



Raccolta dati e validazione a livello locale della metodologia MesoHABSIM (Mesohabitat Simulation Model) in alcuni elementi della rete ecologica regionale della Liguria

Settembre 2022



**POLITECNICO
DI TORINO**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture



**POLITECNICO
DI TORINO**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

A cura di:

Paolo Vezza¹, Giovanni Negro¹, Simone Forte¹, Beatrice Pinna¹, Alessandro Guglielmetto¹, Alessandro Candiott¹

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino

Indice

Premessa	1
1. Principi base della modellazione dell'habitat a meso-scala	2
2. Descrizione dell'habitat fisico per le specie di interesse	3
3. Dati di distribuzione della fauna ittica alla scala del mesohabitat	13
4. La modellazione statistica della distribuzione di specie	16
5. Validazione dei modelli di distribuzione di specie	18
Bibliografia	20

[Allegato 1: Formulario standard per l'inserimento dei dati nell'Osservatorio Ligure della Biodiversità \(Li.Bi.Oss.\).](#)

[Allegato 2: Autorizzazione per campionamenti ittologici con elettrostorditore.](#)

Premessa

La presente relazione descrive la raccolta dati di campo per l'applicazione e la validazione della metodologia MesoHABSIM (Mesohabitat Simulation Model) proposta in letteratura dal Prof. Piotr Parasiewicz (Parasiewicz 2001, 2007) all'interno del territorio della Regione Liguria (Province di Imperia e Savona). Tale metodologia di modellazione è stata sviluppata da un team di ricercatori a livello internazionale (Parasiewicz et al. 2013a, Vezza et al. 2015, Koutrakis et al. 2018, Adamczyk et al. 2019) e viene di seguito utilizzata per valutare le preferenze di habitat della fauna ittica. Le analisi sono state eseguite nei corsi d'acqua Agaggio, Bevera, Carpasina, Giara di Rezzo, Neva, Pennavaire, Roia, San Romolo, Tanarello e Tanaro mentre le specie di interesse per il presente studio sono state il gambero di fiume (*Austropotamobius pallipes*), il barbo canino (*Barbus caninus*), lo scazzone (*Cottus gobio*), la trota (*Salmo sp*) e il vairone italico (*Telestes muticellus*). In merito alla presenza del barbo nei torrenti Roia e Bevera, si precisa che sono in corso accertamenti se le popolazioni locali possono essere afferenti alla specie barbo mediterraneo (*Barbus meridionalis*). Per il presente studio si indicherà con *Barbus sp.* il modello di distribuzione di specie ottenuto con i dati delle popolazioni di barbo del torrente Roia e del Torrente Bevera, le quali possono essere riconducibili a barbo mediterraneo (*Barbus meridionalis*).

Per quanto riguarda la trota (*Salmo sp*), i modelli relativi agli stadi vitali adulto e giovane utilizzati nel processo di validazione hanno tenuto conto delle osservazioni ottenute dall'analisi di campo sia in merito agli esemplari di trota fario (*Salmo trutta*) che di trota macrostigma (*Salmo cettii*), assieme agli esemplari derivanti da una eventuale ibridazione. Le analisi sono state eseguite grazie al contributo del Progetto PITEM ALCOTRA BIODIV'ALP (progetto BIODIV CONNECT). Si riporta inoltre che il modello MesoHABSIM è già stata applicata e validata con successo nella Regione Piemonte (torrenti Belbo, Chisola, Ghiandone, Orco, Pellice, Sangone) nel contesto dello stesso Progetto PITEM ALCOTRA BIODIV'ALP (progetti COBIODIV e GEBIODIV). L'ulteriore applicazione nel territorio Ligure permetterà di aumentare le sinergie tra i partners al fine di ottenere una metodica condivisa e validata sul territorio di elezione del progetto.

In Italia, la metodologia MesoHABSIM è stata adattata al contesto nazionale da Vezza et al. (2012a, 2012b, 2014a) e si inserisce nel più ampio sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua IDRAIM (Rinaldi et al. 2014) proposto dall'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA). In particolare, la metodologia MesoHABSIM è stata integrata con il Sistema di rilevamento e Classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM), pubblicato come "Manuali e linee guida ISPRA" N° 132/2016 (Rinaldi et al. 2016).

La metodologia qui descritta è in accordo con quanto riportato nelle linee guida in tema di "ecological flows" dell'Unione Europea ("Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive", Common Implementation Strategy - CIS- Guidance Document n° 31, European Commission 2015), in cui viene citata come strumento atto allo studio della variabilità spazio-temporale degli habitat fluviali disponibili per la fauna in funzione della portata defluente e della morfologia del corso d'acqua.

Il quadro normativo di riferimento della metodologia MesoHABSIM è quindi quello relativo al monitoraggio e alla valutazione idromorfologica ed ecologica dei corsi d'acqua previsti dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE) e dalle norme nazionali di recepimento, inclusi i più recenti decreti direttoriali MATTM recanti criteri per il rilascio di concessioni per derivazioni idriche e determinazione dei deflussi ecologici (DD 29/STA e DD 30/STA del 13/02/2017), nonché alla definizione e monitoraggio dell'efficacia delle misure di mitigazione degli impatti sui corsi d'acqua ai fini della pianificazione integrata prevista dalle Direttive 2000/60/CE e 2007/60/CE, e del monitoraggio degli habitat e delle specie di particolare interesse conservazionistico previsti dalla Direttiva Habitat (Direttiva 1992/43/CE).

La presente relazione si compone di cinque capitoli riguardanti (1) i principi base della metodologia, (2) la descrizione dell'habitat fisico per le specie di interesse, (3) i dati di distribuzione della fauna ittica alla scala del mesohabitat, (4) la modellazione statistica della distribuzione di specie, (5) la validazione dei modelli di distribuzione di specie.

1. Principi base della modellazione dell'habitat a meso-scala

La metodologia MesoHABSIM (MesoHabitat Simulation Model, Parasiewicz et al. 2013a, Vezza et al. 2014b) è un sistema di modellazione fisica dell'habitat fluviale che consente di quantificare la variazione spazio-temporale di un parametro ecologico target (ad es., assenza/presenza/abbondanza di una specie target o una comunità) in funzione della portata transitante in alveo e della morfologia locale del corso d'acqua. La modellazione fisica dell'habitat fluviale è quindi applicata a partire dalla quantificazione di parametri idromorfologici, quali la velocità della corrente, la profondità dell'acqua, il substrato, la geometria dell'alveo, la presenza di zone di rifugio per la fauna (Maddock et al. 2013). Alla descrizione del sistema fisico vengono associati dei criteri di idoneità di habitat (o modelli di distribuzione di specie) per la comunità che si vuole analizzare e quantificata la disponibilità spazio-temporale di habitat.

I modelli di habitat si dividono principalmente in funzione della propria risoluzione spaziale. Esistono infatti modelli a scala di microhabitat (come ad es., PHABSIM, Bovee 1982; o CASiMiR, Jorde et al. 2001), dove le preferenze e la distribuzione di singole specie vengono definite in base a variabili idrauliche (ad es., profondità e velocità della corrente in un punto del corso d'acqua); e i modelli di idoneità d'habitat alla meso-scala, come il MesoHABSIM, che descrivono l'utilizzo di unità spaziali (mesohabitat) da parte della comunità target in funzione di un più ampio numero di variabili ambientali (vedasi ad es., Parasiewicz, 2001, 2007; Vezza et al., 2014a, 2015a).

Nei corsi d'acqua naturali, i mesohabitat corrispondono generalmente per estensione alle unità morfologiche (ad es., *pool*, *riffle*, *rapid*) o alle unità idrauliche (porzioni di corso d'acqua caratterizzate da condizioni di flusso di superficie e da substrato omogenei, Rinaldi et al. 2016), ed hanno una dimensione longitudinale dello stesso ordine di grandezza della larghezza dell'alveo in corsi d'acqua a canale singolo, mentre in corsi d'acqua a morfologia transizionale (*wandering*) o a canali intrecciati, essa è dell'ordine di grandezza della larghezza del canale di magra (Rinaldi et al., 2016). Complessivamente, la dimensione dei mesohabitat può coprire un intervallo compreso fra 10^{-1} e 10^3 m (Bain and Knight 1996, Kemp et al. 1999, Hauer et al. 2011, Parasiewicz et al. 2013b). Le unità spaziali ancora più piccole (unità sedimentarie e/o vegetazionali o elementi fluviali), come per esempio delle piccole zone di sedimento fine (ad es., sabbia) in mezzo a clasti di grandi dimensioni (ad es., massi), corrispondono invece alla scala del microhabitat (di dimensioni in media di 10 cm, Rinaldi et al. 2016).

