



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI TRENTO  
Dipartimento di Ingegneria Civile,  
Ambientale e Meccanica

# APPLICAZIONE SPERIMENTALE DELL'INDICE DI INTEGRITÀ DELL'HABITAT FLUVIALE NELLA PROVINCIA DI TRENTO





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Civile,  
Ambientale e Meccanica

---

Relazione tecnica conclusiva del finanziamento attività di comune interesse fra PAT e Università degli Studi di Trento – Dipartimento di ingegneria Civile Ambientale e Meccanica, riferite al progetto “Applicazione sperimentale dell’Indice di Integrità dell’Habitat”

Realizzato da:



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Civile,  
Ambientale e Meccanica

Gruppo di Idraulica  
Ambientale e Morfodinamica - Trento



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



UNESCO Chair in  
Engineering for Human and  
Sustainable Development



UNIVERSITY  
OF TRENTO - Italy

Con la collaborazione di:  
Agenzia Provinciale per la Protezione dell’Ambiente (APPA) - Trento

Autori  
M. Carolli, G. Zolezzi, S. Pellegrini, P. Vezza

Con il contributo di:  
M. Salvaro, P. Negri, A. Pontalti, A. Zanin

Si ringraziano per la collaborazione:  
Agenzia per le Risorse Idriche e l’Energia (APRIE) - Trento, Consorzio dei Comuni BIM Adige, Associazione Pescatori Dilettanti Trentini, Associazione Pescatori Alto Sarca, Associazione Sportiva Pescatori Solandri, Hydro Dolomiti Energia SrL (HDE).

*Citazione suggerita:* Carolli, M., Zolezzi, G., Pellegrini, S., Vezza, P. 2017. Applicazione sperimentale dell’Indice di Integrità dell’Habitat fluviale nella Provincia di Trento. Relazione Tecnica. Università degli Studi di Trento, 101p.



## Indice

1	Sintesi dello studio .....	4
1.1	Inquadramento.....	4
1.2	Fase 1: attività e risultati .....	6
1.3	Fase 2: attività e risultati .....	7
1.4	Struttura della relazione .....	9
1.5	Considerazioni conclusive .....	9
2	La metodologia MesoHABSIM e l'Indice IH .....	12
2.1	Descrizione idro-morfologica .....	12
2.2	Modellazione biologica .....	15
2.3	Modellazione dell'habitat fluviale .....	16
2.4	Misurazione in continuo della portata in alveo .....	16
2.5	Analisi della variazione spazio-temporale dell'habitat tramite l'indice IH .....	17
2.5.1	<i>Indice di disponibilità Spaziale dell'Habitat fluviale (ISH)</i> .....	17
2.5.2	<i>L'indice di disponibilità Temporale dell'Habitat fluviale (ITH)</i> .....	18
2.5.3	<i>L'indice di integrità spazio-temporale dell'habitat fluviale (IH)</i> .....	20
3	Fase 1. Validazione dei modelli biologici per trota fario e marmorata.....	21
3.1	Trota fario: rilievi idromorfologici e campionamenti con elettropesca.....	23
3.2	Trota Fario: validazione del modello multivariato .....	33
3.3	Trota Marmorata: rilievi idromorfologici e campionamenti con elettropesca .....	33
3.4	Trota Marmorata: validazione del modello multivariato.....	33
3.5	Validazione dei modelli biologici multivariati: sintesi conclusiva .....	35
4	Fase 2. Calcolo delle relazioni habitat-portata e dell'indice IH.....	36
4.1	Descrizione dell'habitat fluviale.....	42
4.2	Realizzazione delle mappe di idoneità di habitat .....	59
4.3	Costruzione della relazione habitat- portata .....	66
4.4	Simulazione di scenari ipotetici di derivazione e valutazione dell'indice IH .....	70
5	Conclusioni .....	90
	Allegato 1. Applicazione della metodologia MesoHABSIM al fiume Noce (2011-2013)....	94
	Bibliografia utilizzata .....	104







## 1 Sintesi dello studio

### 1.1 Inquadramento

Il presente documento riporta i risultati del progetto *Applicazione Sperimentale dell'Indice di Integrità di Habitat* (nel seguito: IH), che ha avuto l'obiettivo generale di applicare e validare, per la prima volta sui corsi d'acqua del Trentino, l'Indice di Integrità di Habitat fluviale (nel seguito: "IH"), ottenuto tramite la modellazione dell'habitat fluviale alla meso-scala, utilizzando la metodologia MesoHABSIM (Parasiewicz, 2007, Vezza et al., 2017).

Le metodologie basate sulla modellazione di habitat sono fra quelle di più recente adozione a livello nazionale ed internazionale nell'ambito della valutazione dello stato di qualità ambientale di un corso d'acqua, laddove gli indicatori biotici sviluppati ai fini della classificazione dello stato ecologico ai sensi del D.LGS 152/2006 si dimostrano poco efficaci nella stima degli impatti ecologici. Tali situazioni sono caratterizzate soprattutto da pressioni di natura idro-morfologica prevalenti rispetto ad altre, quali ad esempio sono la maggior parte dei contesti fluviali alpini in generale, trentini in particolare, e soprattutto in relazione agli ecosistemi fluviali di particolare pregio che ricadono all'interno della Rete Natura 2000, delle aree protette, delle Reti di Riserve e dei Parchi Naturali.

È sempre più diffusa la consapevolezza, sia in ambito scientifico che in ambito operativo, della necessità di utilizzare metodologie in grado di fornire indicatori di qualità che siano (i) ecologicamente significativi; (ii) quantitativamente correlabili con la portata defluente e (iii) basati su approcci supportati da evidenze sperimentali e robusta letteratura scientifica internazionale.

In particolare, la valutazione dell'habitat fluviale disponibile per la fauna in funzione della portata defluente e della morfologia del corso d'acqua rispecchia le recenti linee guida in tema di *ecological flows* dell'Unione Europea "*Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive*" (CIS- Guidance Document n°31, Petitguyot et al., 2015) ed è richiamata, a livello nazionale, nei recenti Decreti Direttoriali del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) n. 29/STA/2017 (Valutazione ambientale ex-ante delle derivazioni idriche) e 30/STA/2017 (Metodi di determinazione del Deflusso Ecologico).

In questo quadro generale, a livello trentino il progetto ha preso le mosse dalla constatazione che valutare gli impatti delle alterazioni idro-morfologiche sulla disponibilità di habitat, oltre che sulle alterazioni delle comunità biotiche, costituisce un efficace approccio alle complesse dinamiche di mutua interazione bio-fisica che regolano lo stato ecologico dei sistemi fluviali. Tale consapevolezza, supportata da alcuni decenni di ricerca scientifica interdisciplinare, si riflette nella pubblicazione delle recenti linee guida per la definizione dei piani di monitoraggio ambientale (PMA) relativi alla valutazione degli effetti delle derivazioni idriche sullo stato di qualità dei corpi idrici superficiali, realizzate nel 2015 nell'ambito di una collaborazione fra APPA e il Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale e Meccanica dell'Università degli Studi di Trento (nel seguito "DICAM – UNITN"). Tali linee guida, rispondenti alle Norme di Attuazione del recente Piano di Tutela delle Acque della PAT,



prevedono infatti l'applicazione dell'IH fra i possibili strumenti di monitoraggio da impiegarsi nell'ambito dei PMA.

Precedentemente al progetto esistevano diverse altre esperienze a livello italiano e internazionale di applicazione dell'IH ma, nell'ambito della Provincia di Trento, era presente una unica applicazione sul fiume Noce in val di Sole (Zolezzi et al., 2013).

Il progetto si è dunque proposto i seguenti obiettivi specifici:

1. Applicare l'IH in ambito provinciale
2. Tarare dei modelli biologici di idoneità dell'habitat per specie ittiche prescelte
3. Allargare le conoscenze scientifiche in aree tutelate e di particolare pregio
4. Supportare le scelte decisionali e progettuali per la gestione dei corsi d'acqua
5. Rafforzare le conoscenze tecnico-scientifiche all'interno dell'amministrazione pubblica in tema di habitat fluviale

Il lavoro è stato effettuato da un gruppo di lavoro facente capo al DICAM – UNITN e si è basato sulla metodologia di valutazione dell'habitat fluviale alla meso-scala denominata MesoHABSIM (si veda il manuale ISPRA 154/2017, Vezza et al., 2017).

MesoHABSIM "Mesohabitat Simulation Model" (Parasiewicz et al. 2013, Vezza et al. 2014a) consente di quantificare la variabilità spazio-temporale degli habitat fluviali disponibili per specie assunte come target in funzione della portata defluente e della morfologia del corso d'acqua. Se questa proprietà è comune a ogni metodologia di valutazione dell'habitat fluviale, la metodologia MesoHABSIM presenta perlomeno due distintivi punti di forza da un punto di vista metodologico: (1) riferire l'indagine idro-morfologica alla scala spaziale dell'Unità Morfologica (si veda Manuale ISPRA 132/2016, Rinaldi et al., 2016), ecologicamente la più rilevante per una vasta gamma di specie fluviali e (2) quantificare le preferenze delle specie biologiche target attraverso modelli statistici multivariati che non risentono della possibile soggettività e impossibilità di intercalibrazione legata al giudizio esperto. Queste caratteristiche rendono la metodologia sensibilmente più robusta e rispondente alla complessità delle interazioni eco-idro-morfologiche fluviali rispetto a metodi di modellazione di habitat alla micro-scala ormai datati (ad es. PHABSIM). Per questi aspetti di particolare pregio è inserita nei già menzionati Decreti Direttoriali MATTM n. 29/STA e 30/STA del 13.02.2017.

Il lavoro si è svolto principalmente due fasi, condivise con il personale tecnico di APPA:

1. validazione nel territorio trentino dei modelli biologici di idoneità per trota marmorata e per la trota fario, già ricavati nei contesti delle Alpi Occidentali, per verificarne la loro applicabilità nel settore orientale delle Alpi;
2. applicazione della metodologia MesoHABSIM al fine di definire la relazione habitat-portata su 4 siti di studio e di ottenere l'indice IH.



## **1.2 Fase 1: attività e risultati**

La metodologia MesoHABSIM opera attraverso la mappatura del mosaico di meso-habitat (serie consecutive di unità morfologiche quali salti, pozze, raschi e rapide), al fine di descrivere e quantificare la distribuzione e il reale habitat disponibile per la fauna all'interno del corso d'acqua. A seguito di una vasta applicazione nell'Italia centro-settentrionale, la metodologia ha consentito di definire modelli di idoneità di habitat per diverse specie della comunità acquatica nazionale (trota marmorata, trota fario, scazzone, vairone, barbo, cavedano, gambero di fiume, ecc.) in differenti contesti fluviali. Tali modelli di idoneità sono stati ottenuti in riferimento ai corsi d'acqua delle Alpi Occidentali tramite un elevato numero di osservazioni mirate in campo dell'uso dei diverse Unità Morfologiche (anche detti appunto "meso-habitat") da parte di un determinato organismo. Successivamente, tecniche statistiche multivariate ad apprendimento automatico (Random Forests, vedasi ad es., Veza et al 2014b) sono state impiegate al fine di individuare le caratteristiche dell'habitat più importanti per la presenza o l'abbondanza della specie considerata.

Per la validazione dei modelli biologici di idoneità è stato necessario individuare tratti di corsi d'acqua rientranti in zone di particolare pregio e rappresentativi della maggior naturalità, dal punto di vista idrologico, morfologico, chimico e di gestione alienica della fauna ittica, caratterizzate dalla presenza di popolazioni il più possibile pure. I tratti così individuati sono i seguenti

- torrente Rabbies a valle della confluenza con il rio Lago Corvo e in località Pondasio (trota marmorata)
- torrente Arnò a monte del ponte Pianone e rio Vela poco a valle del rifugio Viote (trota fario)

I rilievi della fauna ittica sono stati resi possibili anche grazie alla preziosa e volontaria collaborazione dell'Associazione Pescatori Dilettanti Trentini e dell'Associazione Pescatori dell'Alto Sarca, cui vanno i più sentiti ringraziamenti. A seguito del campionamento sono stati mappate le unità morfologiche e rilevati i descrittori ambientali degli stessi.

I dati così ottenuti sono stati utilizzati per la validazione dei modelli biologici di trota fario e trota marmorata sviluppati in altre aree tramite l'applicazione di tecniche statistiche multivariate ad apprendimento automatico. Complessivamente i risultati sono molto soddisfacenti in quanto non mostrano differenze statisticamente significative fra quanto previsto dai modelli biologici nelle condizioni dei torrenti trentini esaminati e quanto ivi osservato a seguito dei campionamenti attraverso elettropesca (torrenti Rabbies, Arnò e Rio Vela). Questo risultato indica che i modelli biologici per la valutazione dell'habitat fluviale sviluppati per le Alpi Occidentali possono essere utilizzati anche nelle Alpi Orientali e in particolare nei corsi d'acqua della Provincia di Trento. A livello operativo, ciò consolida l'affidabilità delle applicazioni previste nell'ambito dei PMA per la valutazione dell'impatto delle derivazioni idriche in Trentino, e ne suggerisce altrettanta affidabilità nel più ampio contesto del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali e, di conseguenza, nell'intero arco Alpino in territorio italiano.

### **1.3 Fase 2: attività e risultati**

La seconda fase ha richiesto l'individuazione di tratti di corsi d'acqua che fossero rappresentativi per il territorio trentino e significativi per l'applicazione della metodologia. Fra i criteri di scelta va senz'altro menzionata la presenza di una stazione idrometrica con scala delle portate validata, in grado quindi di restituire una serie di portate per calcolare l'IH su possibili scenari di gestione della portata. Il monitoraggio in continuo delle portate è infatti una condizione fondamentale per l'applicazione della metodologia, che, fra i propri punti di forza ha, proprio per questo motivo, la possibilità di simulare quantitativamente l'effetto di diversi scenari di gestione della risorsa idrica sulla disponibilità di habitat in alveo.

I tratti individuati sono:

1. torrente Vermigliana a valle della confluenza con il rio Presanella;
2. torrente Sarca di Nambrone in località Pian Nambrone all'interno del Parco Naturale Adamello Brenta;
3. torrente Sarca di Val Genova a valle della vasca di calma (opera di presa HDE);
4. rio Vela a monte dell'abitato di Cadine.

È stato inoltre scelto di riportare nella presente relazione (Allegato 1) anche le due applicazioni della metodologia MesoHABSIM effettuate sul territorio trentino prima del presente progetto (Zolezzi et al., 2013). La presente relazione contiene quindi un resoconto di tutte le applicazioni della metodologia MesoHABSIM effettuate prima del 2017 sul territorio della Provincia di Trento, consentendo una maggiore facilità di consultazione. Le applicazioni in val di Sole sono state effettuate sul torrente Noce in val di Sole a valle di Daolasa e a monte dell'abitato di Dimaro (due sotto-tratti).

I primi due tratti sono rappresentativi di una condizione idrologica naturale, il tratto sul Sarca di Val Genova risente dell'alterazione idrologica indotta dall'opera di presa HDE a monte ed il tratto sul rio Vela presenta a monte una derivazione durante la stagione invernale per l'innnevamento artificiale.

