish2021-2022&v=1.16](https://cloud.gbif.org/eca/resource?r=lakeorta_invasive_crayfish2021-2022&v=1.16). (Accesso 21 marzo 2026).
- Boggero A., Orlandi M., Zaupa S. & Kamburska L., 2025 – Revisiting the invasion: a success story of crayfish species in piedmont plain lakes (NW Italy). *Diversity*, 17/12: 868. (<https://doi.org/10.3390/d17120868>)
- Cesarini G., Orlandi M., Sbarberi R., Sabatino R., Magni S., Binelli A. & Boggero A., 2025 – Microplastics and invasive crayfish: emerging interactions and ecological implications from three coexisting species in a subalpine lake. *Scientific Reports*, 15: 33395. (<https://doi.org/10.1038/s41598-025-18595-6>)
- Città Metropolitana di Torino, 2019 – Parco naturale dei Cinque laghi di Ivrea. <http://www.cittametropolitana.torino.it/speciali/2019/5-laghi/>
- DAISIE European Invasive Alien Species Gateway. 2025 – *Procambarus clarkii*. <https://www.gbif.org/species/159512907> (Accesso 17 marzo 2026).
- Delmastro G.B., 1992 – Sull'acclimatazione del gambero della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) nelle acque dolci italiane (Crustacea: Decapoda: Cambaridae). *Pianura*, 4: 5-10.
- Delmastro G.B., 1994 – Il gambero della Louisiana, un nuovo abitatore delle nostre acque. *Il Notiziario, Pro Natura Carmagnola*, 19 pp.
- Delmastro G.B., 1999 – 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). *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 20: 65-92.
- Delmastro G.B., 2017 – Il gambero della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in Piemonte: nuove osservazioni su distribuzione, biologia, impatto e utilizzo (Crustacea: Decapoda: Cambaridae). *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 38: 61-129.
- Donato R., 2016 – Life history e struttura di popolazione di *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea, Cambaridae) nel Parco Naturale del Lago di Candia (TO). Tesi di laurea magistrale, 122 pp.
- Donato R., Rollandin M., Favaro L., Ferrarese A., Pessani D. & Ghia D., 2018 – Habitat use and population structure of the invasive red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in a protected area in northern Italy. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, 419: 12. (<https://doi.org/10.1051/kmae/2018002>)
- Galil B.S., 2008 – Alien species in the Mediterranean Sea—which, when, where, why? *Hydrobiologia*, 606: 105-116. (<https://doi.org/10.1007/s10750-008-9342-z>)
- Gherardi F., 2007 – *Understanding the impact of invasive crayfish. Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats*, Dordrecht: Springer Netherlands: 507-542. ([https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6029-8\\_28](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6029-8_28))
- Gherardi F., Aquiloni L., Diéguez-Uribeondo J. & Tricarico E., 2011 – Managing invasive crayfish: is there a hope? *Aquatic Sciences*, 73: 185-200. (<https://doi.org/10.1007/s00027-011-0181-z>)
- Gianotti F., 2008 – L'Anfiteatro Morenico di Ivrea. *Nimbus*, 80: 142 pp.
- Gianotti F., Forno M.G., Susan I.O., Monegato G., Pini R. & Ravazzi C., 2015 – Stratigraphy of the Ivrea Morainic Amphitheatre (NW Italy). An updated synthesis. *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 28/1: 29-58.
- Hänfling B., Edwards F. & Gherardi F., 2011 – Invasive alien Crustacea: dispersal, establishment, impact and control. *BioControl*, 56: 573-595. (<https://doi.org/10.1007/s10526-011-9380-8>)
- Holdich D.M., Reynolds J.D., Souty-Grosset C. & Sibley P.J., 2009 – A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and management of aquatic ecosystems*, 11: 394-395. (<https://doi.org/10.1051/kmae/2009025>)
- IPBES, 2023 – *Thematic Assessment Report on invasive alien species and their control of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services*. In: Roy H.E., Pauchard A., Stoett P. & Renard Truong T. (eds), IPBES secretariat. Bonn, Germany: 952 pp.