Le caratteristiche fisiche di un insieme di microhabitat possono quindi essere usate per descrivere le distribuzioni di frequenza delle variabili ambientali di un mesohabitat. Mesohabitat e microhabitat rispondono infatti a fattori di controllo spaziali e temporali specifici e sono differentemente legati alle diverse componenti morfologiche e biologiche di un corso d'acqua.

La scala del mesohabitat o dell'unità idromorfologica è riconosciuta come la componente spaziale del sistema fiume che determina la presenza e diversità degli habitat fisici intesi in senso lato (ovvero non strettamente riferiti alla sola presenza di un particolare organismo, stadio vitale o specie). In alcuni studi i mesohabitat sono infatti anche chiamati habitat funzionali o biotopi (Kemp et al. 1999, Petts 2009); porzioni di corso d'acqua legate al ciclo vitale di diverse comunità allo stesso tempo (come per esempio la fauna ittica, Gosselin et al. 2012, Wilkes et al. 2016). Pertanto, in ecologia fluviale si ritiene che questa scala spaziale sia utile e rappresentativa per stabilire relazioni tra elementi fisici e biologici di un sistema fluviale.

La metodologia MesoHABSIM opera attraverso l'analisi multi-temporale del cosiddetto mosaico di unità morfologiche ed idrauliche (anche denominate meso-habitat), descrivendo la disponibilità dell'habitat fisico per le specie o la comunità di interesse. Ad oggi, la metodologia conta oltre 150 applicazioni all'interno del territorio Italiano e può essere applicata utilizzando il software di modellazione SimStream messo a disposizione da ISPRA (Manuali e Linee Guida ISPRA 154/2017, Vezza et al., 2017).

Per la stima o quantificazione della disponibilità di habitat per la fauna ittica in funzione della portata defluente e delle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua, la metodologia MesoHABSIM prevede l'utilizzo di modelli biologici di idoneità di habitat (o distribuzione di specie). L'habitat disponibile è quindi utilizzato come un *proxy* in grado di collegare le condizioni idro-morfologiche del fiume alle componenti biotiche dell'ecosistema fluviale, permettendo di prevedere, con un approccio modellistico, gli effetti di una determinata alterazione idro-morfologica, anche prima che questa venga effettivamente realizzata.

I modelli biologici che stabiliscono i criteri di idoneità di habitat per le specie autoctone di interesse, sono ad oggi già disponibili all'interno del software SimStream, utilizzato per l'applicazione della metodologia (MLG ISPRA 154/2017, Vezza et al., 2017). Tali modelli sono basati su dati biologici quantitativi raccolti in campo in condizioni di riferimento e definiscono quali siano le richieste ambientali di ogni specie target. Sebbene si possa far riferimento ai modelli previsionali disponibili nel software SimStream, nel presente studio le previsioni in termini di assenza, presenza e abbondanza di specie di tali modelli sono state ulteriormente validate tramite appositi campionamenti a scala di mesohabitat.

L'applicazione della metodologia MesoHABSIM ha quindi seguito 4 step procedurali principali:

- La descrizione dell'habitat fisico tramite caratterizzazione idro-morfologica del tratto oggetto di studio per le specie di interesse;
- La raccolta dati di distribuzione della fauna ittica;
- La modellazione statistica della distribuzione di specie;
- La validazione *in situ* dei modelli di idoneità di habitat (o distribuzione di specie) per le specie di interesse.

2. Descrizione dell'habitat fisico per le specie di interesse

La descrizione dell'habitat fisico all'interno di un corso d'acqua naturale è fondata su una struttura gerarchica di classificazione morfologica (Figura 1). In particolare, un tratto di corso d'acqua, identificato come idro-morfologicamente omogeneo, viene caratterizzato da un insieme di unità morfologiche ed idrauliche (UMI) che derivano, in termini di presenza e distribuzione spaziale, dalla tipologia morfologica del corso d'acqua.

La classificazione delle UMI è eseguita seguendo la struttura e i passi procedurali presentati nel Manuale SUM (MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. 2016) e nel Manuale MesoHABSIM (MLG ISPRA 154/2017, Vezza et al. 2017).

All'interno del Manuale SUM, di particolare interesse per l'applicazione del metodo MesoHABSIM sono le "unità di canale", che costituiscono un sotto-insieme delle "unità di alveo". Il manuale SUM indica 8 possibili tipologie di unità di canale (*pothole, cascade, rapid, riffle, step, pool, glide, sistema di dune*) le cui descrizioni (cap. 7.1.1 del Manuale SUM) forniscono una indicazione utile all'individuazione delle UMI durante il rilievo in campo (esempi in Figura 2). A queste 8 tipologie, possono affiancarsi altre unità morfologiche comprese fra le Unità Emerse delle Unità di Alveo (in particolare "vegetazione acquatica", cap. 7.1.1), le Unità di Transizione ("canale secondario" e "lago di pianura", "zona umida", cap. 7.1.2) e gli Elementi Artificiali (cap. 7.1.4). La descrizione delle 8 possibili tipologie di unità di canale è riportata anche nel Capitolo 8 del Manuale MesoHABSIM (MLG ISPRA 154/2017, Vezza et al., 2017).

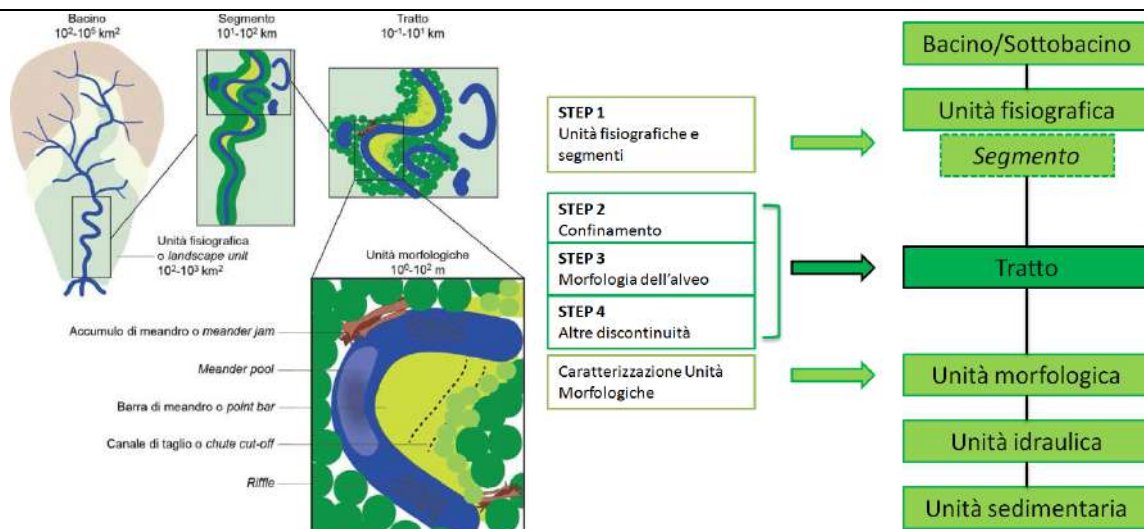


Figura 1. – (A sinistra) Esempio dell'approccio gerarchico dalla scala del bacino fino alla scala delle unità morfologiche. (A destra) Procedura per la segmentazione in tratti e unità morfologiche, idrauliche e sedimentarie subordinate (MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al., 2016).