I rilievi hanno permesso di definire la classificazione di ogni unità idro-morfologica in termini di idoneità di habitat per una specie scelta come target e la curva habitat-portata per 3 dei 4 tratti considerati. Tale relazione, applicata ad una serie di portate considerata come riferimento e una serie di portate alterate da una ipotetica derivazione idrica, consente di calcolare l'indice di integrità di habitat IH e, quindi, di quantificare l'impatto della derivazione stessa sull'habitat in termini sia spaziali che temporali.

Il primo caso studio è un tratto del torrente Vermigliana, appena a valle della confluenza tra il rio Presena e il rio Presanella. Questo tratto presenta alcune alterazioni morfologiche (arginature, soprattutto in sponda destra) e poche alterazioni idrologiche. Una derivazione a scopo idroelettrico ad acqua fluente restituisce poco a monte del tratto monitorato. I dati idrometrici relativi ad una stazione appena a valle del tratto monitorato sono stati reperiti presso l'Ufficio Dighe della PAT. La presenza di questo idrometro favorisce anche l'organizzazione delle uscite sul campo in quanto permette la scelta da remoto delle condizioni di rilievo maggiormente desiderabili attraverso la possibilità di osservare in tempo quasi reale le portate defluenti in alveo. Questo tratto risulta interessante per le dimensioni del torrente, per la morfologia caratterizzata da un canale principale e un



---

canale secondario separati da un'isola e per le ampie fluttuazioni stagionali naturali dovute alla sua alimentazione nivo-glaciale. Inoltre in questo tratto l'alveo è facilmente raggiungibile e di facile accesso.

Il secondo caso studio individuato è il tratto del Sarca di Nambrone nella piana appena a monte del Rifugio Nambrone. Questo tratto presenta spiccate caratteristiche di naturalità, con morfologia anastomizzata (canali multipli separati da isole vegetate stabili) e nessuna alterazione idrologica a monte. I dati idrometrici relativi ad anni recenti sono disponibili grazie ad un idrometro sito in prossimità del rifugio. Questo tratto presenta caratteristiche ideali per testare l'applicazione del metodo su di un tratto multi-canale con rilevanti fluttuazioni stagionali di portata dovute all'alimentazione nivo-glaciale.

Il terzo caso studio è un tratto del Sarca di Val Genova, in località Antica Vetreria nel comune di Pinzolo. Questo tratto presenta una forte alterazione del regime idrologico, in quanto situato poco a valle della presa e della vasca HDE di Val Genova, per cui le fluttuazioni stagionali di portata sono molto ridotte e sono associabili quasi esclusivamente ad eventi meteorici intensi. L'alveo presenta anche alterazioni morfologiche a causa di difese spondali, briglie e altre strutture in alveo. Questo tratto è stato scelto in accordo con HDE al fine di sviluppare un caso test per la valutazione degli effetti di eventuali riduzioni del DMV dalle grandi derivazioni, che sono state oggetto di dibattito a livello provinciale durante lo svolgimento del progetto. In assenza di idrometri dei servizi provinciali, i rilievi dei meshabitat hanno richiesto, in aggiunta, la misura della portata defluente al momento del rilievo. Qualora il caso risultasse di interesse anche per il soggetto derivatore (in questo caso HDE) l'applicazione del metodo risulterebbe particolarmente agevole potendo stabilire di comune accordo una regolazione artificiale della portata rilasciata dall'opera di presa Val Genova nel periodo limitato destinato alle misure in alveo. Questo consentirebbe la valutazione della risposta dell'habitat in caso di variazioni del DMV o in caso di magre estreme.

Il quarto caso studio individuato è un tratto del torrente Vela in prossimità di Cadine. Questo tratto presenta buone caratteristiche di naturalità per quanto riguarda la morfologia, mentre l'idrologia è alterata stagionalmente dai prelievi per l'innevamento artificiale, a monte del tratto monitorato. I dati idrometrici sono stati messi a disposizione da APPA. Il motivo della scelta di questo tratto risiede nelle sue dimensioni limitate, nelle limitate pressioni antropiche e nella facile raggiungibilità, che lo hanno reso ideale per la collaborazione sul campo di diversi gruppi di lavoro e per le prime applicazioni sul territorio di un metodo che richiede comunque una fase iniziale di rodaggio.

Il quinto caso studio comprende due sotto-tratti del fiume Noce in Val di Sole, situati presso Marilleva (stazione di valle della funivia) e appena a monte dell'abitato di Dimaro. I due sottotratti sono caratterizzati da due morfologie differenti, con una maggiore diversificazione morfologica nel sotto-tratto più largo e meno pendente presso Dimaro. Da un punto di vista idrologico i due sotto-tratti presentano un importante fenomeno di *hydropeaking*, fenomeno che consiste in rapide fluttuazioni artificiali della portata a scala temporale sub-giornaliera imposte dalla regolazione idroelettrica. L'analisi dell'habitat fluviale si è primariamente concentrata in questo caso sulla dimensione temporale, attraverso il calcolo dei giorni di stress tramite le curve UCUT, in diversi scenari di ipotetica riduzione dell'hydropeaking. È da sottolineare inoltre come l'applicazione della metodologia MesoHABSIM al Noce coincida anche con la prima applicazione in assoluto della metodologia a livello nazionale in un corso d'acqua soggetto ad hydropeaking.





In quattro dei cinque casi studio individuati è stato possibile realizzare una prima versione della curva habitat-portata, cardine della metodologia poiché consente la trasformazione di serie temporali di portata in serie temporali di habitat disponibile.

L'applicazione dell'indice IH è stata infine effettuata riferendosi al caso del torrente Vermigliana, che presenta la migliore qualità, rilevanza e completezza complessiva delle informazioni necessarie. L'indice IH si basa per sua natura su un confronto fra uno scenario di riferimento e uno scenario alterato, che è stato ottenuto simulando due diverse serie di derivazioni idriche ipotetiche, caratterizzate da due diversi valori del DMV. I risultati mostrano l'effetto di derivazioni caratterizzate da portata massima di concessione crescente sulle due componenti dell'indice IH, rispettivamente la disponibilità spaziale (ISH) e temporale (ITH), indicando quali fattori pesano maggiormente anche in funzione del DMV imposto.

Le misure in campo sono state svolte mediamente da un gruppo di 3 persone, numero che consente una efficiente distribuzione del lavoro (1 operatore al telemetro, 1 operatore che effettua la raccolta dei descrittori ambientali, 1 operatore che registra i dati puntuali e coordina il rilievo). Tale assetto è stato scelto anche in relazione alla valenza formativa del progetto, che aveva anche l'obiettivo di favorire l'acquisizione della metodologia in particolare da parte dell'ente territoriale (APPA), attraverso la collaborazione con il dipartimento DICAM dell'Università di Trento. È da notare come, nel caso di operatori con buona esperienza, il rilievo sia tranquillamente realizzabile anche da un gruppo di lavoro di 2 persone.

## **1.4 Struttura della relazione**

La presente relazione è strutturata come segue. Dopo la sintesi iniziale, vengono brevemente richiamati gli aspetti salienti della metodologia utilizzata (MesoHABSIM e IH: Capitolo 2); sono quindi descritte le attività e risultati della fase 1 (validazione dei modelli biologici per la fauna ittica, Capitolo 3) e le attività e i risultati della fase 2 (calcolo delle curve habitat-portata e dell'indice IH, Capitolo 4). Il Capitolo 5 sintetizza le conclusioni principali del lavoro. Una sintesi dell'applicazione della metodologia MesoHABSIM al fiume Noce in val di Sole, effettuata nel periodo 2011-2013 (Zolezzi et al., 2013) è riportata nell'Allegato 1.

## **1.5 Considerazioni conclusive**

L'attività svolta ha consentito il raggiungimento degli obiettivi prefissati. In particolare, in relazione a ciascun obiettivo, si può sintetizzare quanto segue.

1. È stata mostrata l'applicabilità del metodo MesoHABSIM e dell'indice IH a livello provinciale, soprattutto in considerazione delle caratteristiche idromorfologiche dei torrenti trentini, alla robustezza metodologica dell'approccio rispetto alla complessità degli ambienti fluviali e alla agevolezza della raccolta dei dati di campo con le tecnologie disponibili.



2. È stata effettuata la validazione dei modelli statistici di distribuzione di specie (modelli biologici multivariati) per le specie trota fario e trota marmorata (stadi vitali adulto e giovane), mostrando di conseguenza la validità dei modelli sviluppati nel contesto delle Alpi Occidentali per in tutto l'arco alpino italiano.
3. È stata incrementata la conoscenza degli habitat fluviali in aree soggette a tutela e di particolare pregio, in particolare per i torrenti Sarca di Nambrone e torrente Arnò (Parco Naturale Adamello Brenta), rio Vela (Rete di Riserve Bondone), evidenziando altresì l'importante ruolo della morfologia fluviale, e quindi di una adeguata gestione del sedimento, nel determinare la distribuzione spazio-temporale degli habitat
4. Il progetto ha evidenziato le potenzialità della metodologia IH nel valutare quantitativamente l'impatto di derivazioni idriche sull'habitat, al variare dei parametri della derivazione stessa, e la potenzialità di un suo utilizzo a fini pianificatori, in particolare nell'ambito delle recenti normative a livello nazionale sui Deflussi Ecologici e sulla valutazione degli impatti ambientali delle derivazioni idriche (Decreti Direttoriali MATTM n. 29/STA e 30/STA del 13.02.2017);
5. L'attività del progetto ha favorito la collaborazione tra l'università e gli enti provinciali, in particolare APPA, per coordinare e affinare l'utilizzo e l'applicazione del metodo MesoHABSIM sul territorio trentino, ponendo anche le basi per una continuità nel tempo oltre il progetto stesso.

In ottica più generale, si ritiene infine importante rimarcare i due seguenti aspetti:

- La disponibilità dei dati di portata in alveo è una caratteristica imprescindibile per l'applicazione del metodo e, in generale, per una gestione sostenibile dei corsi d'acqua a vari livelli. Nell'ambito del progetto tale misura non era sempre disponibile ed è stato necessario integrare le misure di habitat con le misure contestuali di portata defluente. In alcuni casi sono disponibili serie di livello ma non di portata, per via dell'assenza di una scala delle portate validata. Il progetto, come molti altri, evidenzia (a) l'importanza di un investimento di risorse da parte degli enti competenti in tale direzione e (b) l'opportunità di richiedere la misura in continuo della portata defluente nei tratti specifici soggetti a possibili derivazioni o altre tipologie di alterazioni idromorfologiche.
- Utilizzare la variazione spazio-temporale degli habitat alla mesoscala come indicatore, infine, consente di superare i limiti e le criticità evidenziate dagli indicatori biologici comunemente usati per valutare l'effetto di alterazioni idromorfologiche ai sensi della Direttiva 2000/60 (vedasi, Petitguyot et al., 2015, Rinaldi et al. 2016), consentendo di fornire informazioni rilevanti e quantitative, a scale spaziali adeguate, e di poterle pienamente interpretare nel contesto più ampio dei processi idro-morfologici dei corsi d'acqua.





---

## 2 La metodologia MesoHABSIM e l'Indice IH

Per la valutazione della disponibilità di habitat nei tratti analizzati è stato applicato il metodo MesoHABSIM, la cui descrizione esaustiva è riportata nel manuale ISPRA 154/2017, Veza et al. (2017). In questo capitolo è riportata una breve sintesi dei principi e dei passi principali della metodologia, che si basa sull'aggregazione di tre elementi:

1. la descrizione delle caratteristiche idro-morfologiche che rappresentano le variazioni del mosaico dei meso-habitat in funzione della portata defluente;
2. un modello biologico di natura statistica che descrive l'uso dell'habitat fluviale da parte delle specie target;
3. l'integrazione fra gli elementi idro-morfologici (1) e biologici (2) che consente di determinare una relazione quantitativa fra l'habitat disponibile e la portata defluente. Tale relazione consente la trasformazione delle serie temporali di portata in serie temporali di habitat, la cui analisi statistica consente di determinare infine l'indice IH.

### **2.1. Descrizione idro-morfologica**

Al fine di descrivere le variazioni del mosaico di mesohabitat (unità morfologiche e idrauliche, UMI o hydro-morphological units in inglese, HMU) in funzione della portata defluente sono state effettuate nell'ordine le seguenti operazioni:

- Definizione del tratto rappresentativo in cui svolgere il rilievo;
- Mappatura delle HMU inserite in un Sistema Informativo Territoriale (SIT) per un sufficiente numero di differenti condizioni di deflusso (min. 3, max. 5)
- Raccolta dei descrittori ambientali di habitat per ogni UMI, rappresentata da un poligono georiferito all'interno del SIT.

Secondo le indicazioni riportate in Veza et al. (2017), nel presente studio sono state indagate porzioni di corsi d'acqua aventi la maggior distribuzione spaziale delle UMI e che fossero rappresentative del tratto nel quale si inseriscono. In particolare, si è considerato rappresentativo un tratto di lunghezza tra le 10 e le 20 volte la larghezza dell'alveo attivo e che includesse al proprio interno almeno 10 differenti unità idro-morfologiche. La mappatura del mosaico dei mesohabitat in funzione della portata defluente è stata realizzata utilizzando un telemetro laser (TruPulse 360R), un computer palmare PDA (Getac PS336), software ArcPad, posizionamento GPS e un treppiede fotografico in alluminio (Figura 1).

Durante la mappatura (Figura 2), per ogni punto di contorno delle UMI, dal telemetro laser viene emesso un laser infrarosso a energia pulsata invisibile e, attraverso il valore dell'angolo di inclinazione e dell'angolo azimutale (entrambi forniti dal telemetro) la posizione 3D del punto viene registrata in ambiente GIS tramite il software ArcPad. Per una migliore visione del corso d'acqua, la mappatura delle UMI viene svolta generalmente muovendosi da valle verso monte.



Figura 1: Telemetro laser Trupulse 360R (figura di sinistra) e un computer palmare PDA (Getac PS336) (figura di destra) installati su di un treppiede fotografico in alluminio.



Figura 2 Esempio di delimitazione delle unità idro-morfologiche (UMI) attraverso l'utilizzo di un telemetro laser Trupulse 360R in comunicazione con un computer palmare PDA (Getac PS336).





Seguendo il protocollo definito per l'applicazione del metodo MesoHABSIM (Veza et al., 2017), sono stati raccolti per ogni UMI un insieme di descrittori d'habitat la cui scelta è stata realizzata al fine di coprire l'ampio spettro di variabili ambientali importanti per lo sviluppo ed il mantenimento della fauna ittica.

Per questo studio sono stati considerati e raccolti per ogni UMI 51 descrittori d'habitat (Tabella 1). In particolare sono stati definiti: il tipo di unità idro-morfologica (UMI, 11 categorie, Allegato A in Veza et al., 2017), la pendenza media dell'UMI, le diverse tipologie di rifugio (7 categorie), i tipi di substrato presenti (12 categorie), le classi di frequenza di profondità (9 categorie) e velocità della corrente (9 categorie), la deviazione standard della velocità, il numero di Froude,  $Fr = v/(gh)^{1/2}$  (dove  $v$  è la velocità di corrente,  $h$  l'altezza della corrente e  $g$  l'accelerazione di gravità), che rappresenta le caratteristiche cinematiche della corrente.

Le distribuzioni di frequenza dei substrati, della profondità e della velocità della corrente sono state registrate in campo attraverso l'utilizzo di un correntometro elettromagnetico, andando a raccogliere per ogni UMI un numero superiore a 10 di osservazioni puntuali distribuite in maniera random stratificata.