- Kamburska L., Sabatino R., Schiavetta D., De Santis V., Ferrari E., Mor J.R., Zaupa S., Garzoli L. & Boggero A., 2024 – A new misleading colour morph: is Marmorkebs the only "marbled" crayfish?. *BiolInvasions Records*, 13/4: 949-961. (<https://doi.org/10.3391/bir.2024.13.4.09>)
- Kamburska L., Orlandi M., Zaupa S. & Boggero A., 2026a – Invasive crayfish occurrence in Piedmont plain lakes (NW Italy). Version 1.8. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque. Occurrence dataset. <https://doi.org/10.15468/knwy9>. (Accesso 21 marzo 2026)
- Kamburska L., Croci C., Orlandi M., Paganelli D., Zaupa S., Boggero A., 2026b – Occurrence of invasive *Faxonius limosus* in the subalpine Lake Mergozzo (NW-Italy) in 2021-2022. Versione 1.10. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque. Occurrence dataset. <https://doi.org/10.15468/f4jv5n>. (Accesso 21 marzo 2026)
- Lo Parrino E., Ficetola G.F., Manenti R., & Falaschi M., 2020 – Thirty years of invasion: the distribution of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* in Italy. *Biogeographia—The Journal of Integrative Biogeography*, 35: 43-50. (<https://doi.org/10.21426/B635047157>)
- Loureiro T.G., Anastácio P.M.S.G., Araujo P.B., Souty-Grosset C. & Almerão M.P., – 2015. Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion- an overview. *Nauplius*, 23/1: 1-19. (<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-64972014002214>)

- 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. *Hydrobiologia*, 703: 33-45. (<https://doi.org/10.1007/s10750-012-1335-2>)
- Maganza A., Gabetti A., Mossotto C., Pastorino P., Esposito G., Di Nicola M.R. & Prearo M., 2025 – Assessing the distribution and habitat suitability of *Austropotamobius pallipes* complex in proximity of invasive *Procambarus clarkii* in the Avigliana Lakes (northwest Italy): an integrated approach to ecosystem health and conservation. *Aquatic Sciences*, 87: 50. (<https://doi.org/10.1007/s00027-025-01175-1>)
- Mancinelli G., Chainho P., Cilenti L., Falco S., Kapiris K., Katselis G. & Ribeiro F., 2017 – The Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* in southern European coastal waters: Distribution, impact and prospective invasion management strategies. *Marine Pollution Bulletin*, 119/1: 5-11. (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.050>)
- Manenti R., Bonelli M., Scaccini D., Binda A. & Zugnoni A. 2014 – *Austropotamobius pallipes* reduction vs. *Procambarus clarkii* spreading: management implications. *Journal for Nature Conservation*, 22/6: 586-591. (<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.09.001>)
- Minuzzo C., Tisi, A., Caramiello R. & Siniscalco C., 2005 – Flora acquatica e palustre della zona dei “Cinque Laghi” di Ivrea. *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 26: 41-71.
- Mori D., 1994 – Indagine idrologica relativa al bacino del Lago Sirio. Regione Piemonte, Provincia di Torino.
- Nunes A.L., Hoffman A.C., Zengeya T.A., Measey G.J. & Weyl O.L., 2017 – Red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, found in South Africa 22 years after attempted eradication. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27/6: 1334-1340. (<https://doi.org/10.1002/aqc.2741>)
- O.E.C.D., 1982 – *Eutrophication of waters. monitoring, assessment and control*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris: 154 pp.
- Oficialdegui F.J., Sánchez M.I. & Clavero M., 2020 – One century away from home: how the red swamp crayfish took over the world. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30: 121-135. (<https://doi.org/10.1007/s11160-020-09594-z>)
- Ogden N.H., Wilson J.R., Richardson D.M., Hui C., Davies S.J., Kumschick S. & Pulliam J.R., 2019 – Emerging infectious diseases and biological invasions: a call for a One Health collaboration in science and management. *Royal Society Open Science*, 6/3: 181577. (<https://doi.org/10.1098/rsos.181577>)
- Pastorino P., Anselmi S., Zanolì A., Esposito G., Bondavalli F., Dondo A., Pucci A., Pizzul E., Faggio C., Barceló D., Renzi M. & Prearo M., 2023 – The invasive red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) as a bioindicator of microplastic pollution: Insights from Lake Candia (northwestern Italy). *Ecological Indicators*, 150: 110200. (<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110200>)
- Pastorino P., Maganza A., Mossotto C., Anselmi S., Provenza F., Gabetti A., Esposito G., Faggio C., Elia A.C., Renzi M. & Prearo M., 2025 – Gadolinium exposure in *Procambarus clarkii*: tissue-specific bioaccumulation and oxidative stress responses. *Emerging Contaminants*, 11/3: 100544. (<https://doi.org/10.1016/j.emcon.2025.100544>)
- Pearson D.E., 2024 – *Biological Invasions: An overview*. In: Scheiner, S.M. (ed), *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press, US: 667-679. (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822562-2.00037-2>)
- Perrone U., Facchinelli A. & Sacchi E., 2008 – Phosphorus dynamics in a small eutrophic Italian lake. *Water, Air, and Soil Pollution*, 189: 335-351. (<https://doi.org/10.1007/s11270-007-9551-5>)
- Piscia R., Volta P., Boggero A. & Manca M., 2011a – The invasion of Lake Orta (Italy) by the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852): a new threat to an unstable environment. *Aquatic Invasions*, 6/1 : 45-48. (<https://doi.org/10.3391/ai.2011.6.S1.010>)
- Piscia R., Volta P., Boggero A. & Manca M., 2011b – Segnalazione di *Procambarus clarkii* (Girard 1852), una specie aliena invasiva, nel Lago d'Orta (Piemonte). *Biologia Ambientale*, 25/1: 71-7.