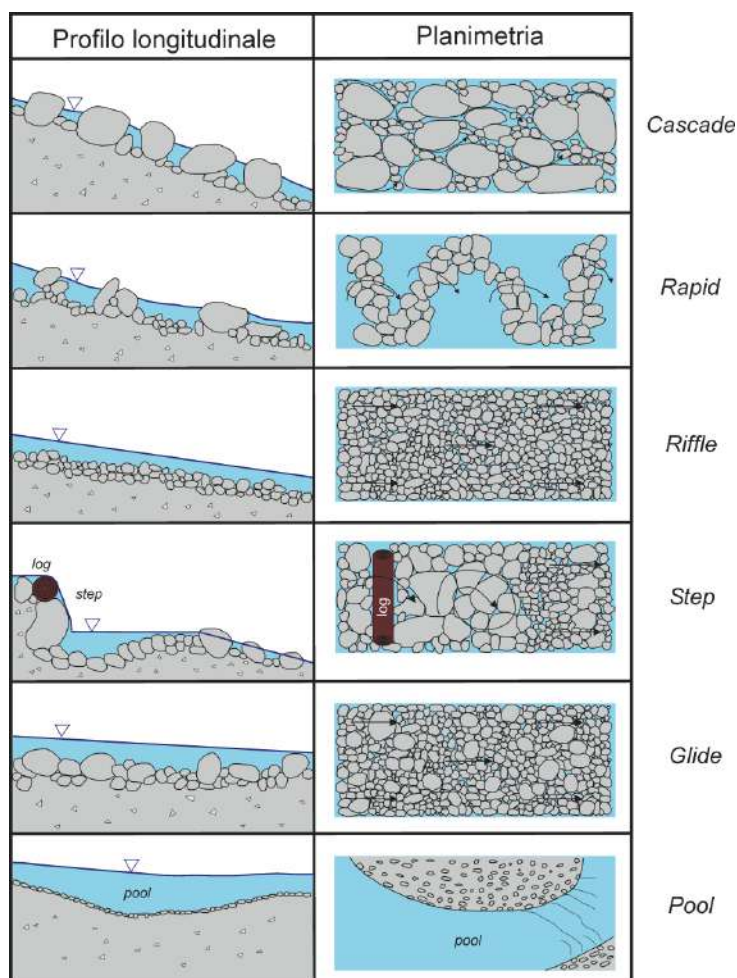


Figura 2. – Principali unità di canale in alvei alluvionali a pendenza elevata (da Rinaldi et al. 2016).

Ogni tipologia morfologica di tratto fluviale (ad es., sinuoso a canale singolo, a canali intrecciati, meandriforme, etc.), entro certi limiti, presenta un mosaico caratteristico di unità morfologiche e idrauliche, il cui assemblaggio è il risultato dei

processi che hanno generato quella determinata morfologia fluviale, in funzione delle variabili guida e delle condizioni al contorno che agiscono a più grandi scale spaziali.

Le informazioni disponibili derivanti da foto aeree, campagne di raccolta dati sul terreno e simulazioni idrauliche possono essere quindi utilizzate per caratterizzare i mesohabitat presenti all'interno del tratto fluviale di interesse.

Per l'applicazione nei corsi d'acqua oggetto di studio è stata eseguita una caratterizzazione di dettaglio di ogni tratto fluviale interessato dagli interventi di modifica morfologica. Ogni Unità Morfologica e Idraulica è stata infatti descritta da una vasta gamma di variabili ambientali attraverso la raccolta dati in campo.

I descrittori dell'habitat fisico raccolti a scala di unità morfologica e utilizzati all'interno della metodologia MesoHABSIM vengono riportati nel seguente elenco:

- Superficie planimetrica dell'alveo bagnato
- Distribuzione di frequenza della profondità dell'acqua
- Distribuzione di frequenza della velocità della corrente
- Granulometria del sedimento
- Presenza di substrati di origine biotica
- Pendenza del pelo libero
- Presenza di zone di rifugio da stress fisici o da predatori per la fauna ittica;
- Connettività longitudinale o laterale del mesohabitat.

Questo set di variabili fisiche ambientali, caratteristiche dell'habitat fluviale, è stato quindi utilizzato all'interno della metodologia MesoHABSIM per la quantificazione dell'habitat disponibile per la fauna ittica (vedasi MLG ISPRA 154/2017, Vezza et al., 2017).

Per una più completa caratterizzazione dei siti di interesse, sono stati ulteriormente acquisiti al momento dei rilievi il valore della portata liquida defluente, della temperatura dell'aria e dell'acqua, e della conducibilità elettrica dell'acqua alla scala del sotto-tratto. In Tabella 1, vengono riportate queste informazioni in funzione delle date nelle quali sono stati realizzati i rilievi nei distinti siti di interesse.

Tabella 1. Portata defluente, temperatura e conducibilità dell'acqua, e numero di UMI campionate durante i diversi rilievi realizzati nei siti di interesse.

CORSO D'ACQUA	Data del rilievo	Portata [m³/s]	Temperatura aria [°C]	Temperatura acqua [°C]	Conducibilità acqua [µS/cm]	N° UMI campionate
AGAGGIO	26/07/2022	0.004	22.3	16.9	271	15
BEVERA (MONTE)	11/3/2022	0.250	11.4	7.9	1012	10
	20/05/2022	0.170	18.7	16.1	1023	10
BEVERA (VALLE)	10/3/2022	0.150	10.4	9.2	912	8
	19/05/2022	0.105	25.7	23.9	832	10
CARPASINA	8/3/2022	0.060	6.2	4.9	349	11
	16/05/2022	0.019	18.8	13.9	338	13
GIARA DI REZZO	8/3/2022	0.087	5.2	4	258	14
	17/05/2022	0.105	21	14.4	260	8
NEVA	9/3/2022	0.250	12.7	6.2	390	11
	17/05/2022	0.135	23.2	21	369	10
PENNAVAIRE	9/3/2022	0.110	7.6	5.8	277	14
	25/07/2022	0.042	29.6	21.7	285	13
ROIA	10/3/2022	1.000	15.9	9.8	588	11
	19/05/2022	1.025	25.4	16.4	504	11
SAN ROMOLO	26/07/2022	0.001	27.2	20.7	414	15

TANARELLO	7/3/2022	0.154	5.5	3	286	18
	16/05/2022	0.840	20.8	13.3	223	8
TANARO	7/3/2022	0.200	3	1	173	13
	16/05/2022	2.380	16.6	9.8	183	12

Al fine di quantificare l'habitat disponibile per la fauna ittica, la rappresentazione del mosaico di unità morfologiche e idrauliche (UMI) è stata svolta identificando, negli alvei fluviali analizzati, la presenza di 7 principali unità morfologiche (*backwater*, *glide*, *riffle*, *rapid*, *pool*, *cascade* e *step*), in accordo ai seguenti criteri:

- **Backwater:** Aree localizzate ai margini dell'alveo, in corrispondenza di rientranze della linea di riva (ad es., a seguito di erosione) o di singoli accumuli di materiale solido o legnoso che determinano un riflusso e conseguente rallentamento della corrente prossimo ad acqua stagnante (velocità inferiori a 0.15 m/s). Durante le piene queste aree sono spesso utilizzate come zone di rifugio dalla corrente per numerosi organismi acquatici e favoriscono lo sviluppo e il mantenimento di vegetazione acquatica rispetto all'alveo centrale dove questo viene limitato, durante le piene, dall'elevata velocità e turbolenza della corrente e dal consistente trasporto solido.
- **Glide:** Unità caratterizzate da un profilo longitudinale del fondo e del pelo libero piuttosto regolare. Il pelo libero può presentarsi leggermente increspato ma si presenta generalmente parallelo al fondo dell'alveo e visivamente poco turbolento ed aerato. Le unità di tipo *glide* sono comuni in corsi d'acqua ghiaiosi di bassa pendenza, dove sono tipicamente localizzate, in condizioni di magra, a valle di *pool* o a monte di *riffle*. Le caratteristiche delle *glide* distintive rispetto ai *riffle* consistono in pendenze locali minori e da un flusso più uniforme (assenza di onde stazionarie di superficie), eccetto che in prossimità di eventuali massi emersi.
- **Riffle:** Unità caratterizzate da flusso più veloce rispetto a unità contigue come le *glide* o i *backwater*, composte da sedimento anche grossolano che raramente emergono dall'acqua. Le differenze di profondità e velocità tra i *riffle* e le unità adiacenti (in condizioni di magra, tipicamente *pool* e *glide*) diminuiscono con l'aumentare delle portate. In regime di magra, i *riffle* si formano, in corsi d'acqua alluvionali di tipo sinuoso, nei punti di inflessione tra le sponde, dove l'alveo è dominato da una sequenza di barre alternate o barre puntuali. Le caratteristiche distintive rispetto alle *glide* constano di flusso maggiormente turbolento e aerato e presentano onde stazionarie di superficie prevalentemente non frangenti (in inglese: *unbroken standing waves*). Rispetto alle *glide*, i *riffle* sono caratterizzati da pendenze del pelo libero maggiori, che inducono un'accelerazione del flusso lungo l'unità producendo quindi un flusso di superficie increspato.
- **Rapid:** Unità di alvei alluvionali caratterizzate da massi e ciottoli di grandi dimensioni parzialmente organizzati in linee irregolari orientate perpendicolarmente od obliquamente all'alveo, lunghe circa quanto la larghezza dell'alveo. Gli elementi di dimensione maggiore sono visibili solamente in condizioni di portata medio-bassa, e risultano sommersi in condizioni di portata a piene rive. Le aree apparentemente simili a pozze visibili in condizioni di magra sono poco profonde e scarsamente sviluppate, pertanto non sono classificabili come unità morfologiche distinte.
- **Pool:** Sono unità prevalentemente di origine erosiva che si presentano come depressioni topografiche del fondo dell'alveo con pendenza inversa nella porzione più a valle, ed occupano l'intera sezione trasversale. Sono caratterizzate da tiranti relativamente elevati e velocità ridotte, ma anche da caratteristiche idrodinamiche (fluttuazioni turbolente) complesse. Il sedimento spesso appare più fine rispetto alle unità adiacenti, nel caso in cui vi sia stata sedimentazione, altrimenti può essere anche molto grossolano. Le *pool* si alternano spesso a *step* o a *riffle*, rispettivamente in corsi d'acqua ad elevata pendenza in massi e ciottoli ed in alvei ghiaiosi, ma possono trovarsi anche in corsi d'acqua a fondo sabbioso associate ai meandri.
- **Cascade:** Unità alluvionali o semi-alluvionali costituite principalmente da massi e/o ciottoli di grandi dimensioni. I sedimenti non sono organizzati in linee (*ribs*) laterali né longitudinali e sono trasportati solo da piene intense e poco frequenti. Le piccole zone di pozza situate tra i massi sono poco profonde e con flusso molto turbolento, e

presentano dimensioni inferiori rispetto alla larghezza dell'alveo (sono definite *pocket pool*, e non sono definibili come unità vere e proprie ma piuttosto come sub-unità). Per tutti i livelli idrometrici si ha una diffusa presenza di risalti idraulici che dominano la dissipazione dell'energia della corrente (*spill resistance*), derivante dalla turbolenza di scia indotta dagli elementi più grandi. Queste unità sono tipiche di alvei confinati a forte pendenza ($S > 7\%$).

- **Step:** Sono unità tipiche dei corsi d'acqua alluvionali a elevata pendenza, semi-alluvionali e in roccia. Si tratta di salti (gradini) verticali o fortemente inclinati che occupano l'intera larghezza dell'alveo, formati da diversi tipi di materiale (roccia, sedimento, legno, o loro combinazione). Tali gradini sono approssimativamente più alti rispetto alla profondità del flusso in condizioni di piene rive valutata in corrispondenza del gradino stesso, ovvero non vengono sommersi almeno fino a eventi di piena ordinaria. Gli step determinano accelerazione e convergenza del flusso, che comportano limitate fluttuazioni turbolente e un pelo libero piuttosto regolare. Come già menzionato, gli step possono essere formati, oltre che da sedimento trasportato dalla corrente, da materiale legnoso (*log step*) od essere scavati nella roccia (*rock step*).

I tratti fluviali interessati dalla raccolta dati di campo per la validazione dei modelli statistici di distribuzione delle specie target sono riportati in Figura 3 ed interessano diversi elementi della Rete Ecologica Regionale (art. 3 della L.R. 28/2009) riportati in Tabella 2.

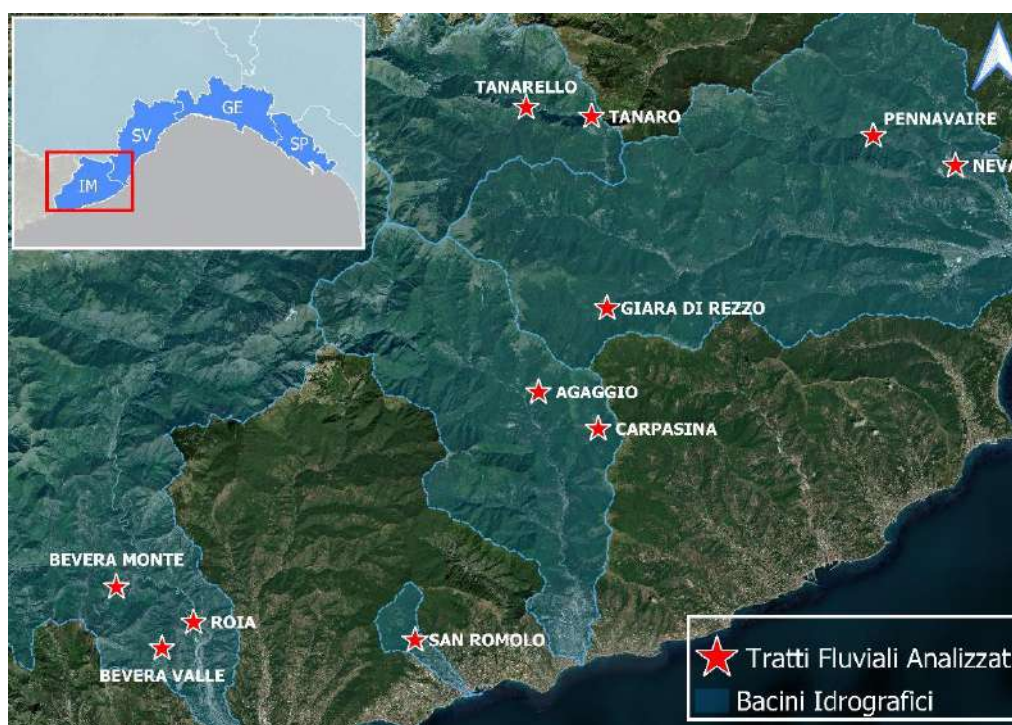


Figura 3. – Distribuzione spaziale dei tratti fluviali considerati nel presente studio per la validazione dei modelli statistici di distribuzione delle specie target nelle provincie di Imperia (IM) e Savona (SV).

Tabella 2. Elementi della Rete Ecologica Regionale interessati dai rilievi.

BACINO	CORSO D'ACQUA	Tipologia	Identificativo	Codice Stazione
ROIA	BEVERA (MONTE)	Ambienti Acquatici	51	53495
	BEVERA (VALLE)	Ambienti Acquatici	149	53631
	ROIA	Ambienti Acquatici	150	53632
ARGENTINA	AGAGGIO	Area Nucleo	6	53070
	CARPASINA	Ambienti Acquatici	57	53501
CENTA	GIARA DI REZZO	Ambienti Acquatici	23	53529
	NEVA	Ambienti Acquatici	25	53534
	PENNAVAIRE	Ambienti Acquatici	25	53534
SAN ROMOLO	SAN ROMOLO	Area Nucleo	14	53078
TANARO	TANARELLO	Area Nucleo	105	53056
	TANARO	Area Nucleo	105	53056

Ogni unità idromorfologica utilizzata per la descrizione dell'habitat della fauna ittica è stata quindi georeferenziata all'interno di un sistema informativo territoriale e, tramite tecniche di rilievo denominate di *mobile mapping*, associata alle variabili fisiche caratteristiche dell'habitat fluviale. Nelle 3 campagne di raccolta dati, all'interno dei tratti fluviali selezionati, sono state campionate 235 UMI così distribuite:

- Backwater: 18;
- Cascade: 3;
- Glide: 28;
- Pool: 85;
- Rapid: 37;
- Riffle: 63;
- Step: 1.

Nelle Figure 4-14 sono riportate le informazioni relative al sito di campionamento e la distribuzione spaziale delle UMI campionate.