L'intervallo di portate considerato per i rilievi idro-morfologici è stato scelto analizzando la variabilità del regime idrologico tramite i dati di portata alle stazioni idrometriche prossime al tratto, al fine di poter rappresentare le caratteristiche del regime idrologico del torrente con valori di portata relativi sia al regime di magra (periodo invernale) sia vicini o superiori ai valori di portata media (periodo estivo).



Tabella 1. Descrittori dell'habitat fluviale utilizzati per la descrizione dell'habitat fluviale secondo la metodologia MesoHABSIM. Per dettagli sulla classificazione delle unità morfologiche di canale e dei descrittori di habitat fare riferimento al Manuale ISPRA 154/2017, Veza et al., 2017.

Descrittore	Unità di misura	Classi	Categorie/descrizione
Principali unità UMI	si/no	12	pothole, cascade, rapid, riffle, step, waterfall, glide, rock glide, pool, plunge pool, backwater pool, sistema di dune (Rinaldi et al., 2016)
Pendenza	%	1	pendenza media della superficie libera dell'UMI
Zone di rifugio	si/no	7	presenza di massi, ombreggiatura, vegetazione terrestre sporgente e a contatto con l'acqua; radici esposte, vegetazione acquatica sommersa o emergente, presenza di sponda scalzata alla base e di accumuli di detriti legnosi
Substrato	% di misurazioni random	12	gigalithal (substrato roccioso), megalithal (>40 cm); macrolithal (20-40 cm); mesolithal (6-20 cm); microlithal (2-6 cm); akal (ghiaia); psammal (sabbia); pelal (limo, argilla), detritus (materiale organico); xylal (detriti di legno, radici); sapropel (fango anossico di colore scuro); phytal (piante sommerse)
Profondità della corrente	% di misurazioni random stratificate	9	classi definite da intervalli di 15 cm (fino a $\geq 120$ cm)
Velocità della corrente	% di misurazioni random stratificate	9	classi definite da intervalli di 15 cm/s (fino a $\geq 120$ cm/s)
Numero di Froude	-	1	media sull'area dell'unità morfologica

## **2.2 Modellazione biologica**

Al fine di mettere in relazione le molteplici caratteristiche fisiche e ambientali dell'habitat fluviale con la probabilità di assenza, presenza e abbondanza della fauna ittica, sono stati impiegati modelli statistici multivariati costruiti con la tecnica statistica ad apprendimento automatico denominata Random Forests (Breiman, 2001).

Random Forests (RF) è una tecnica ad apprendimento automatico basata sulla combinazione di alberi di decisione. L'algoritmo di RF ristruttura la base di dati con un procedimento di cross-validazione scegliendo in maniera random le variabili indipendenti in ogni nodo di ogni albero. Il procedimento, ripetuto per un numero  $t$  di alberi, permette la stima della variabile dipendente (categorica o continua a seconda se si tratti rispettivamente di classificazione o regressione) che avviene mediando la previsione di tutti gli alberi di decisione che compongono la cosiddetta "Foresta". RF ha particolari vantaggi rispetto ad altre tecniche ad apprendimento automatico (ad es., le reti neurali artificiali) in quanto la previsione viene eseguita tenendo in conto tutte le variabili a disposizione allo stesso tempo (non vi è necessità di operare tramite *feature selection*), non sono necessarie trasformazioni



dei dati (non vi è necessità di scalare, trasformare, normalizzare, modificare gli input del modello), vi è resistenza agli outliers, non vi è over-fitting o over-training anche utilizzando molte variabili o generando un numero elevato di alberi, è presente una procedura di cross-validation chiamata “Out-Of-Bag (OOB) data processing” e l’algoritmo possiede buone velocità di processamento dei dati, attraverso l’utilizzo di un numero ristretto di variabili allo stesso tempo.

Per la costruzione dei modelli di idoneità di habitat, all’interno dell’applicazione della metodologia MesoHABSIM, l’algoritmo di RF viene utilizzato per identificare i parametri che maggiormente influenzano la presenza o l’abbondanza delle specie (o relativi stadi vitali analizzati). In particolare, per ogni specie (o stadio vitale), vengono costruiti 2 modelli binari al fine di distinguere tra assenza/presenza e presenza/abbondanza dell’organismo considerato. Il risultato dell’applicazione dei modelli è una probabilità di presenza (o di abbondanza) che, se superiore a 0.5, classifica l’unità morfologica di canale o UMI come mesohabitat idoneo (probabilità di presenza  $> 0.5$ ) o mesohabitat ottimale (probabilità di abbondanza  $> 0.5$ ) per la specie o stadio vitale considerati.

I modelli di idoneità di habitat costruiti con la tecnica RF (Allegato B in Vezza et al., 2017) sono stati tarati su corsi d’acqua alpini per la specie trota fario (*Salmo trutta*) e trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*) stadio vitale giovane e adulto, che costituiscono le più diffuse specie ittiche del Trentino.

### **2.3 Modellazione dell’habitat fluviale**

A seguito della raccolta dei dati idro-morfologici e dell’applicazione dei modelli biologici, è stata simulata la variazione dell’habitat disponibile per la comunità ittica in funzione della portata defluente. In particolare, è stato possibile, classificare i diversi mesohabitat secondo tre diverse categorie di idoneità (non-idoneo, idoneo o ottimale) al fine di individuare e quantificare l’area disponibile ad ospitare la fauna ittica.

Sono stati effettuati campionamenti ittiofaunistici quantitativi nei tratti scelti come riferimento per le specie trota fario (*Salmo trutta*) e marmorata (*Salmo trutta marmoratus*) e sono stati validati e applicati i modelli biologici per gli stadi vitali giovane e adulto per queste specie.

Tale analisi costituisce la base per lo sviluppo delle cosiddette curve habitat-portata, funzioni empiriche che mettono in relazione l’habitat disponibile per la fauna ittica (in termini di area bagnata) con la portata defluente all’interno del corso d’acqua. Per la costruzione della curva, i valori di habitat disponibile ottenuti per ciascuna condizione di deflusso vengono infatti interpolati da una relazione lineare definita per intervalli regolari ed il procedimento viene ripetuto per ogni stadio vitale (Vezza et al., 2014c).

### **2.4 Misurazione in continuo della portata in alveo**

Al fine di avere a disposizione una serie storica affidabile di portate medie giornaliere per i torrenti sottoposti all’analisi è stato fondamentale individuare tratti nelle immediate vicinanze di stazioni idrometriche con scala di deflusso. In questo modo i valori di tirante

registrati ogni 15 minuti sono stati relazionati e alla portata che effettivamente scorre in alveo.

## **2.5 Analisi della variazione spazio-temporale dell'habitat tramite l'indice IH**

La variazione spaziale dell'habitat disponibile con la portata defluente viene descritta dalla curva habitat-portata, mentre la variazione temporale viene rappresentata dalle serie storiche di habitat ottenute a partire dalle serie di portata in alveo. In particolare, l'habitat disponibile al tempo  $t$  viene ottenuto tramite la relazione  $H_d(t)=H(Q(t))$ , dove  $H$  rappresenta la relazione habitat-portata per una determinata specie o stadio vitale,  $Q(t)$  è la portata defluente al tempo  $t$  e  $H_d(t)$  è l'habitat disponibile al tempo  $t$  (Milhous et al., 1990).

Le serie di portata in alveo vengono quindi tradotte in serie di habitat tramite la curva habitat portata e analizzate statisticamente al fine di stabilire la deviazione rispetto alle condizioni di riferimento. Questo permette di verificare tramite un efficace indicatore ecologico sia lo stato attuale dell'habitat sia un possibile stato futuro, generato a seguito della costruzione dell'opera di derivazione in esame.

A seguito dell'analisi delle serie temporali di habitat è infatti possibile calcolare l'Indice di Integrità dell'Habitat (IH, Rinaldi et al., 2016), dato dall'aggregazione di due indici mediati tra loro: l'Indice di disponibilità Spaziale di Habitat (ISH) e l'Indice di disponibilità Temporale di Habitat (ITH).

### ***2.5.1 Indice di disponibilità Spaziale dell'Habitat fluviale (ISH)***

L'ISH (Indice di disponibilità Spaziale dell'Habitat fluviale, Eq. 1) rappresenta l'alterazione della quantità spaziale di habitat in un periodo di tempo determinato. L'indice è costruito su base annuale confrontando l'area disponibile media sul periodo (espressa in  $m^2$ ) in condizioni idro-morfologiche di riferimento ( $A_{Hd,r}$ ) con quella in condizioni alterate ( $A_{Hd}$ )

$$ISH = \min \left( \begin{cases} 1 - \frac{|A_{Hd,r} - A_{Hd}|}{A_{Hd,r}}, & \frac{|A_{Hd,r} - A_{Hd}|}{A_{Hd,r}} \leq 1 \\ 0, & \frac{|A_{Hd,r} - A_{Hd}|}{A_{Hd,r}} > 1 \end{cases} \right)_{specie} \quad (1)$$

Il valore dell'indice è dato dal minimo tra i valori ottenuti per le diverse specie (e possibilmente i relativi stadi vitali) presenti nel tratto fluviale considerato.  $A_{Hd,r}$  definisce le condizioni di habitat di riferimento sul periodo considerato ed è calcolato come il valor medio della serie storica di habitat in assenza della alterazione (quale ad esempio una derivazione idrica) in esame.

## 2.5.2 L'indice di disponibilità Temporale dell'Habitat fluviale (ITH)

L'ITH (Indice di disponibilità Temporale dell'Habitat fluviale) valuta la variazione temporale della durata di eventi di stress per la fauna. Un evento di stress è caratterizzato dal perdurare nel tempo di limitate condizioni di disponibilità di habitat ed è caratterizzato dalla durata temporale in cui un valore di habitat disponibile (in  $m^2$ ) rimane continuamente al di sotto di una data soglia. Per l'ITH, la soglia al di sotto della quale si verificano eventi di stress è fissata come la quantità di habitat corrispondente (in condizioni non alterate) al 97° percentile di portata (o nel caso di valutazioni di impatto su base annuale e serie storiche a scala giornaliera, alla portata Q355, superata 355 giorni all'anno). Tale soglia di habitat disponibile viene denominata  $A_{Q97}$ .

L'analisi statistica per la determinazione della durata degli eventi di habitat sotto-soglia viene realizzata attraverso le curve di durata continua sotto-soglia (CDS, in inglese UCUT, Uniform Continuous Under-Threshold curves, Parasiewicz et al., 2013). Nell'esempio illustrativo riportato in Figura 5 il calcolo delle curve CDS viene eseguito per un periodo di 100 giorni (circa tre mesi, tra il 10/4/2007 e il 17/7/2007) considerando una soglia di habitat disponibile (relativo alla portata Q355 per il caso in esame) pari a  $1050 m^2$ .

Importante notare come nella Figura 5 il calcolo del periodo in cui la quantità di habitat disponibile si mantiene al di sotto della soglia considerata sia eseguito per l'intero intervallo di durate sotto-soglia (ossia tra l'evento di durata 2 giorni – evento E – e l'evento di durata massima pari a 21 giorni – evento A). Per ulteriori dettagli sulla costruzione delle curve habitat-portata e CDS (o UCUT) vedasi Parasiewicz et al. (2013) e Vezza et al. (2014b).

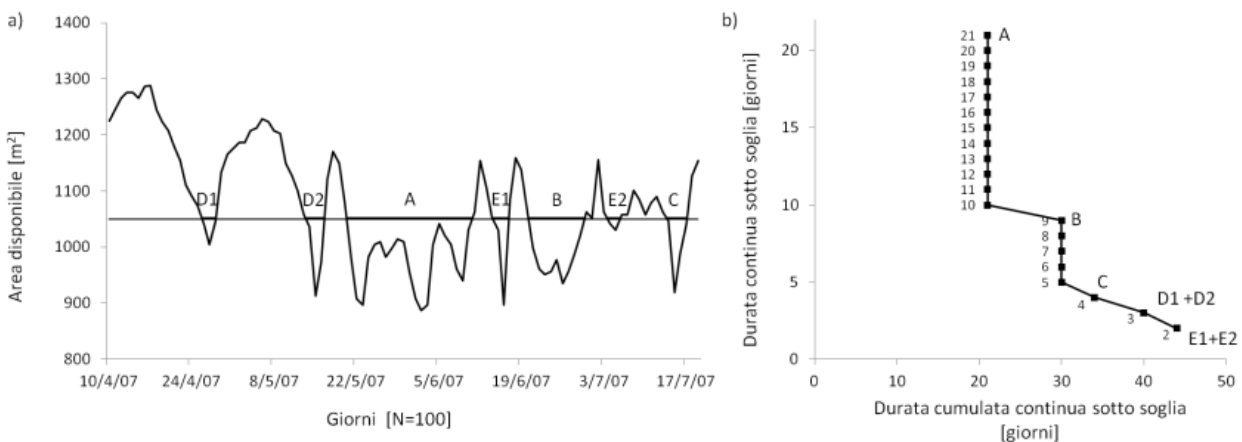


Figura 3: Esempio di calcolo della curva di durata dell'habitat disponibile sotto soglia (UCUT). Il calcolo viene eseguito per l'intero intervallo di durate sotto soglia (in Figura: tra 2 giorni – evento E - e 21 giorni – evento A).

Quest'analisi si basa sul presupposto che gli eventi che si verificano raramente in natura (ad es., il ripetersi nel tempo di portate minime di magra) sono i principali fattori di stress che agiscono sulla comunità e ne determinano la struttura della popolazione presente. Al fine della valutazione di impatto su base annuale di una derivazione, il processo di costruzione della curva CDS viene ripetuto utilizzando sia la serie storica di habitat in



condizioni non alterate (assenza della derivazione in esame), sia per condizioni alterate (a valle della derivazione in esame). L'indicatore utilizzato per determinare l'alterazione nella durata degli eventi di stress per la specie  $i$ , e quindi l'indice ITH, è la distanza media tra la curva di durata sotto-soglia in condizioni alterate e la curva in condizioni non alterate (esempio in Figura 6). Tale distanza esprime la variazione media dei giorni di stress fra le due condizioni considerate.

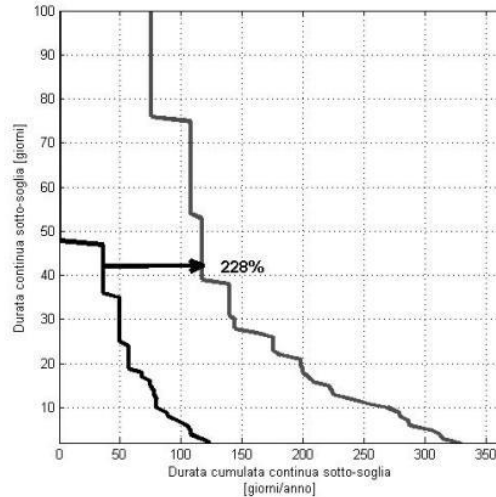


Figura 4: Esempio di calcolo dell'alterazione media della durata degli eventi di stress (eventi di habitat disponibile sotto-soglia) per la specie barbo (*Barbus sp.*) per il F. Taro a Piane di Carniglia (Parma). Da Rinaldi et al, 2016.