- Pyšek, P., Richardson D.M., Pergl J., Jarošík V., Sixtová Z. & Weber E., 2008 – Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 23: 237-244. (<https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.02.002>)
- Qing L., He B. & Chen Y., 2022 – Factors inducing the crayfish *Procambarus clarkii* invasion and loss of diversity in Caohai wetland. *Inland Water Biology*, 15: 446-457. (<https://doi.org/10.1134/S199508292204040X>)
- Regione Piemonte, 2017a – Piano di gestione: zona speciale di conservazione IT1130004 – Lago di Bertignano e Stagni di Roppolo, 191 pp.
- Regione Piemonte, 2017b – Piano di gestione: zona speciale di conservazione e zona di protezione speciale IT1110020 – Lago di Viverone, 184 pp.
- Scoparo M., Cardinali I., La Porta G., Caldaroni B., Magara G., Dörr A.J.M., Elia A.C. & Lancioni H., 2023 – Phylogenetic Diversity of the Red Swamp Crayfish *Procambarus clarkii* and Its Dispersal Pattern in Northern and Central Italy. *Biology*, 12/2: 313. (<https://doi.org/10.3390/biology12020313>)
- Seebens H., Blackburn T.M., Dyer E. E., Genovesi P., Hulme P.E., Jeschke J.M., Pagad S., Pyšek P., Winter M., Arianoutsou M., Bacher S., Blasius B., Brundu G., Capinha C., Celesti-Gapow L., Dawson W., Dullinger S., Fuentes N., Jäger H., Kartes J., Kenis M., Kreft H., Kühn I., Lenzner B., Liebhold A., Mosena A., Moser D., Nishino M., Pearman D., Pergl J., Rabitsch W., Rojas-Sandoval J., Roques A., Rorke S., Rossinelli S., Roy H.E., Scalera R., Schindler S., Štajerová K., Tokarska-Guzik B., van Kleunen M., Walker K., Weigelt P., Yamanaka T. & Essl F., 2017 – No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, 8: 14435. (<https://doi.org/10.1038/ncomms14435>)
- Sindaco R., Grieco C., Riservato E. & Rege, G., 2014 – Le libellule (Insecta: Odonata) dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea (Piemonte). *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 35: 109-138.
- Soto I., Ahmed D.A., Beidas A., Oficialdegui, F.J., Tricarico E., Angeller D.G. & Haubrock, P.J., 2023 – Long-term trends in crayfish invasions across European rivers. *Science of the Total Environment*, 867: 161537. (<https://doi.org/10.1051/kmae/2009025>)
- Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noël P.Y., Reynolds J.D. & Haffner P., 2006 – *Atlas of Crayfish in Europe*. Publications Scientifiques du Museum national d'Histoire naturelle, Paris, France. Patrimoines Naturels, 64: 187 pp.
- Souty-Grosset C., Anastácio 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. *Limnologica*, 58: 78-93. (<https://doi.org/10.1016/j.limno.2016.03.003>)
- Tisi A., Minuzzo C., Siniscalco M.C., & Caramiello R.A., 2007– La vegetazione acquatica e palustre della zona dei “Cinque Laghi” di Ivrea. *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 28: 87-126.
- Wacker A. & Harzsch S., 2021 – Crustaceans in a changing world. *Zoology*, 146: 125921. (<https://doi.org/10.1016/j.zool.2021.125921>)