Al fine di assicurare che la cattura degli individui delle specie di interesse venisse eseguita all'interno della corretta e corrispondente unità morfologica, i campionamenti ittiofaunistici sono stati eseguiti mantenendo fisicamente separate le unità campionate. In corsi d'acqua con larghezza del canale bagnato inferiore a 10 m e pendenze elevate, superiori al 2% (ad es., Torrente Carpasina, Tanarello) la separazione delle unità è stata garantita dalla presenza di unità morfologiche di tipo "Step" (salto) o linee di massi e ciottoli di grandi dimensioni orientate perpendicolarmente od obliquamente all'alveo. In corsi d'acqua con larghezze maggiori (ad es., Torrente Roia, Neva), per garantire la corretta associazione degli individui catturati all'unità morfologica, si è preferito eseguire il campionamento in unità morfologiche fisicamente non connesse fra loro, come nel caso precedente, o distanziate di alcuni metri per evitare i disturbi causati dal campo elettrico generato dall'elettrostorditore.



Figura 4. – Torrente Agaggio. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento del gambero di fiume utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 26/07/2022).



Figura 5. – Torrente Bevera - Monte. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento ittiofaunistico utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 11/03/2022).



Figura 6. – Torrente Bevera - Valle. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento ittiofaunistico utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 10/03/2022).



Figura 7. – Torrente Carpasina. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento ittiofaunistico utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 08/03/2022).



Figura 8. – Torrente Giara di Rezzo (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento ittiofaunistico utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 08/03/2022).



Figura 9. – Torrente Neva. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento ittiofaunistico utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 09/03/2022).



Figura 10. – Torrente Pennavaire. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento ittiofaunistico utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 09/03/2022).



Figura 11. – Fiume Roia. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento ittiofaunistico utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 10/03/2022).



Figura 12. – Torrente San Romolo. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento del gambero di fiume utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 26/07/2022).



Figura 13. – Torrente Tanarello. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento ittiofaunistico utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 07/03/2022).



Figura 14. – Fiume Tanaro. (A sinistra) Indicazione del sito di campionamento ittiofaunistico utilizzato per la validazione dei modelli di idoneità di habitat presenti all'interno del software SimStream. (A destra) Distribuzione spaziale delle unità morfologiche (UMI) campionate e loro classificazione secondo il Manuale MLG ISPRA 132/2016, Rinaldi et al. (2016), riportata in legenda (Rilievo del 07/03/2022).

3. Dati di distribuzione della fauna ittica alla scala del mesohabitat

Il campionamento ittiofaunistico è stato eseguito in maniera quantitativa tramite l'utilizzo di elettrostorditore spallabile a motore (Figura 10). Il campionamento è stato effettuato in corrente continua (DC = *Direct Current*) al fine di ridurre possibili traumi alla fauna ; nell'Allegato 2 è riportata l'autorizzazione per campionamenti ittologici con elettrostorditore.

Per ogni UMI, i pesci catturati sono stati riposti in un secchio contenente acqua costantemente ossigenata tramite ricambio parziale o nasse completamente immerse in acqua. A seguito della identificazione e il censimento delle specie presenti, lo svuotamento dei secchi o delle nasse contenenti i pesci catturati è avvenuto in corrispondenza delle relative UMI di raccolta. Questa operazione ha garantito che il tempo di permanenza nel secchio e nelle nasse degli esemplari catturati fosse ridotto al minimo.

I campionamenti ittiofaunistici sono stati eseguiti in collaborazione con il Dott. Alessandro Candiotti e il Dott. Dario Ottonello (ARPA Liguria).



Figura 15. – (A sinistra) Campionamento ittiofaunistico tramite elettrostorditore a motore e rappresentazione grafica del contorno georiferito delle UMI tramite la tecnica di mobile mapping (MLG ISPRA 154/2017). (A destra) Raccolta degli esemplari catturati in un secchio contenente acqua e compilazione della scheda per il censimento delle specie presenti.

In Tabella 3 sono riportati valori di prevalenza per le specie oggetto del presente studio (% di presenze osservate calcolate come il rapporto numero presenze/numero UMI campionate) riscontrate nelle unità morfologiche campionate.

Tabella 3. Valori di prevalenza (% di presenze osservate) delle specie di fauna ittica di interesse.

SPECIE	PREVALENZA
Gambero di fiume - Adulto	0.70
Gambero di fiume - Giovane	0.73
Barbo canino - Adulto	0.24
Barbo canino - Giovane	0.48
<i>Barbus</i> sp. - Adulto	0.58
<i>Barbus</i> sp. - Giovane	0.82
Scazzone - Adulto	0.35
Trota sp. - Adulto	0.19
Trota sp. - Giovane	0.64
Vairone italico - Adulto	0.46
Vairone italico - Giovane	0.37

In Tabella 4 viene riportata la distribuzione spaziale delle specie di interesse in funzione dei corsi d'acqua analizzati.

Tabella 4. Specie ittiche di interesse osservate in ciascun corso d'acqua analizzato.

CORSO D'ACQUA \ SPECIE	Gambero di fiume	Barbo canino	Barbo sp.	Scazzone	Trota sp.	Vairone italico
AGAGGIO						
BEVERA						
CARPASINA						
GIARA DI REZZO						
NEVA						
PENNAVAIRE						
ROIA						
SAN ROMOLO						
TANARELLO						
TANARO						

Si precisa che, nell'ambito della raccolta dati di campo, sono state rinvenute nei siti di interesse ulteriori specie di fauna ittica, quali: anguilla (*Anguilla anguilla*), cagnetta (*Salaria fluviatilis*), cavedano italico (*Squalius squalus*), sanguinerola italica (*Phoxinus lumaireul*), e trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*), che non costituiscono oggetto del presente studio. Inoltre, la validazione dei modelli è stata infatti eseguita per specie autoctone con prevalenza osservata superiore al 10% e per alcune delle specie sopra menzionate la prevalenza è risultata inferiore a 0.1. Per prevalenze minori del 10% la validazione non è infatti auspicabile in quanto la specie risulta troppo sporadica nel campione di analisi e la validazione del modello biologico risulterebbe distorta. È questo il caso della cagnetta (*Salaria fluviatilis*), rinvenuta in forma occasionale (12 esemplari totali) esclusivamente nel tratto in analisi del Torrente Roia, della sanguinerola italica (*Phoxinus lumaireul*), la cui presenza è stata osservata solamente in alcune UMI dei Torrente Bevera e Roia, e del cavedano italico (*Squalius squalus*), riscontrato solamente nel torrente Bevera. In merito al caso dell'anguilla, sebbene tale specie sia risultata essere sufficientemente distribuita nei siti di interesse, si è preferito non procedere con il processo di validazione in quanto si ritiene indispensabile incrementare il campione di osservazioni anche in altre regioni d'Italia prima della taratura del modello e la successiva cross-validazione dello stesso. In Tabella 5 è riportato il numero di individui per specie, osservati in ciascun campionamento eseguito.

Tabella 5. Individui campionati per specie in ciascun campionamento eseguito.

CAMPIONAMENTO \ SPECIE	Anguilla anguilla	Austropotamobius pallipes	Barbus caninus	Barbus sp.	Cottus gobio	Oncorhynchus mykiss	Phoxinus lunareul	Salapia fluviatilis	Squalius squalus	Telestes muticellus	Trota sp.
AGAGGIO - 26/07/2022	-	107	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BEVERA (MONTE) - 11/03/2022	15	-	-	137	-	-	164	-	20	1	4
BEVERA (MONTE) - 20/05/2022	30	-	-	143	-	-	130	-	15	1	21
BEVERA (VALLE) - 10/03/2022	19	-	-	68	-	-	76	-	46	1	-
BEVERA (VALLE) - 19/05/2022	43	-	-	24	-	-	41	-	66	-	-
CARPASINA - 08/03/2022	-	-	-	-	-	8	-	-	-	35	16
CARPASINA - 16/05/2022	-	-	-	-	-	2	-	-	-	48	64
GIARA DI REZZO - 08/03/2022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	134	-
GIARA DI REZZO - 17/05/2022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	1
NEVA - 09/03/2022	5	-	25	-	-	-	-	-	-	808	-
NEVA - 17/05/2022	6	-	14	-	-	-	-	-	-	407	6
PENNAVAIRE - 09/03/2022	3	-	-	-	-	-	-	-	-	195	8
PENNAVAIRE - 25/07/2022	2	-	-	-	-	-	-	-	-	395	13
ROIA - 10/03/2022	175	-	-	79	-	-	1	6	-	-	-
ROIA - 19/05/2022	247	-	-	102	-	1	2	6	-	1	1
SAN ROMOLO - 26/07/2022	-	179	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TANARELLO - 07/03/2022	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	33
TANARELLO - 16/05/2022	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	13
TANARO - 07/03/2022	-	-	-	-	15	1	-	-	-	-	11
TANARO - 16/05/2022	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	15

4. La modellazione statistica della distribuzione di specie

Per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM viene richiesto l'utilizzo di modelli di distribuzione di specie (o modelli di idoneità di habitat) che quantifichino la presenza o l'abbondanza di una determinata specie ittica.