Operativamente, per ogni valore di durata continua sotto-soglia (asse delle ordinate nell'esempio in Figura 6) si valuta la differenza relativa (in valore assoluto) tra il corrispondente numero di giorni di durata cumulata continua per la curva in condizioni alterate ( $d_{c,AQ97}$ ) rispetto a quella in condizioni non alterate ( $d_{c,r,AQ97}$ ). L'alterazione complessiva nel numero di giorni di stress (AGS, o in inglese Stress Days Alteration - SDA, Parasiewicz et al., 2012) viene quindi calcolata come media su tutto l'intervallo di durate continue sotto-soglia (intervallo da 1 a  $d_{max,r}$  espresso in giorni, Eq. 2).

$$AGS = \frac{1}{d_{max,r}} \cdot \sum_{k=1}^{k=d_{max,r}} \left( \frac{|d_{c,AQ97} - d_{c,r,AQ97}|}{d_{c,r,AQ97}} \right) \quad (2)$$

L'indice ITH viene infine determinato tramite l'Eq. 3, dove la funzione di valore che trasforma l'indicatore AGS nell'indice ITH è calcolata sulla base di un esponenziale negativo che, rispetto ad una funzione lineare, fa aumentare l'importanza di ridotte alterazioni di eventi di stress (Figura 7). Analogamente a ISH, l'indice ITH è pari al minimo tra i valori calcolati per le diverse specie (e possibilmente i relativi stadi vitali) presenti nel tratto fluviale considerato.

$$ITH = \min(e^{-0.38AGS})_{specie} \quad (3)$$

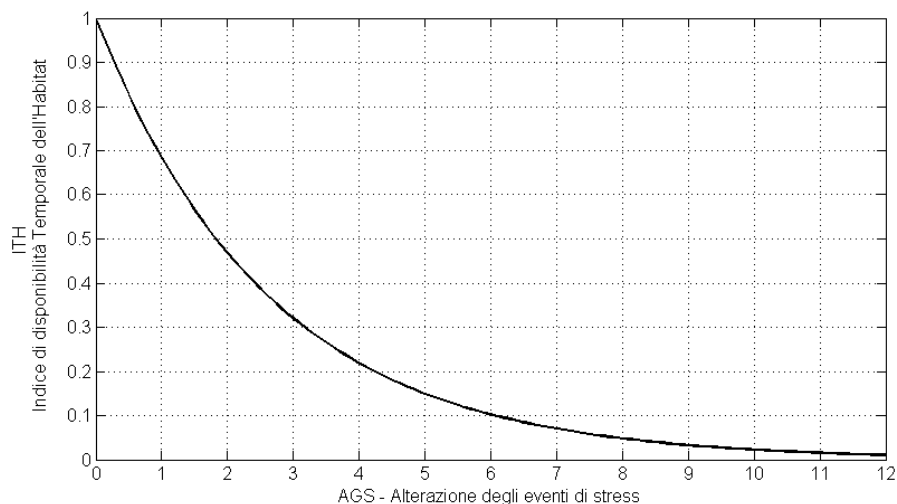


Figura 5: Rappresentazione della funzione di valore per il calcolo dell'indice ITH (indice di disponibilità temporale dell'habitat fluviale) basato sull'indicatore AGS (alterazione dei giorni di stress).

### 2.5.3 L'indice di integrità spazio-temporale dell'habitat fluviale (IH)

Dai punteggi assegnati ai due indici ISH e ITH deriva quindi il valore finale dell'Indice IH che rappresenta il minimo tra i due indici. All'interno del range di valori assunti dall'indice, 0 rappresenta un grado elevatissimo di alterazione della qualità dell'habitat fluviale e 1 significa assenza di alterazioni, ossia qualità dell'habitat coincidente con la condizione di riferimento (assenza di alterazione idro-morfologica). In accordo all'impostazione della Direttiva Quadro Acque (2000/60), l'integrità dell'habitat viene definita nelle cinque classi riportate in Tabella 2.

Tabella 2. Classi di integrità dell'habitat secondo l'indice IH.

IH	CLASSE
$IH \geq 0.80$	ELEVATO
$0.60 \leq IH < 0.80$	BUONO
$0.40 \leq IH < 0.60$	SUFFICIENTE
$0.20 \leq IH < 0.40$	SCADENTE
$IH < 0.20$	PESSIMO



### 3 Fase 1. Validazione dei modelli biologici per trota fario e marmorata

Nell'ambito del progetto sono state condotte una serie di campagne di campionamento della fauna ittica in tratti selezionati di alcuni torrenti del Trentino. Lo scopo è stato quello di verificare l'applicabilità dei modelli biologici multivariati sviluppati nelle Alpi Occidentali anche nelle Alpi Orientali, per le stesse specie e stadi vitali. Questa fase di test ha richiesto un'analisi preliminare atta ad individuare le specie ittiche maggiormente presenti e rilevanti per i corsi d'acqua del Trentino; la scelta è quindi ricaduta sulle specie ittiche sono la trota fario (*Salmo trutta*, stadio adulto e giovane) e la trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*). La validazione del modello biologico ha richiesto di operare su tratti che presentassero le minime condizioni di disturbo antropico, in particolare in termini idro-morfologici e di gestione della fauna ittica, rappresentativi della massima naturalità per la tipologia di corpo idrico. I criteri osservati sono stati i seguenti:

- assenza di alterazioni sia idrologiche sia morfologiche;
- assenza di alterazioni biologiche della popolazione locale (immissioni, pesca, specie aliene);
- presenza solo di trota marmorata o presenza solo di trota fario per limitare/escludere il problema di ibridazioni;
- popolazioni di marmorata il più possibile pure;
- tratto morfologicamente eterogeneo, in modo da avere mesohabitat non troppo estesi e diversi tra loro;
- variabilità delle profondità (da 10 a 120 cm);
- variabilità delle velocità (da 10 a 120 cm/s);
- variabilità nella composizione dei substrati (presenza di diametri differenti, dalla ghiaia ai massi > 40 cm);
- variabilità delle tipologie di cover (grossi massi parzialmente sommersi, ombreggiatura, detriti di legno);
- variabilità della pendenza del pelo libero (tra 0% e alcuni %);
- tratti tra loro differenti dal punto di vista morfologico (tipo di canale, pendenza media, unità morfologiche presenti).

A seguito di riunioni con enti pubblici e territoriali competenti in materia di gestione della fauna ittica sul territorio trentino, quali il Servizio Faunistico della Provincia Autonoma di Trento e l'Associazione Pescatori Dilettanti Trentini, e valutazioni anche attraverso sopralluoghi in campo, sono stati scelti i seguenti corsi d'acqua per la validazione dei modelli biologici: torrente Arnò e rio Vela per la trota fario, Rabbies per la trota marmorata (Figura 6). Nella fase di scelta è stata valutata inoltre l'appartenenza a zone di particolare pregio quali quelle appartenenti alla Rete Natura 2000, le aree protette, le rete di riserve ed i parchi naturali. Il torrente Arnò rientra nell'area protetta del Parco Adamello Brenta, mentre il tratto di monte scelto nel torrente Rabbies è una zona *no kill* e, al momento del campionamento, il regime idrologico sui due tratti era ancora sostanzialmente indisturbato, non essendo ancora entrate in funzioni le attuali centraline ad acqua fluente. La condizione

ideale di completa naturalità dal punto di vista idromorfologico e di purezza della specie target non è probabilmente verificata al 100%, le scelte operate sembrano comunque rappresentare il miglior compromesso fra i requisiti per la validazione dei modelli biologici e le condizioni eco-idro-morfologiche dei torrenti trentini. La tabella di seguito riportata riassume le principali caratteristiche dei quattro tratti utilizzati per la validazione dei modelli biologici.

Tabella 3 Tratti di validazione dei modelli biologici

Corso d'acqua	Specie presente	Lunghezza tratto campionato [m]	Larghezza media del tratto [m]	Granulometria tratto	Giorno campionamento
Rabbies	Trota Marmorata	200	10	Massi - Ciottoli	28/12/2011 17/07/2012
Arnò	Trota Fario	120	9	Massi - Ciottoli	11/10/2016
Vela	Trota Fario	50	1.5	Ciottoli - Ghiaia	21/11/2016

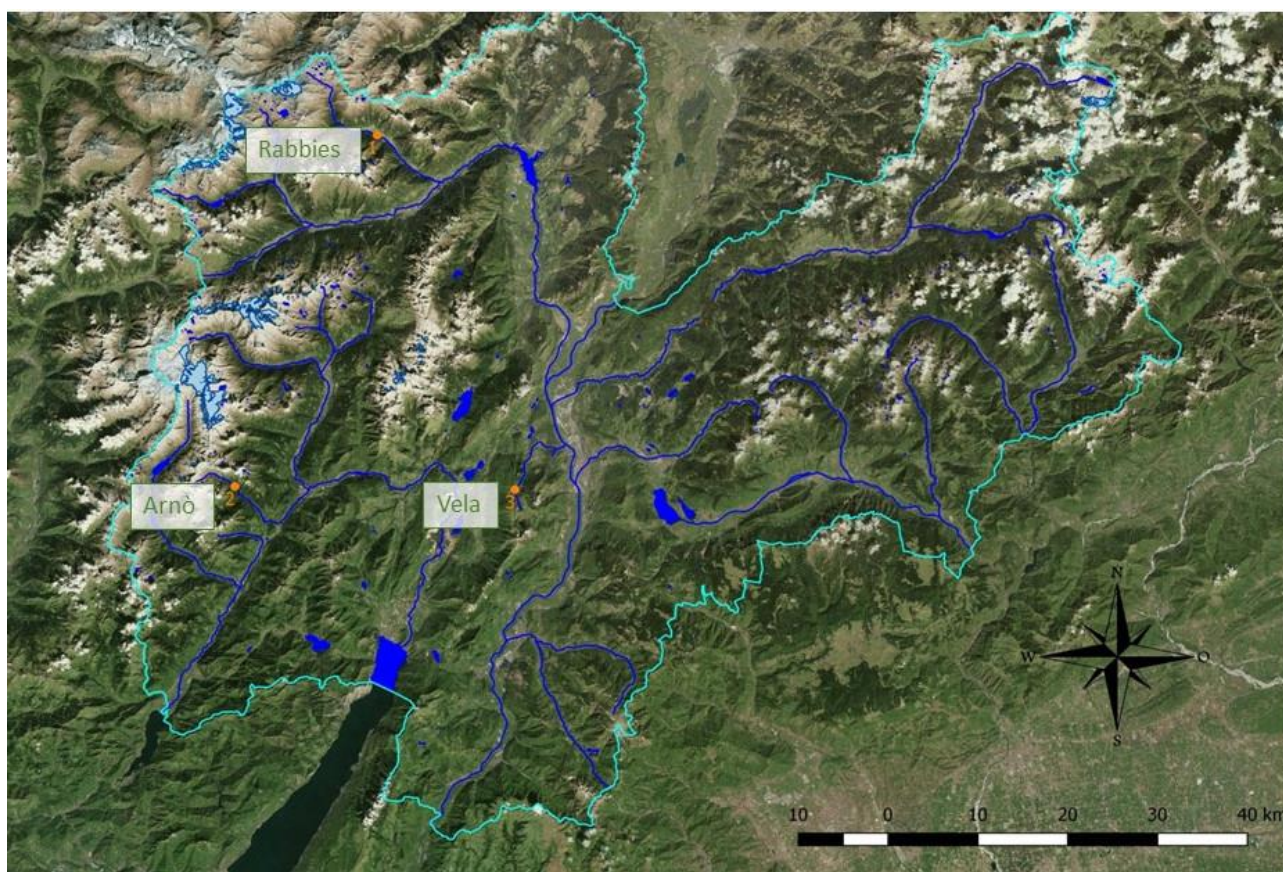


Figura 6: (base immagini Bing® 2016) indicazione (cerchio di colore arancio) della posizione dei tratti scelti per la validazione dei modelli biologici. (1 torrente Rabbies, 2 torrente Arnò, 3 rio Vela).



### **3.1 Trota fario: rilievi idromorfologici e campionamenti con elettropesca**

Il **torrente Arnò** è uno dei principali affluenti in destra idrografica del fiume Sarca. Nasce dalla cima di Breguzzo (m. 2997) nel gruppo dell'Adamello-Presanella e percorre l'omonima valle fino a immettersi nel Sarca in corrispondenza dell'abitato di Tione. La fauna ittica è gestita dall'Associazione Pescatori Alto Sarca, con due siti per l'immissione della trota fario, uno nei pressi dell'abitato di Tione e uno a monte del paese di Bondo in val di Breguzzo.

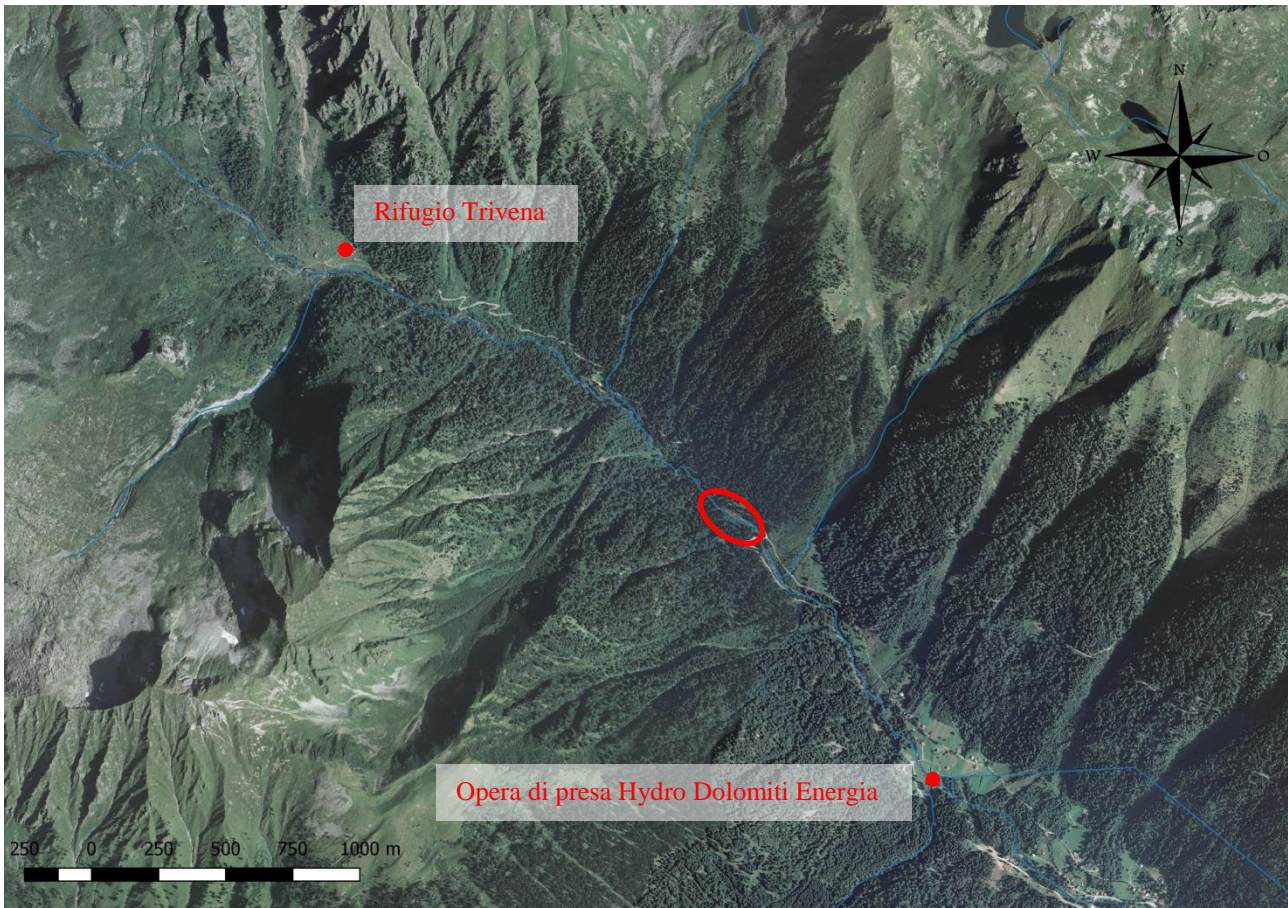


Figura 7: Localizzazione del tratto del torrente Arnò campionato.

L'alveo del torrente Arnò (Figura 7) risulta alluvionale-confinato con presenza consistente di massi anche di grande dimensione e ciottoli. La presenza di massi di notevole dimensione caratterizza una morfologia con presenza di step seguiti da zone rifugio che garantiscono la presenza di trote anche di buona pezzatura. La distribuzione delle unità idro-morfologiche indica una buona diversificazione degli habitat fluviali caratterizzati sia da moderata/elevata velocità di corrente e limitata profondità, quali in particolare "riffle", "step"; sia da altri caratterizzati da moderate/elevate profondità e limitate velocità, quali "glide" e "pool" anche se quest'ultimi ad una scala inferiore (Figura 10) (vedasi l'allegato A per una accurata descrizione delle diverse tipologie di unità morfologiche). Il tratto presenta un





elevato grado di naturalità dal punto di vista sia morfologico, idrologico e chimico-fisico. Dal punto di vista biologico e della fauna ittica in particolare il tratto si caratterizza per la presenza di trota fario e nel tratto analizzato non sono state effettuate semine per quanto riguarda l'anno corrente. A contribuire inoltre all'accrescimento di una buona popolazione sono la presenza di ombreggiamento, zone rifugio, sostanza organica e vegetazione riparia. Una caratteristica meno vantaggiosa è la bassa conducibilità dell'acqua dalla quale ne consegue una bassa produttività.

La campagna di misura è stata condotta il giorno 11 ottobre 2016 in collaborazione con l'Associazione Pescatori Alto Sarca. Il torrente è stato diviso in mesohabitat tramite l'impiego di reti, e in ogni mesohabitat i pesci sono stati raccolti tramite elettropesca, fotografati, misurati e pesati. A causa della bassa conducibilità dell'acqua, che rende difficile le catture con elettropesca, si è dovuto utilizzare del sale gettato a monte del tratto campionato per aumentare la conducibilità elettrica della corrente. Sono stati raccolti in tutto 57 esemplari di ibridi trota fario- marmorata e di trota fario.

<b>Corso d'acqua</b>	<b>Portata (l/s)</b>	<b>Specie catturata</b>	<b>Numero totale catture</b>
Arnò	417	Trota Fario	55

La struttura delle popolazioni è stata analizzata utilizzando il metodo di Bhattacharya. Questo metodo è una tecnica statistica che permette di distinguere per via grafica gruppi diversi di variabili normalmente distribuite estraendole da un set di distribuzioni normali. È un metodo largamente utilizzato in ittiologia ed è presente nel pacchetto di analisi di popolazione sviluppato e distribuito dalla FAO (FISAT II). Nello studio delle popolazioni questa tecnica è utilizzata per identificare le diverse classi di età partendo dai dati di lunghezza e presupponendo che ogni classe modale rappresenti una classe di età o coorte. La robustezza dell'analisi viene misurata con un indice di separazione, chiamato separation index (SI). SI misura in unità di deviazione standard la separazione tra due distribuzioni normali adiacenti. I parametri media e deviazione standard sono considerati poco affidabili per valori di indice di SI inferiori a 2.



Figura 8: Delimitazione dei mesohabitat mediante reti da pesca e campionamento della fauna con elettrostorditore durante la campagna sul torrente Arnò.

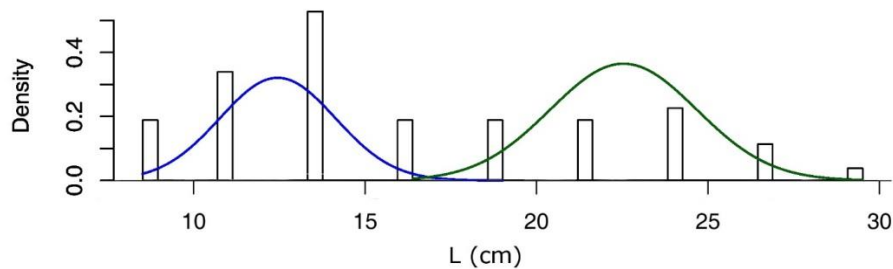


Figura 9: Distribuzione in classi di frequenza (istogramma) delle lunghezze degli esemplari raccolti con elettropesca nel torrente Arnò. Le linee rappresentano le distribuzioni individuate con il metodo di Bhattacharya (linea blu 0+, linea verde 1+).

La Tabella 4 riporta i valori di lunghezza media, deviazione standard e numero di individui per ogni classe di età, relativi al campione di trota fario misurato nel torrente Arnò. La colonna SI indica l'indice di separazione. A titolo di esempio, è possibile affermare che nel tratto indagato del torrente Arnò, gli individui di età 0+ (fino a 1 anno) hanno lunghezza media di 11.5 cm.

Tabella 4. lunghezza media dell'esemplare, deviazione standard n° individui e indice di separazione (Separation index, SI) per le diverse classi di età relative ai campionamenti sul torrente Arnò.

Classe di età	Lunghezza media (cm)	Deviazione standard	N° individui	SI
0+	11.5	3.35	36	n.a.
1+	22.96	4.28	21	3.01

La fase successiva ha richiesto la mappatura dei mesohabitat e la raccolta dei descrittori ambientali degli stessi quali: profondità, velocità, substrato e presenza di zone di

rifugio da stress fisici. In Figura 10 è rappresentata in riferimento all'ortofoto dell'area il risultato della mappatura dei mesohabitat con la relativa denominazione.



Figura 10: Mappatura del mosaico di mesohabitat presente durante il campionamento della trota fario nel torrente Arno con portata defluente di 417 l/s.

È stata effettuata la misura della portata in concomitanza al rilievo effettuato, attraverso delle misure di velocità della corrente lungo una sezione trasversale (Figura 11) posta in vicinanza ad una briglia a valle del ponte che delimita verso valle il tratto indagato. La misura è stata eseguita ad un intervallo di 40 cm sulla trasversale e a una profondità pari a 40% rispetto al tirante totale dal fondo. Si è ottenuta una portata di 417 l/s



Data rilievo	Portata misurata (l/s)
11/10/2016	417

Figura 11: Sezione di misura della portata e tabella che indica data e risultato della misura.



Il **rio Vela** è un piccolo affluente in destra idrografica del fiume Adige che scende dal monte Bondone, in prossimità della città di Trento. Il tratto analizzato del *rio Vela* si localizza in prossimità dell'altopiano delle Viote (Figura 12), a circa 1400m *s/m*, con un substrato che si caratterizza per la presenza di ciottoli e ghiaia e, in misura minore, di massi.

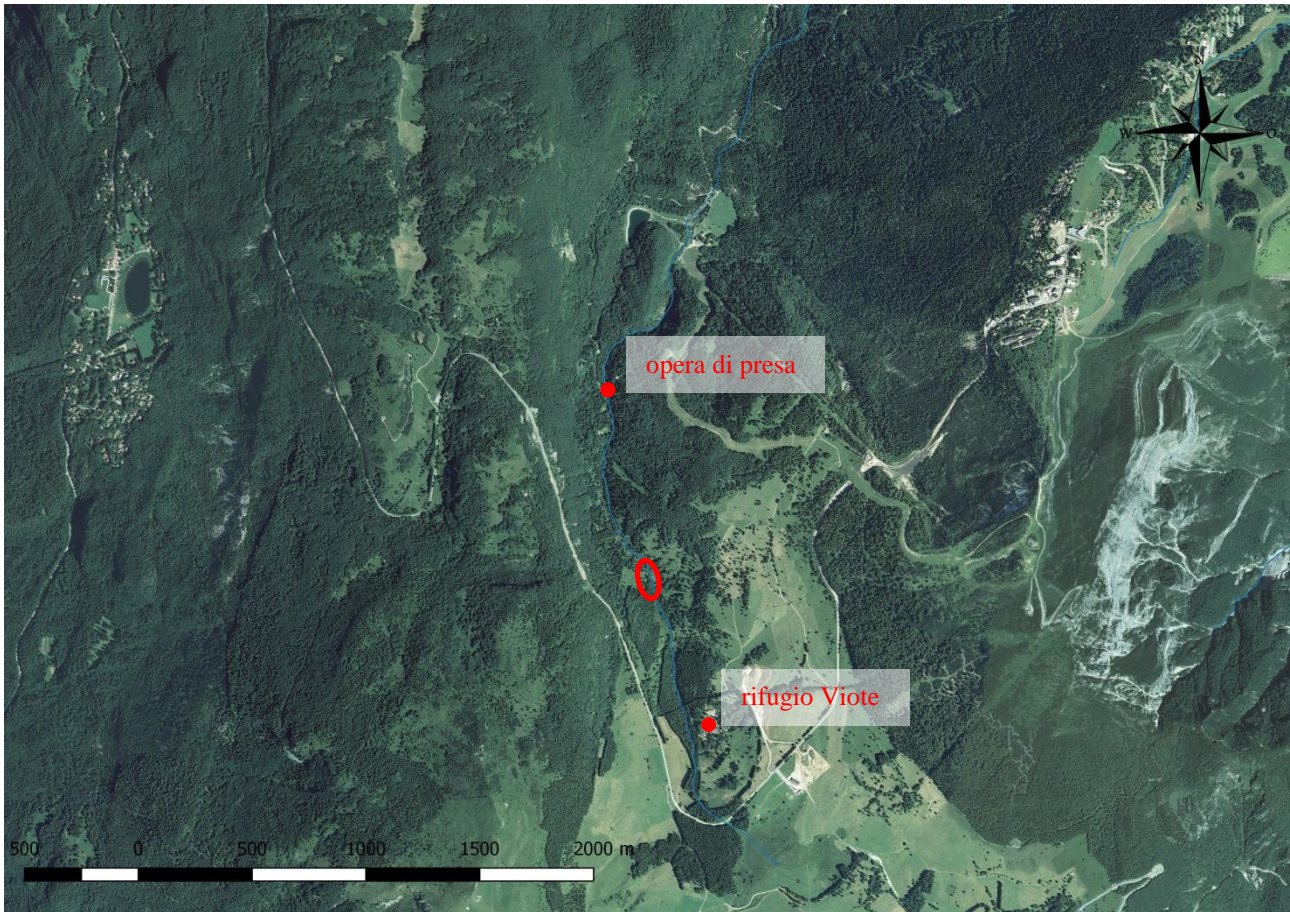


Figura 12: Localizzazione del tratto del rio Vela campionato per la validazione del modello biologico della trota fario.

La distribuzione delle unità idro-morfologiche indica una buona diversificazione degli habitat fluviali caratterizzati sia da moderata/elevata velocità di corrente e limitata profondità, quali in particolare “riffle”, “step”; sia da altri caratterizzati da moderate/elevate profondità e limitate velocità, quali “glide” e “pool” anche se quest’ultimi ad una scala inferiore Figura 15 (vedasi l’allegato A al Manuale ISPRA 154/2017 per una accurata descrizione delle diverse tipologie di unità morfologiche). Il tratto garantisce una buona naturalità dal punto di vista morfologico, idrologico e chimico-fisico. Dal punto di vista biologico il tratto si caratterizza per la presenza di trota fario rustica, infatti il tratto non è soggetto a ripopolamenti. A contribuire inoltre all’accrescimento di una buona popolazione sono la presenza di ombreggiamento, zone rifugio, sostanza organica e vegetazione riparia.

Il campionamento è stato effettuato il giorno 21 ottobre 2016, in collaborazione con l’Associazione Pescatori Dilettanti Trentini, attraverso il posizionamento di reti, che hanno

permesso di isolare i mesohabitat a valle, ed elettrostorditore con retino per la raccolta dell'animale stordito. È da notare come il rilievo si sia svolto in una condizione di carenza idrica prolungata e non particolarmente frequente.

La tabella seguente riassume il campionamento effettuato e quindi la successiva fase di analisi e pesatura.

<b>Corso d'acqua</b>	<b>Portata (l/s)</b>	<b>Specie catturata</b>	<b>Numero totale catture</b>
Vela	7.2	Trota Fario	58



Figura 13: Alternanza di glide caratterizzanti le unità idro-morfologiche del rio Vela a valle della località Viote.



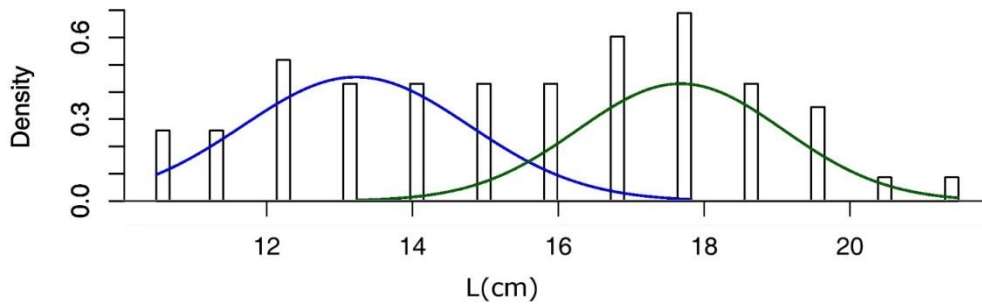


Figura 14 Distribuzione in classi di frequenza (istogramma) delle lunghezze degli esemplari raccolti con elettropesca nel torrente Vela. Le linee rappresentano le distribuzioni individuate con il metodo di Bhattacharya (linea blu 0+, linea verde 1+).

Tabella 5 lunghezza media dell'esemplare, deviazione standard n° individui e indice di separazione (Separation index, SI) per le diverse classi di età. La tabella si riferisce al torrente Vela.

Classe di età	Lunghezza media (cm)	Deviazione standard	N° individui	SI
0+	12.3	1.07	17	n.a.
1+	16.82	2.04	40	2.91

Nel torrente Vela, gli individui di età 0+ (fino a 1 anno) hanno lunghezza media di 12.3.cm. Gli adulti invece, date anche le ridotte dimensioni del torrente, sono molto più piccoli rispetto a quelli raccolti nel torrente Arnò (22.9 cm Arnò, 16.8 cm Vela).