Numerosi modelli statistici che stabiliscono i criteri di idoneità d'habitat per le diverse specie autoctone di fauna ittica (e i relativi stadi vitali) della Regione Liguria sono disponibili all'interno del software SimStream di cui al MLG ISPRA 154/2017 (Veza et al., 2017). Tali modelli sono basati su dati biologici quantitativi raccolti in campo a scala di unità morfologica o sub-unità idraulica (UMI) in condizioni di riferimento (assenza di alterazioni idromorfologiche e manipolazioni artificiali della popolazione ittica locale) e definiscono quali siano le richieste ambientali della specie o comunità target scelta per l'analisi (Ahmadi-Nedushan et al. 2006).

La tecnica statistica ad apprendimento automatico denominata Random Forests (RF, Breiman, 2001) viene utilizzata, all'interno della metodologia MesoHABSIM, per identificare i parametri che maggiormente influenzano la presenza o l'abbondanza delle specie all'interno di ogni UMI. In particolare, per ogni specie (o stadio vitale) vengono applicati due modelli statistici binari per poter distinguere tra assenza/presenza e presenza/abbondanza dell'organismo considerato.

Il risultato dell'applicazione dei modelli statistici costruiti con la tecnica RF è una probabilità di presenza o di abbondanza che, se superiore a 0.5, classifica la UMI come mesohabitat idoneo (probabilità di presenza > 0.5) o ottimale (probabilità di abbondanza > 0.5).

Per i dettagli sulla costruzione dei modelli di distribuzione di specie all'interno della metodologia MesoHABSIM, si veda il paragrafo 3.2 del relativo Manuale MLG 154/2017 (Veza et al., 2017).

A titolo di esempio, in Figura 16 e 17 vengono riportati i modelli di distribuzione (o di idoneità di habitat) per lo stadio vitale adulto della specie vairone italico (*Telestes muticellus*) costruiti con la tecnica RF. In particolare, viene rappresentata graficamente la relazione tra ogni singola variabile ambientale e la probabilità di presenza o di abbondanza della specie. Questa rappresentazione grafica è denominata "Partial Dependence Plot" (PDP). In ogni PDP è raffigurato, infatti, un grafico in cui viene esplicitata la relazione parziale tra la probabilità di presenza (o di abbondanza) e ogni singolo descrittore di habitat.

Le curve rappresentate nei PDP (Figure 16 e 17) sono ottenute per ogni variabile rappresentativa inclusa nel modello mantenendo costante il valore di tutte le altre e possono essere interpretate ecologicamente per capire la relazione che lega la singola variabile di habitat con la distribuzione della specie.

L'insieme dei grafici riportati nei PDP descrive il comportamento globale del modello di idoneità di habitat e cattura i trend generalmente non-lineari che caratterizzano le relazioni tra la distribuzione di una specie e le caratteristiche del suo habitat.

A titolo di esempio per come interpretare i grafici PDP, si noti in Figura 16 per lo stadio vitale adulto di vairone italico: l'andamento monotono decrescente della probabilità di presenza (*probability of presence*) con la pendenza della superficie libera dell'UMI (*HMU gradient*), oppure l'andamento monotono crescente con la frequenza di accadimento di profondità superiori a 30 cm. Analizzando i due andamenti menzionati è possibile quindi osservare come in un certo intervallo di pendenze della superficie libera (ad es., 0.00-0.05), e come a profondità superiori a 30 cm, sia maggiormente probabile riscontrare presente lo stadio vitale adulto della specie considerata. A queste variabili occorre ovviamente aggiungere l'effetto di tutte le altre riportate nel modello, siano esse relative alla velocità di corrente o al substrato presente alla scala del mesohabitat.

Per ogni specie (o stadio vitale) e per ogni modello binario (assenza/presenza e presenza/abbondanza), un grafico PDP è consultabile all'interno del software SimStream (MLG ISPRA 154/2017, Veza et al., 2017).

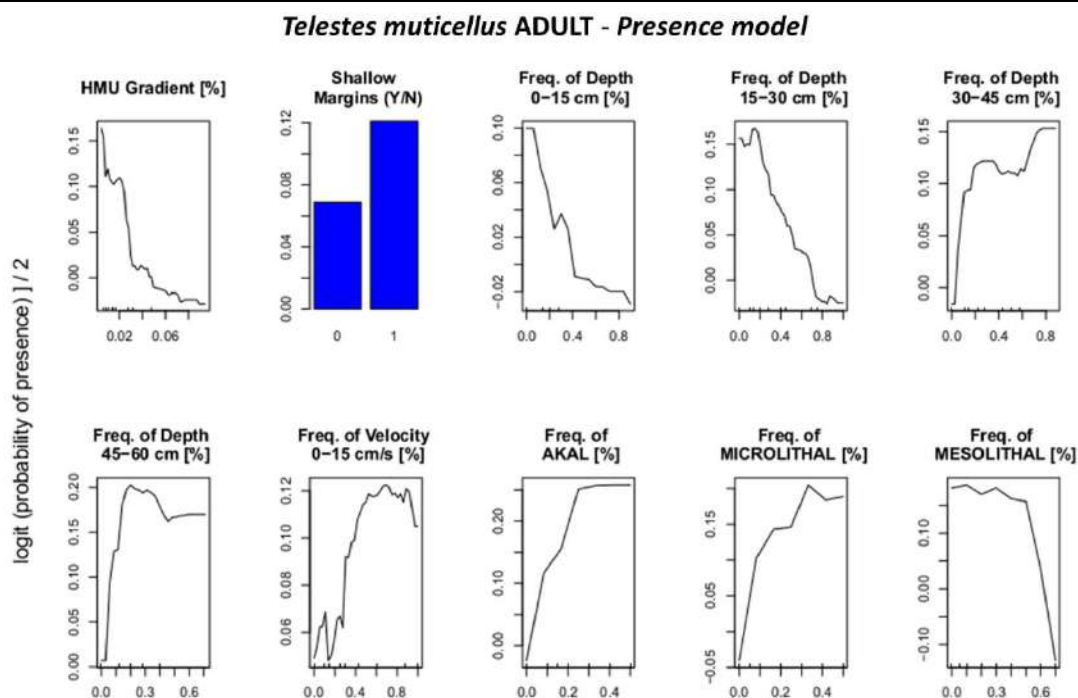


Figura 16. – Esempio di modello di idoneità di habitat (presenza/assenza) per il vairone italiano (stadio vitale adulto) costruito con la tecnica ad apprendimento automatico Random Forests (RF) e rappresentato tramite “Partial Dependence Plots” (PDP). Per dettagli sulla costruzione dei modelli di idoneità di habitat tramite la tecnica RF e l’interpretazione dei PDP, vedasi Vezza et al. (2014a, 2015, 2016).