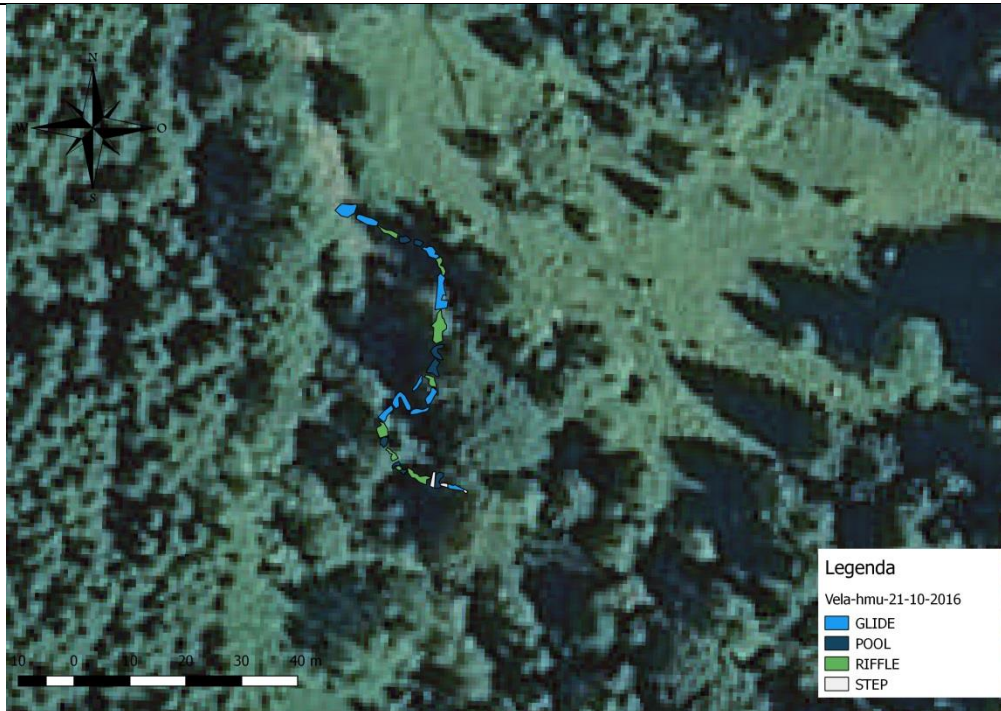


Figura 15: Mappatura del mosaico di mesohabitat presente durante il campionamento nel rio Vela con portata defluente pari a 7.2 l/s.

In questo caso, a causa dei bassi valori di tirante e la presenza di una morfologia complessa, che rendevano fortemente incerta la misura con mulinello o correntometro, si è scelto di avvalersi del metodo della diluizione salina per la determinazione della portata. È stata pertanto versata in alveo una quantità di sale pari a 0.50 kg e circa 50 m a valle è stata misurata la conducibilità elettrica in acqua attraverso un conduttimetro. L'andamento della conducibilità, riportato nel grafico seguente, ha permesso la determinazione della portata nota la dipendenza lineare fra conducibilità elettrica e concentrazione.

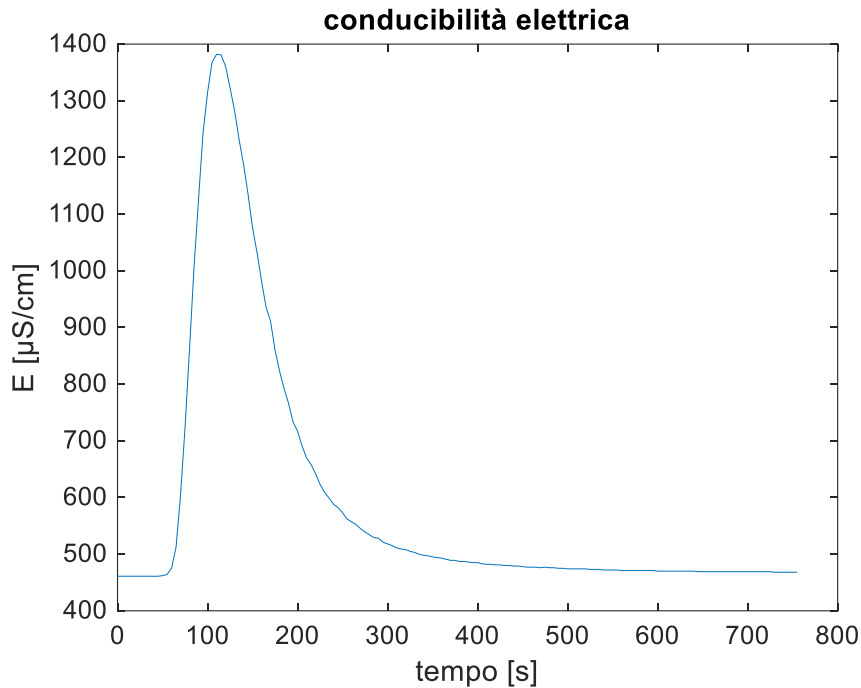


Figura 16: Curva della variazione temporale della conducibilità elettrica registrata nel tratto del rio Vela soggetto a campionamento della fauna ittica (trota fario).

La portata defluente  $Q$  può essere ricavata attraverso la formula (4) che è valida quando la portata può ritenersi costante durante il periodo di misurazione:

$$Q = \frac{V_T (E_T - E_b)}{\int_0^{\infty} (E(t) - E_b) dt} = 7.2 \text{ l/s} \quad (4)$$

dove:

$V_T$  = volume di sale versato in alveo;

$E_T$  = conducibilità elettrica massima misurata;

$E_b$  = conducibilità elettrica di base;

$E(t)$  = conducibilità elettrica.

Una nota particolare è di rilievo rispetto alle condizioni idrologiche dell'anno 2016, che è stato un anno particolarmente secco in estate e autunno, e di conseguenza si sono instaurate condizioni di siccità in molti torrenti del Trentino. In particolare nel rio Vela il campionamento è stato effettuato in condizioni idrologiche poco rappresentative degli eventi idrologici più comuni nel corso d'acqua. La portata misurata è stata di 7.2 l/s e il bacino sotteso alla stazione di misura è di circa 4.1 km<sup>2</sup>. La stazione di misura più vicina è quella di Cadine, dove la portata registrata nella giornata del 21/10/2016 è stata di 369 l/s, che rappresenta il 90° percentile della portata del corso d'acqua nel periodo 30/04/2016-30/04/2017. Non è possibile definire con esattezza la durata del valore di portata del Rio Vela durante il campionamento, ma, con buona approssimazione, è possibile asserire che la condizione in cui si è svolto il campionamento è una condizione straordinaria di magra molto intensa, anche viste le elevate densità di individui adulti e giovani osservate in zone con profondità anche inferiori a 15 cm. Tali profondità infatti, se presenti nel corso d'acqua per lunghi periodi durante la stagione autunnale (stagione durante la quale è prevista la riproduzione della specie) non permetterebbero lo sviluppo e il mantenimento della popolazione locale osservata (vedasi ad es., Louhi et al., 2008, Lobón-Cerviá and Sanz, 2017). Si è pertanto scelto di escludere i dati del Rio Vela per la validazione dei modelli biologici.

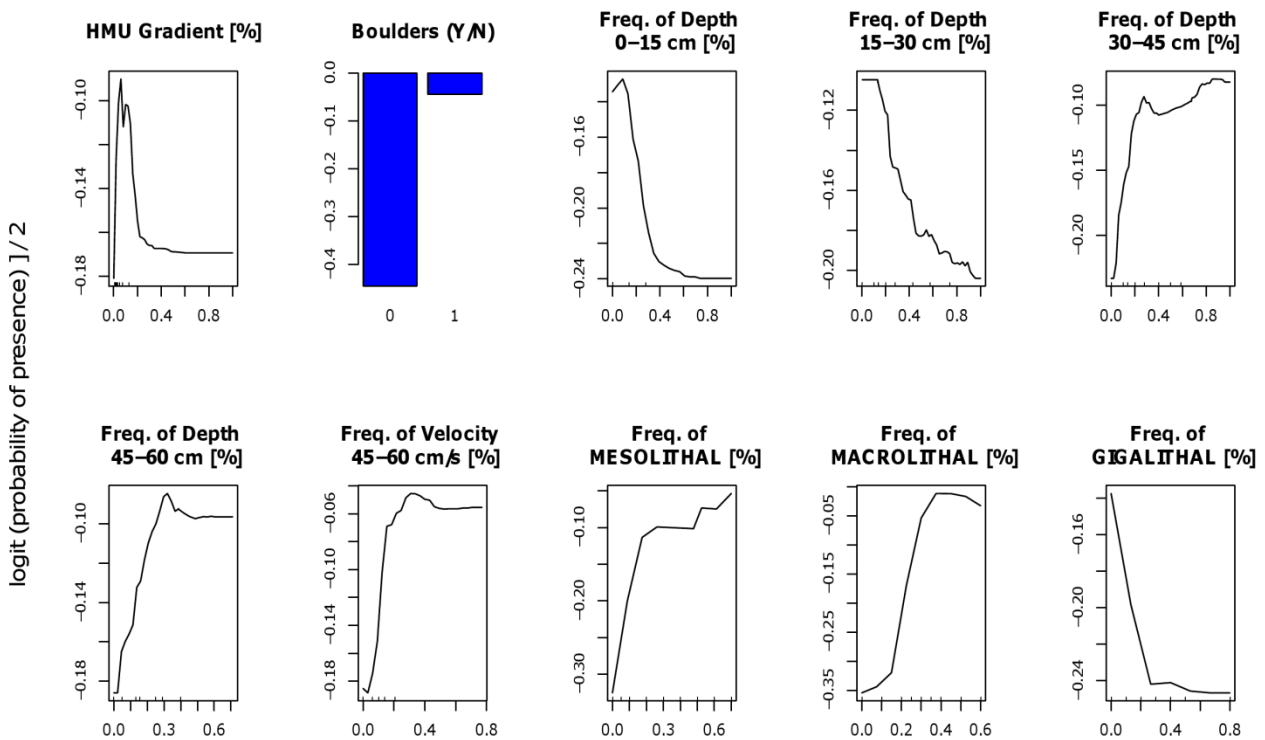


Figura 17: Esempio di modello di idoneità di habitat (presenza/assenza) per la trota fario adulta costruito con la tecnica ad apprendimento automatico Random Forests. Per dettagli sulla costruzione dei modelli di idoneità di habitat vedasi Vezza et al. (2014b,c).



### **3.2 Trota Fario: validazione del modello multivariato**

Basandosi sui dati disponibili per la comunità ittica locale forniti dai campionamenti effettuati a scala di mesohabitat attraverso elettropesca sul torrente Arnò e Vela sono stati applicati i modelli di idoneità di habitat costruiti attraverso la tecnica statistica Random Forests (RF, Breiman 2001, esempio in Figura 17) e disponibili all'interno del software SimStream®.

### **3.3 Trota Marmorata: rilievi idromorfologici e campionamenti con elettropesca**

Nello studio effettuato per il Fiume Noce l'attenzione è stata rivolta alla specie trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*), caratteristica della zona di interesse. I dati biologici sono stati raccolti a scala di HMU attraverso elettropesca con una metodologia del tutto analoga a quella seguita sui torrenti Arnò e Vela per la trota fario. I modelli biologici, già sviluppati per torrenti e fiumi alpini nelle Alpi Occidentali, sono stati validati per il bacino del Noce nel Torrente Rabbies, confrontando le previsioni della distribuzione spaziale della trota marmorata, date dai due modelli binari di assenza/presenza e presenza/abbondanza, con l'effettiva osservazione degli animali all'interno di 30 meso-habitat campionati in due differenti tratti del torrente nel dicembre 2011.

### **3.4 Trota Marmorata: validazione del modello multivariato**

La tecnica statistica Random Forests è stata impiegata per l'identificazione delle variabili ambientali che maggiormente influenzano la distribuzione di *S. marmoratus* (stadio vitale adulto e giovane). Si riportano in Figura 18 e Figura 19 i grafici relativi ai descrittori d'habitat identificati come maggiormente significativi, uniti alla loro relazione con le probabilità di presenza o abbondanza della specie oggetto di studio. La relazione tra le variabili e la probabilità è espressa tramite i diagrammi di dipendenza parziale al fine di studiare l'effetto marginale della variabile selezionata sulla probabilità di presenza o di abbondanza della specie.



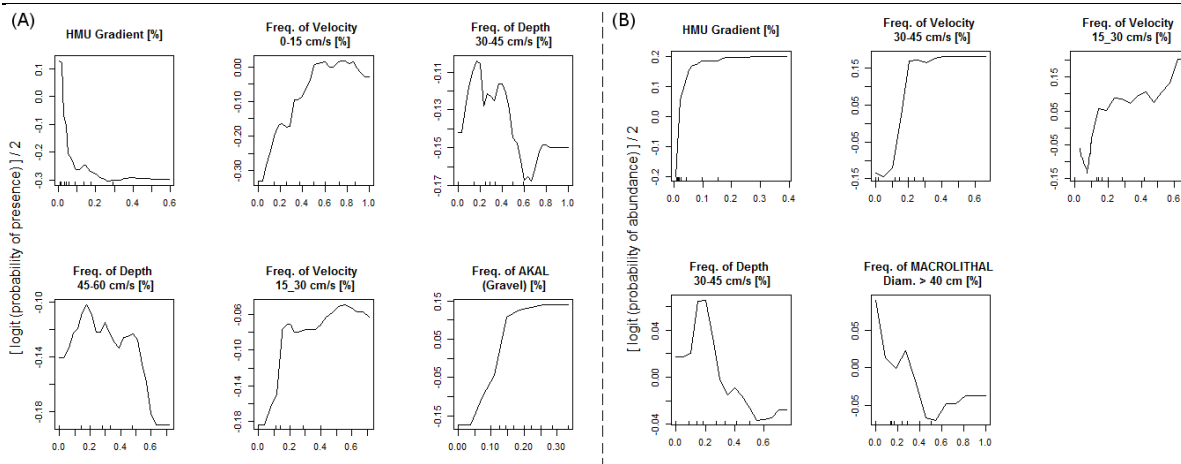


Figura 18 Modelli biologici per la trota marmorata (stadio adulto) realizzati con la tecnica Random Forests, visualizzati tramite diagrammi di dipendenza parziale. Le variabili selezionate sono suddivise per modello previsionale: (A) assenza/presenza e (B) presenza/abbondanza

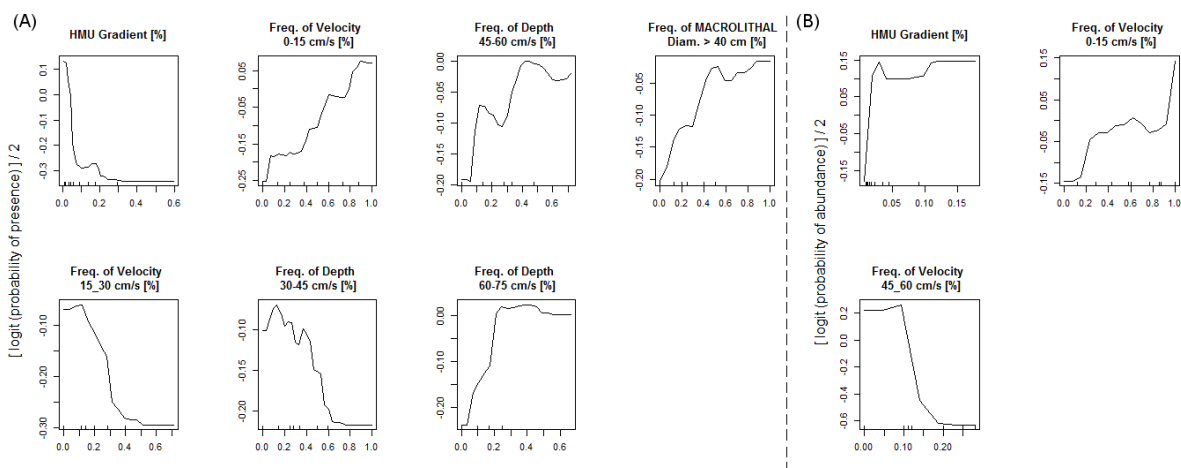


Figura 19. Modelli biologici per la trota marmorata (stadio giovane) realizzati con la tecnica Random Forests, visualizzati tramite diagrammi di dipendenza parziale. Le variabili selezionate sono suddivise per modello previsionale: (A) assenza/presenza e (B) presenza/abbondanza.

I modelli biologici riportati in Figura 18 e Figura 19 sono stati validati per il bacino del Noce nel Torrente Rabbies. In particolare le previsioni della distribuzione spaziale della trota marmorata, date dai due modelli binari di assenza/presenza e presenza/abbondanza, sono state confrontate con l'effettiva osservazione degli animali all'interno di 30 meso-habitat campionati in due differenti tratti del torrente Rabbies nel dicembre 2011. La scelta del periodo di campionamento è stata effettuata al fine di utilizzare i modelli validati per la simulazione della disponibilità d'habitat nel periodo autunnale/invernale (mesi di Ottobre-Marzo). La Tabella 6 riporta il risultato della validazione in termini di accuratezza (percentuale globale delle osservazioni correttamente classificate), sensibilità e specificità (percentuali di veri positivi e veri negativi correttamente classificate dal modello).

Tabella 6. Risultati della validazione dei modelli biologici per il Torrente Rabbies

Assenza/Presenza	Trota marmorata - Adulto	Trota marmorata - Giovane
Accuratezza	0.77	0.75
Sensitività	0.89	0.83
Specificità	0.65	0.67
Presenza/Abbondanza	Trota marmorata - Adulto	Trota marmorata - Giovane
Accuratezza	0.78	0.63
Sensitività	0.88	0.65
Specificità	0.67	0.61

### **3.5 Validazione dei modelli biologici multivariati: sintesi conclusiva**

Il confronto tra i risultati della modellazione biologica e i dati effettivamente misurati in campo permette in generale di calcolare un coefficiente di accuratezza. Il modello risulta validato per valori di accuratezza superiori a 0.6. I risultati della validazione dei modelli biologici per i casi del Rabbies e dell'Arnò sono riportati nella Tabella 7.

Poiché il coefficiente di accuratezza calcolato per tutti i modelli considerati (trota fario, trota marmorata, stadi giovanile e adulto) risulta sempre maggiore di 0.6, ne consegue la piena applicabilità dei modelli biologici (anche detti "di distribuzione di specie") multivariati sviluppati per le stesse specie e stadi vitali nel contesto delle Alpi Occidentali al contesto trentino e delle Alpi Orientali più in generale. Questo risultato lascia inoltre ragionevolmente supporre la trasferibilità dei modelli biologici sviluppati per altre specie allo stesso contesto.

Tabella 7 Valori di accuratezza dei modelli biologici nei tratti analizzati

Accuratezza	Arnò		Rabbies	
	Pres/Ass	Abbondanza	Pres/Ass	Abbondanza
Trota fario adulta	0.9	0.67		
Trota fario giovane	0.86	0.76		
Trota marmorata adulta			0.77	0.78
Trota marmorata giovane			0.75	0.63

## 4 Fase 2. Calcolo delle relazioni habitat–portata e dell’indice IH

L’applicazione della metodologia MesoHABSIM è stata effettuata sui seguenti corsi d’acqua: torrente Vermigliana, torrente Sarca di Nambrone, torrente Sarca di Val Genova e rio Vela (Figura 20).

Sarca di Nambrone e Vermigliana sono torrenti di origine nivo-glaciale ed i tratti analizzati si localizzano in Pian Nambrone, per il primo, e a valle della confluenza con il rio Presanella, per il secondo. Entrambi i tratti si caratterizzano per la sostanziale assenza di alterazioni del regime idrologico; il torrente Vermigliana presenta soltanto una centralina ad acqua fluente che deriva e rilascia l’acqua a monte del tratto analizzato (a monte della confluenza con il rio Presanella) lasciando sostanzialmente inalterato il regime idrologico nel tratto analizzato.

In entrambi i casi a valle del tratto analizzato c’è la presenza di una stazione idrometrica il cui dato rilevato è rappresentativo, per l’assenza di confluenze fra il tratto e la stazione, della portata che scorre in alveo nel tratto di interesse.

Il terzo tratto è stato scelto sul Sarca di Val Genova a valle dell’opera di presa associata all’impianto di Santa Massenza. In questo caso si è voluto analizzare un tratto sotteso da una derivazione idroelettrica per costituire una prima base conoscitiva al fine di valutare, successivamente al progetto, l’impatto di possibili variazioni del deflusso minimo vitale (nel seguito: DMV) sulla qualità dell’habitat, in un contesto dove il regime idrologico risulta fortemente dominato dal DMV rilasciato.

Il quarto ed ultimo tratto sul quale è stata applicata la metodologi appartiene al rio Vela e si localizza appena a monte dell’abitato di Cadine, prossimo alla città di Trento. Il tratto presenta un regime idrologico naturale di origine nivo-pluviale ad eccezione della stagione invernale durante la quale parte dell’acqua viene derivata a monte del tratto e convogliata in un bacino artificiale per l’innevamento. L’opera di presa si localizza circa 9 km a monte del tratto analizzato. A valle del tratto sottoposto all’analisi si localizza uno stramazzo in parete sottile in corrispondenza del quale è posizionato un idrometro. La misura della portata in corrispondenza di tale punto è pertanto rappresentativa della portata che defluisce nel tratto considerato.

Le scelte hanno permesso di rispettare quanto riportato nel protocollo di applicazione del metodo MesoHABSIM (Manuale ISPRA 154/2017) e di considerare tratti fluviali con le seguenti caratteristiche:

- Presenza di almeno 10 differenti unità morfologiche
- Lunghezza superiore alle 20 volte la larghezza media dell’alveo inciso

Le caratteristiche principali dei tratti scelti sono sintetizzate nella Tabella 8.

Successivamente (Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24) si riportano le localizzazioni dei tratti oggetto di studio dove con un puntino rosso viene indicata la posizione della stazione idrometrica o dell’opera di presa e con un’ovale rosso il tratto di torrente analizzato.



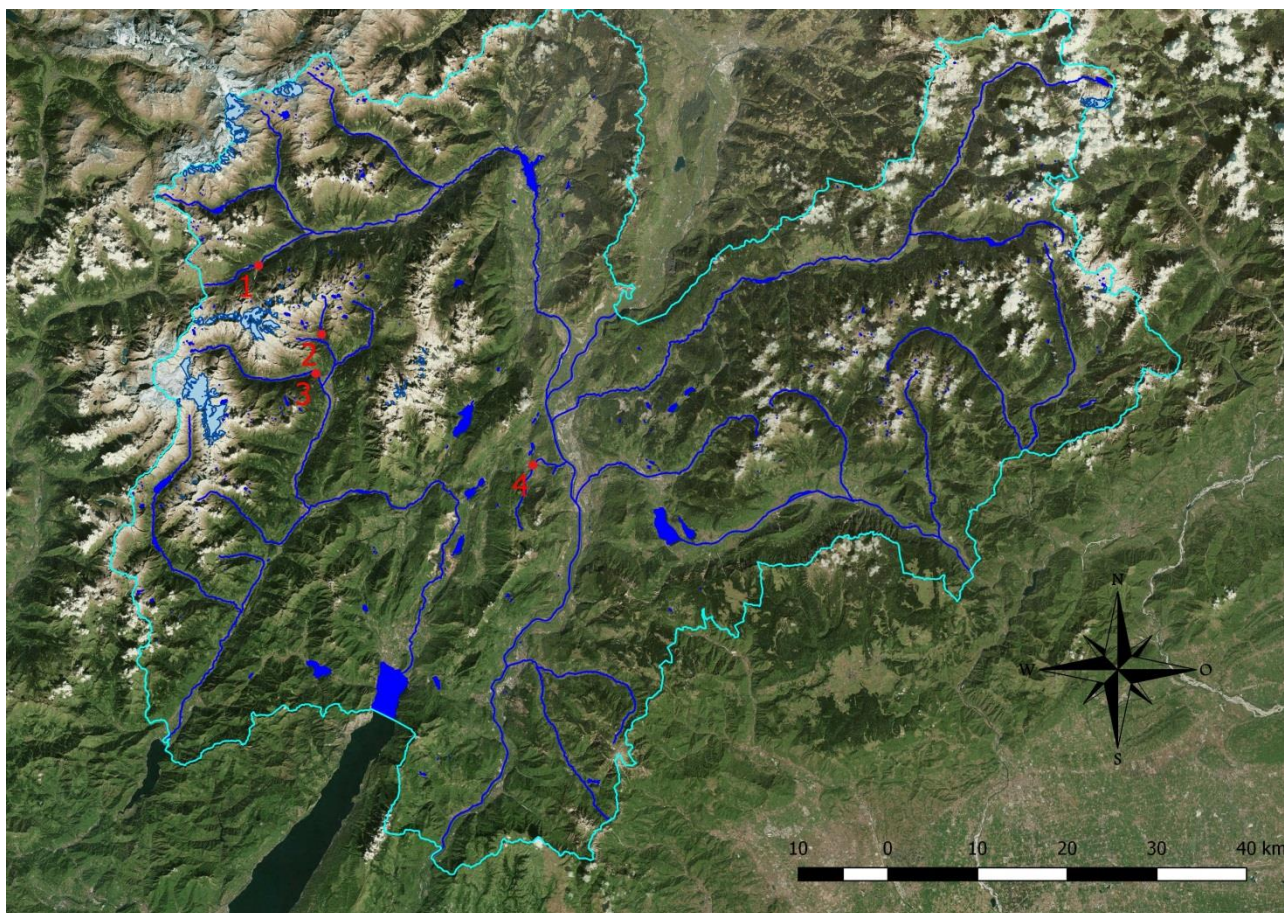


Figura 20: Nella mappa (base immagini Bing© 2016) vengono evidenziati con un puntino rosso la posizione dei tratti scelti e quindi oggetto dell'applicazione del metodo. (1 torrente Vermigliana, 2 torrente Sarca di Nambrone, 3 torrente Sarca di Val Genova, 4 rio Vela).

Tabella 8 Tratti analizzati e principali caratteristiche

Corso d'acqua	Specie presente	Morfologia del tratto	Lunghezza tratto [m]	Larghezza media alveo attivo [m]	Granulometria prevalente	Date dei rilievi
Vermigliana	Trota fario e marmorata	Transizionale con canali secondari	200	17	Massi – Ciottoli – Ghiaia nei canali secondari	10/06/2016 21/07/2016 30/09/2016
Sarca di Nambrone	Trota fario	Canali multipli intrecciati con isole vegetate	150	10	Ciottoli - Ghiaia	28/07/2016 07/09/2016
Sarca di Val Genova	Trota fario	Canale singolo rettilineo	130	10	Massi – Ciottoli	07/10/2016 10/11/2016 26/01/2017
Vela	Trota fario	Canale singolo sinuoso	80	5	Ciottoli - Ghiaia	18/05/2016 01/06/2016 10/05/2017