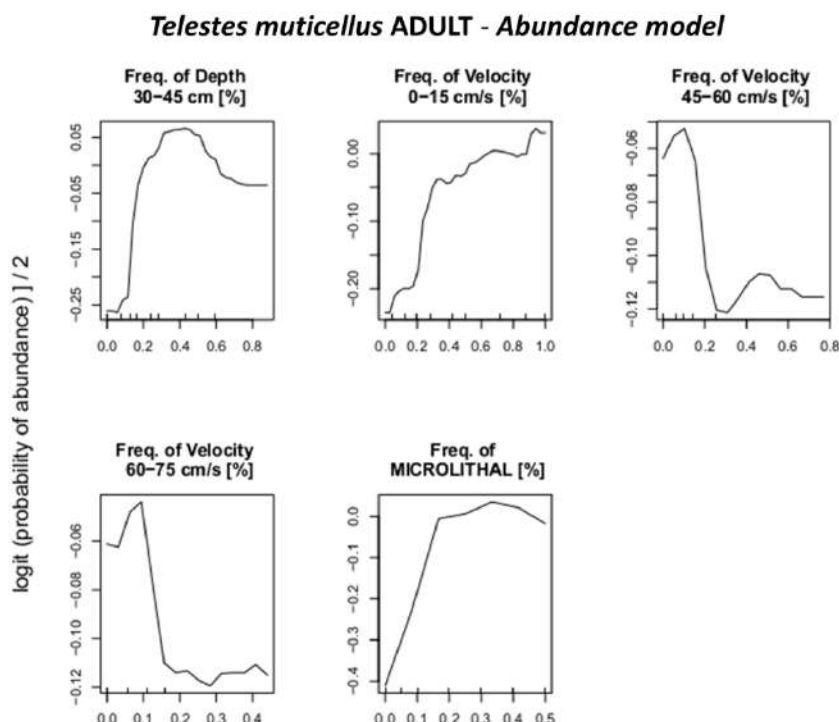


Figura 17. – Esempio di modello di idoneità di habitat (presenza/abbondanza) per il vairone italiano (stadio vitale adulto) costruito con la tecnica ad apprendimento automatico Random Forests (RF) e rappresentato tramite “Partial Dependence Plots” (PDP). Per dettagli sulla costruzione dei modelli di idoneità di habitat tramite la tecnica RF e l’interpretazione dei PDP, vedasi Vezza et al. (2014a, 2015, 2016).

Per quanto riguarda le preferenze di habitat delle specie di interesse, i modelli statistici utilizzati nel presente studio nel processo di validazione fanno riferimento alle seguenti specie e i relativi stadi vitali:

- Gambero di fiume (*Austropotamobius pallipes*) – stadio vitale adulto e giovane ($L_{adulti} > 2,8 \text{ cm}$);
- Barbo canino (*Barbus caninus*). – stadio vitale adulto e giovane ($L_{adulti} > 7,5 \text{ cm}$);
- Barbus sp. (riconducibile a *Barbus meridionalis*). – stadio vitale adulto e giovane ($L_{adulti} > 12,5 \text{ cm}$);
- Scazzone (*Cottus gobio*) – stadio vitale adulto;
- Genere Salmo sp. - stadio vitale adulto e giovane ($L_{adulti} > 20,0 \text{ cm}$);
- Vairone italico (*Telestes muticellus*) – stadio vitale adulto e giovane ($L_{adulti} > 8,0 \text{ cm}$).

Tali modelli sono già tutti disponibili all'interno del software SimStream per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM all'interno del contesto idrografico italiano, ad eccezione del modello relativo al *Barbus* sp. (riconducibile al barbo mediterraneo). Nell'ambito del seguente studio, infatti, è stato possibile utilizzare le osservazioni acquisite nei rilievi eseguiti nei torrenti Roia e Bevera, per calibrare e cross-validare un apposito modello di distribuzione per tale specie. In particolare, mediante il ricorso all'algoritmo di classificazione RF, in funzione dei dati raccolti durante i rilievi sono stati calibrati e cross-validati due modelli: uno per lo stadio vitale adulto e l'altro per lo stadio vitale giovane del *Barbus* sp.. Per tale specie, pertanto, i valori ottenuti in termini di *performance* dei modelli, presentati in Tabella 6, fanno riferimento ad un processo di cross validazione. Si ritiene comunque che prima di permettere l'utilizzo del modello per la prassi di applicazione della metodologia MesoHABSIM sia bene incrementare il campione di dati ed eseguire una vera validazione su di un set di dati estraneo a quelli raccolti nel presente progetto.

5. Validazione dei modelli di distribuzione di specie

I modelli di distribuzione di specie forniti dal software SimStream (MLG ISPRA 154/2017) sono stati prodotti utilizzando le caratteristiche dell'habitat che maggiormente influenzano la distribuzione della specie e cross-validati utilizzando dati biologici raccolti in siti di riferimento a scala di unità morfologica. Sebbene si possa far riferimento a questi modelli previsionali per la quantificazione dell'habitat disponibile per la fauna ittica, nel presente studio le previsioni di tali modelli sono state ulteriormente validate tramite appositi campionamenti ittiofaunistici a scala di mesohabitat all'interno della Regione Liguria.

La procedura di validazione è costituita dal confronto tra le previsioni dei modelli di idoneità disponibili e i dati di distribuzione della fauna ittica direttamente raccolti in campo. In questo modo è stato possibile constatare la robustezza statistica e la trasferibilità dei modelli di idoneità d'habitat al fine di simulare con maggiore sicurezza la risposta biotica della fauna ittica a potenziali alterazioni idro-morfologiche.

Per la validazione dei modelli di idoneità per le specie di interesse sono state campionate 235 unità morfologiche all'interno dei tratti fluviali selezionati. I risultati della validazione dei modelli di idoneità di habitat per le 6 specie considerate sono riportati in Tabella 6 ed espressi in termini di accuratezza totale (*accuracy*), sensitività (*sensitivity*), specificità (*specificity*) e TSS (*True Skill Statistics*, vedasi Vezza et al., 2015).

Le quattro metriche riportate sono parametri statistici generalmente utilizzati per la quantificazione della performance di un modello di idoneità di habitat (vedasi ad es., Vezza et al., 2015). L'accuratezza totale rappresenta la capacità globale del modello di prevedere correttamente sia la presenza, sia l'assenza della specie. La sensitività e la specificità riportano, rispettivamente, le probabilità del modello di prevedere in maniera corretta la presenza o di prevedere in maniera corretta l'assenza della specie. Il TSS è infine un parametro globale di *performance* del modello, e viene utilizzato assieme all'accuratezza totale, in quanto meno sensibile a valori di prevalenza estremi (rapporto numero presenze/numero assenze molto ridotto o molto elevato).

L'intervallo di variazione di accuratezza totale, sensitività e specificità è compreso tra 0 e 1, dove il valore 0 segnala un errore generale del modello su tutte le osservazioni, mentre il valore 1 rappresenta una perfetta previsione senza errori. L'intervallo di variazione di TSS è invece compreso tra -1 e 1, dove -1 indica una previsione assolutamente casuale del modello, mentre 1 rappresenta una perfetta previsione senza errori. In ecologia sono generalmente valutati in maniera positiva risultati con accuratezze totali superiori al 60% e TSS > 0.3 (vedasi, Landis and Koch 1977 per ulteriori dettagli sui valori di performance di modelli di classificazione utilizzati per la valutazione dell'idoneità di habitat).

Osservando i dati riportati in Tabella 6 per le specie di interesse, i valori di accuratezza totale e TSS risultano elevati (valore minimo di accuratezza totale pari a 0.65 e TSS pari a 0.31). I modelli di idoneità di habitat che stabiliscono la

presenza/assenza delle specie possono quindi essere considerati sufficientemente robusti per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM e la valutazione dell'habitat disponibile all'interno del territorio della Regione Liguria.

Si sottolinea tuttavia che per la specie barbo canino (*Barbus caninus*) è auspicabile incrementare il campione di dati utilizzato nel processo di validazione, in quanto questa specie è stata riscontrata presente esclusivamente nel torrente Neva. Ulteriormente, in merito alle specie anguilla (*Anguilla anguilla*), cagnetta (*Salaria fluviatilis*), cavedano italico (*Squalius squalus*) e sanguinerola italica (*Phoxinus phoxinus*) si ritiene indispensabile incrementare le osservazioni nel campione di dati al fine di poter realizzare un'adeguata calibrazione e/o validazione dei modelli statistici di distribuzione di queste specie ittiche autoctone. Viene quindi considerato opportuno nel prossimo futuro estendere la raccolta di informazioni idromorfologiche e biologiche non solo ai territori provinciali di Imperia e Savona, ma includere nelle analisi anche corsi d'acqua localizzati in altre province della Regione (Genova e La Spezia) dove è segnalata la presenza di tali specie.

Tabella 6. – Risultati della validazione dei modelli di idoneità di habitat in termini di assenza/presenza per le specie di interesse (valutazione positiva se accuratezze totali superiori > 60% e TSS > 0.3, [Landis and Koch 1977](#)).

SPECIE \ METRICA	ACCURATEZZA TOTALE	SENSITIVITÀ	SPECIFICITÀ	TRUE SKILL STATISTICS
Gambero di fiume - Adulto	0.93	0.95	0.89	0.84
Gambero di fiume - Giovane	0.87	0.86	0.88	0.74
Barbo canino - Adulto	0.71	0.60	0.75	0.35
Barbo canino - Giovane	0.71	0.80	0.64	0.44
<i>Barbus</i> sp. - Adulto	0.84	0.80	0.89	0.69
<i>Barbus</i> sp. - Giovane	0.99	0.98	1	0.98
Scazzone - Adulto	0.84	0.82	0.85	0.67
Trota sp. - Adulto	0.80	0.71	0.82	0.53
Trota sp. - Giovane	0.65	0.65	0.67	0.32
Vairone italico - Adulto	0.66	0.63	0.68	0.31
Vairone italico - Giovane	0.68	0.81	0.60	0.41

I modelli previsionali che hanno superato con successo il processo di validazione sono disponibili all'interno del software SimStream (MLG ISPRA 154/2017) per gli utenti che utilizzano la metodologia MesoHABSIM e al personale degli enti pubblici coinvolti nella gestione ambientale dei corsi d'acqua in Regione Liguria.

L'inserimento di tali modelli nel software SimStream permette quindi di avere a disposizione uno strumento modellistico-previsionale per la quantificazione della disponibilità di habitat per le specie di interesse, sia in corsi d'acqua naturali, sia in tratti fluviali caratterizzati da alterazioni idro-morfologiche (potenziali alterazioni del regime idrologico e/o della morfologia dell'alveo).

I risultati derivanti dal presente studio concorrono a migliorare la conoscenza della relazione causa-effetto tra le alterazioni antropiche degli habitat fluviali e lo stato ecologico dei corpi idrici. I risultati quantitativi sulla disponibilità di habitat, che potranno essere generati con la metodologia MesoHABSIM, saranno infatti di notevole aiuto per descrivere meglio la funzionalità ecologico-ambientale dei corsi d'acqua, per comprendere le risposte ecologiche delle comunità biotiche in condizioni idrologiche ordinarie e di stress idrico, oltre a fornire indicazioni utili alla valutazione della funzionalità degli elementi della Rete Ecologica Regionale e dello stato di conservazione delle specie di interesse conservazionistico.

Bibliografia

- Adamczyk, M., P. Parasiewicz, P. Vezza, P. Prus, and G. De Cesare. 2019. Empirical Validation of MesoHABSIM Models Developed with Different Habitat Suitability Criteria for Bullhead Cottus Gobio L. as an Indicator Species. *Water* **11**:726.
- Ahmadi-Nedushan, B., A. St-Hilaire, M. Bérubé, É. Robichaud, N. Thiémonge, and B. Bobée. 2006. A review of statistical methods for the evaluation of aquatic habitat suitability for instream flow assessment. *River Research and Applications* **22**:503-523.
- Bain, M. B. and J. G. Knight. 1996. Classifying stream habitat using fish community analysis. Pages 107–117 in C. H. Leclerc M, Valentin S, Boudreau A, Cote Z, editor. *Ecohydraulics 2000*, 2nd International Symposium on Habitat Hydraulics,. INRS-Eau, Quebec City, Canada.
- Bovee, K. D. 1982. A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. U.S. Fish and Wildlife Service, Fort Collins, Colorado, USA, Instream Flow Information Paper 12.
- European Commission. 2015. Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy (CIS) Guidance Document n°31. European Union, 2015, Luxembourg.
- Gosselin, M. P., I. Maddock, and G. Petts. 2012. Mesohabitat use by brown trout (*Salmo trutta*) in a small groundwater-dominated stream. *River Research and Applications* **28**:390-401.
- Hauer, C., G. Unfer, M. Tritthart, E. Formann, and H. Habersack. 2011. Variability of mesohabitat characteristics in riffle-pool reaches: Testing an integrative evaluation concept (FGC) for MEM-application. *River Research and Applications* **27**:403-430.
- Jorde, K., M. Schneider, A. Peter, and F. Zöllner. 2001. Models for the evaluation of fish habitat quality and instream flow assessment. in CD-ROM Proc. third International Symposium on Environmental Hydraulics, Tempe, AZ.
- Kemp, J. L., D. M. Harper, and G. A. Crosa. 1999. Use of 'functional habitats' to link ecology with morphology and hydrology in river rehabilitation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **9**:159-178.
- Koutrakis, E. T., S. Triantafyllidis, A. S. Sapounidis, P. Vezza, N. Kamidis, G. Sylaios, and C. Comoglio. 2018. Evaluation of ecological flows in highly regulated rivers using the mesohabitat approach: A case study on the Nestos River, N. Greece. *Ecohydrology & Hydrobiology*.
- Landis, J. R. and G. G. Koch. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* **33**:159-174.
- Maddock, I., A. Harby, P. Kemp, and P. J. Wood, editors. 2013. *Ecohydraulics: an integrated approach*. Wiley-Blackwell.
- Parasiewicz, P. 2001. MesoHABSIM: A concept for application of instream flow models in river restoration planning. *Fisheries* **26**:6-13.
- Parasiewicz, P. 2007. The MesoHABSIM model revisited. *River Research and Applications* **23**:893-903.
- Parasiewicz, P., J. N. Rogers, P. Vezza, J. Gortázar, T. Seager, M. Pegg, W. Wiśniewolski, and C. Comoglio. 2013a. Applications of the MesoHABSIM Simulation Model. Pages 109-124 *Ecohydraulics*.
- Parasiewicz, P., J. N. Rogers, P. Vezza, J. Gortázar, T. Seager, M. Pegg, W. Wiśniewolski, and C. Comoglio. 2013b. Applications of the MesoHABSIM Simulation Model. Pages 109-124 *Ecohydraulics: an integrated approach*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Petts, G. E. 2009. Instream Flow Science For Sustainable River Management. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* **45**:1071-1086.
- Rinaldi, M., N. Surian, F. Comiti, and M. Bussetti. 2014. IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Rome, Italy, Manuali e Linee Guida 113/2014.
- Rinaldi, M., B. Belletti, F. Comiti, L. Nardi, L. Mao, and M. Bussetti. 2016. Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM), Roma, Italia, ISPRA - Manuali e Linee Guida 132/2016.
- Vezza, P., P. Parasiewicz, M. Rosso, and C. Comoglio. 2012a. Defining minimum environmental flows at regional scale: application of mesoscale habitat models and catchments classification. *River Research and Applications* **28**:675-792.
- Vezza, P., P. Parasiewicz, M. Spairani, and C. Comoglio. 2012b. La modellazione a meso-scala per la valutazione e quantificazione dell'habitat in torrenti e fiumi alpini. Pages 183-192 in *Riqualificazione fluviale e gestione del territorio*.
- Vezza, P., P. Parasiewicz, O. Calles, M. Spairani, and C. Comoglio. 2014a. Modelling habitat requirements of bullhead (*Cottus gobio*) in alpine streams. *Aquatic Sciences* **76**:1-15.

- Veza, P., P. Parasiewicz, M. Spairani, and C. Comoglio. 2014b. Habitat modeling in high-gradient streams: the mesoscale approach and application. *Ecological Applications* **24**:844-861.
- Veza, P., R. Muñoz-Mas, F. Martinez-Capel, and A. Mouton. 2015. Random forests to evaluate biotic interactions in fish distribution models. *Environmental Modelling & Software* **67**:173-183.
- Veza, P., D. Ghia, and G. Fea. 2016. Quantitative habitat models for the conservation of the endangered European crayfish *Austropotamobius pallipes* complex. Pages 339-358 in T. Kawai and N. Cumberlidge, editors. *A Global Overview of the Conservation of Freshwater Decapod Crustaceans*. Springer International Publishing 2016.
- Veza, P., A. Zanin, and P. Parasiewicz. 2017. Manuale tecnico-operativo per la modellazione e la valutazione dell'integrità dell'habitat fluviale. Roma, Italia ISPRA - Manuali e Linee Guida 154/2017.
- Wilkes, M. A., I. Maddock, O. Link, and E. Habit. 2016. A Community-Level, Mesoscale Analysis of Fish Assemblage Structure in Shoreline Habitats of a Large River Using Multivariate Regression Trees. *River Research and Applications* **32**:652-665.