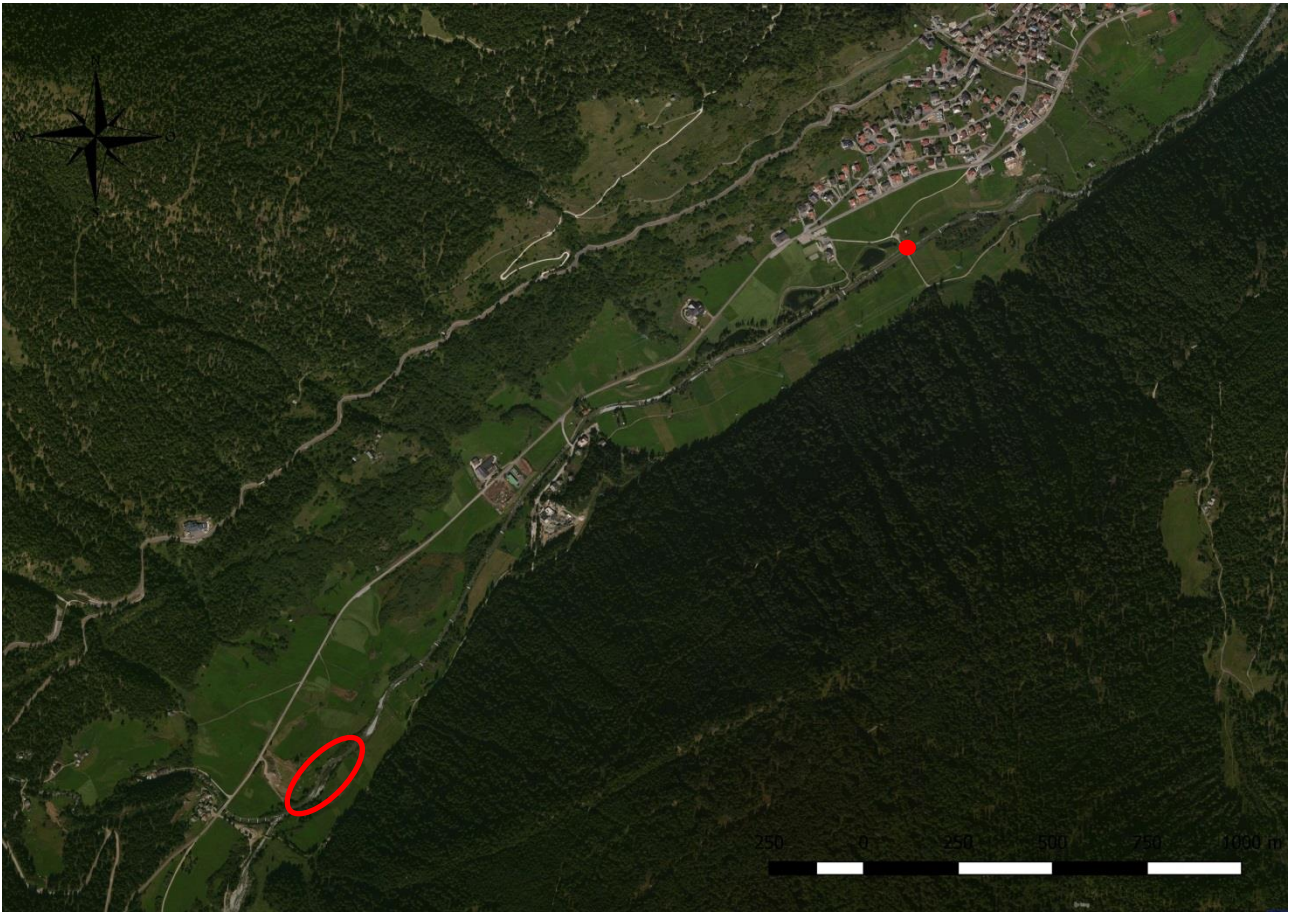
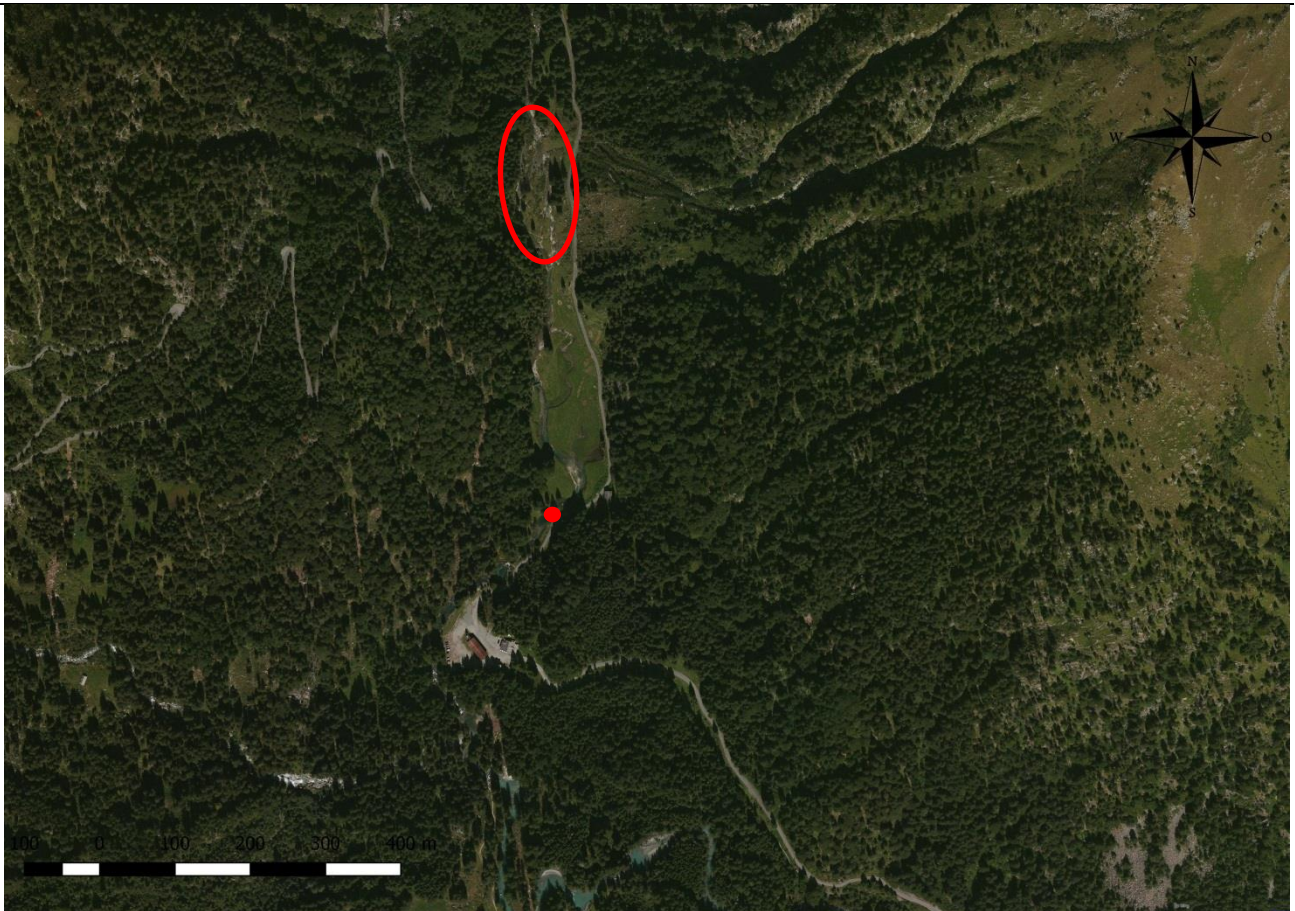
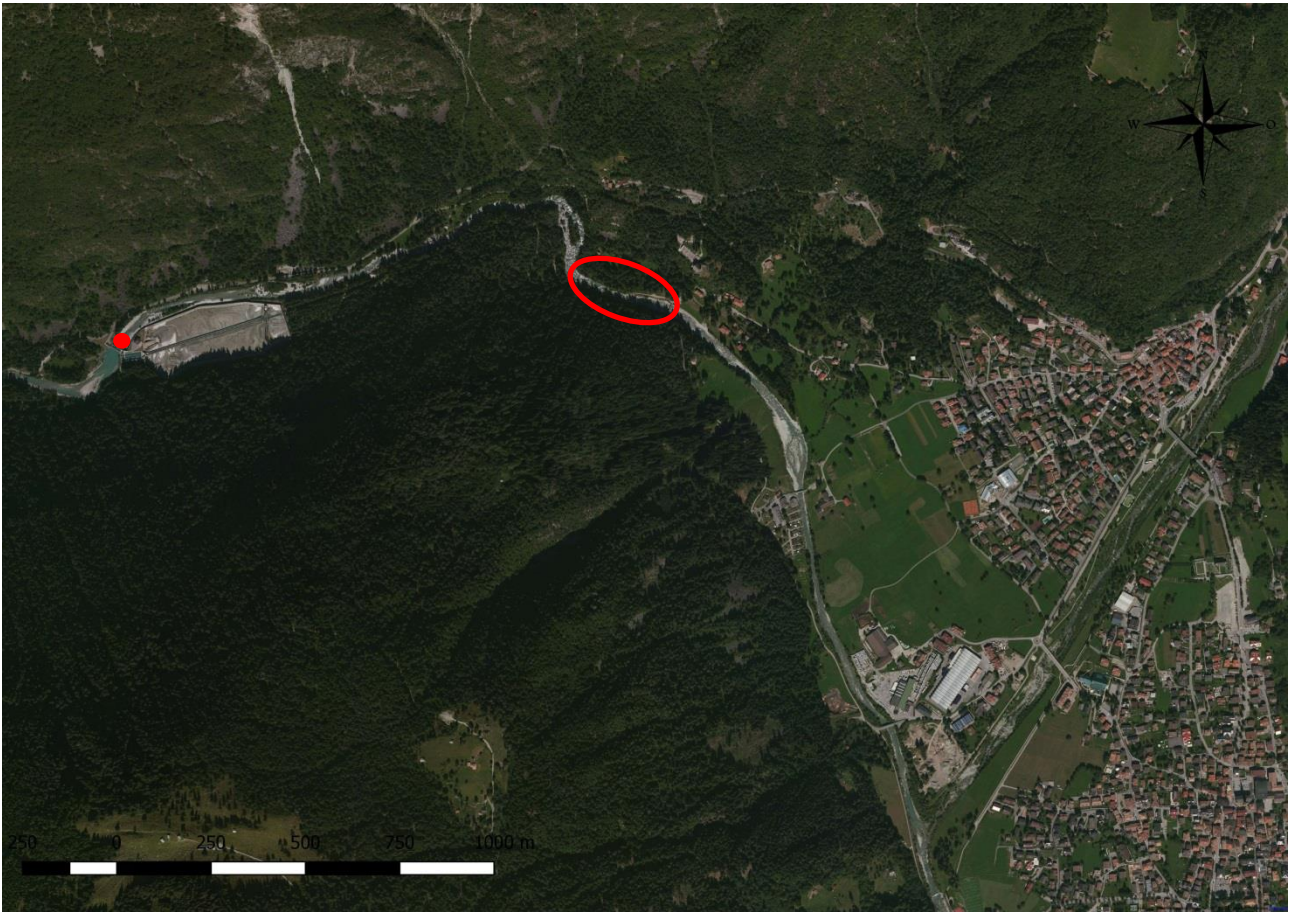


Figura 21: torrente Vermigliana. Nella mappa (base immagini Bing© 2016) viene evidenziato con un puntino rosso la posizione della stazione idrometrica e con un ovale rosso il tratto oggetto di studio.





*Figura 22: torrente Sarca di Nambrone. Nella mappa (base immagini Bing© 2016) viene evidenziato con un puntino rosso la posizione della stazione idrometrica e con un ovale rosso il tratto oggetto di studio.*



*Figura 23: torrente Sarca di Val Genova. Nella mappa (base immagini Bing® 2016) viene evidenziato con un puntino rosso la posizione dell'opera di presa e con un ovale rosso il tratto oggetto di studio.*





*Figura 24: rio Vela. Nella mappa (base immagini Bing® 2016) viene evidenziato con un puntino rosso la posizione dello stramazzo in corrispondenza del quale è posto l'idrometro e con un ovale rosso il tratto oggetto di studio.*



#### **4.1 Descrizione dell'habitat fluviale**

I rilievi idro-morfologici sono stati effettuati delineando i poligoni che delimitano le diverse HMU ed associando i descrittori ambientali di ciascun mesohabitat in un sistema informativo territoriale.

Il **torrente Vermigliana** è uno dei principali affluenti del torrente Noce, nasce dal passo del Tonale (m. 1882) e discende l'alta Val di Sole confluendo nei pressi dell'abitato di Cusiano con il torrente Noce. Il tratto sottoposto all'analisi si localizza a valle della confluenza con il rio Presanella; in questo tratto l'alveo risulta alluvionale caratterizzato dalla presenza di canali secondari che si attivano soltanto per portate superiori a  $1.2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  circa e che mostrano caratteristiche idro-morfologiche anche molto diverse rispetto al canale principale (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e Figura 26).



Figura 25. Torrente Vermigliana. Foto di sinistra: rapid e riffle nel canale principale. Foto di destra rapid caratterizzante l'unità idro-morfologica della curva.

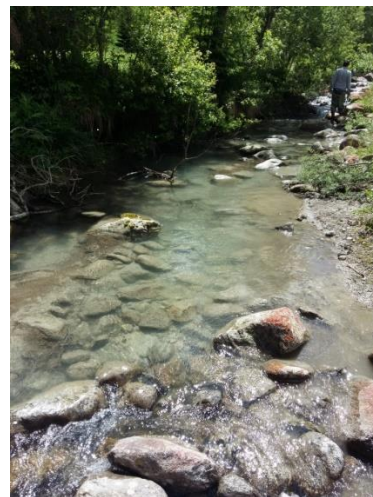


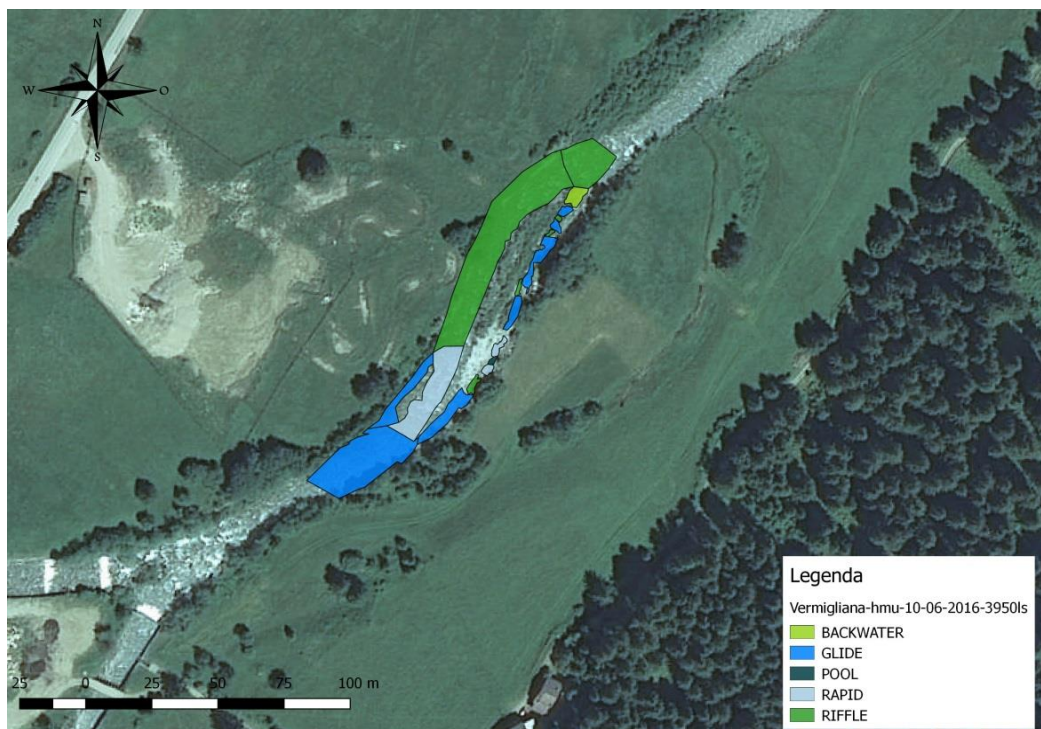
Figura 26: Torrente Vermigliana. Foto a sinistra: glide nel canale principale. Foto a destra: glide nel canale secondario in destra idrografica.





Figura 27: Torrente Vermigliana. Foto a sinistra: pool nel canale secondario. Foto a destra: backwater caratterizzante l'effettuo di rigurgito nel canale secondario dovuto alla confluenza con il canale principale.

Il tratto evidenzia un substrato con presenza consistente di massi e ciottoli, e in misura minore di ghiaia e sabbia, quest'ultimi soprattutto nei canali secondari. La distribuzione delle unità idro-morfologiche indica una buona diversificazione degli habitat fluviali caratterizzati sia da moderata/elevata velocità di corrente e limitata profondità, quali in particolare "riffle", "rapid" e "cascade" (Figura 25); sia da altri caratterizzati da moderate/elevate profondità e limitate velocità, quali "pool" e "glide" (Figura 26, Figura 27).





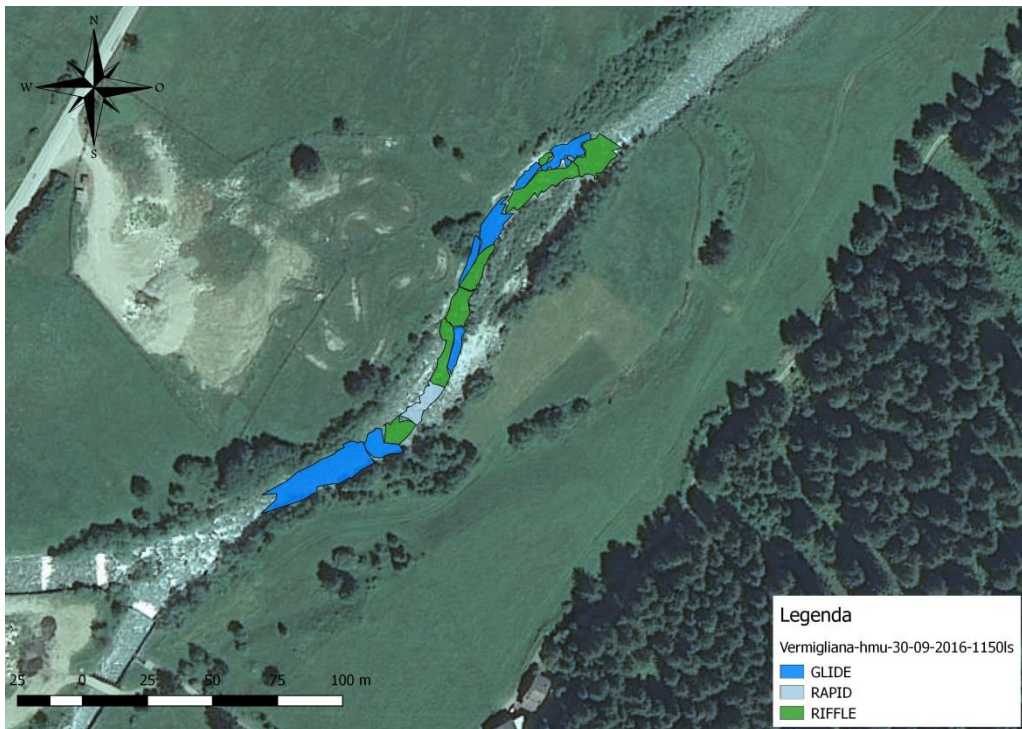
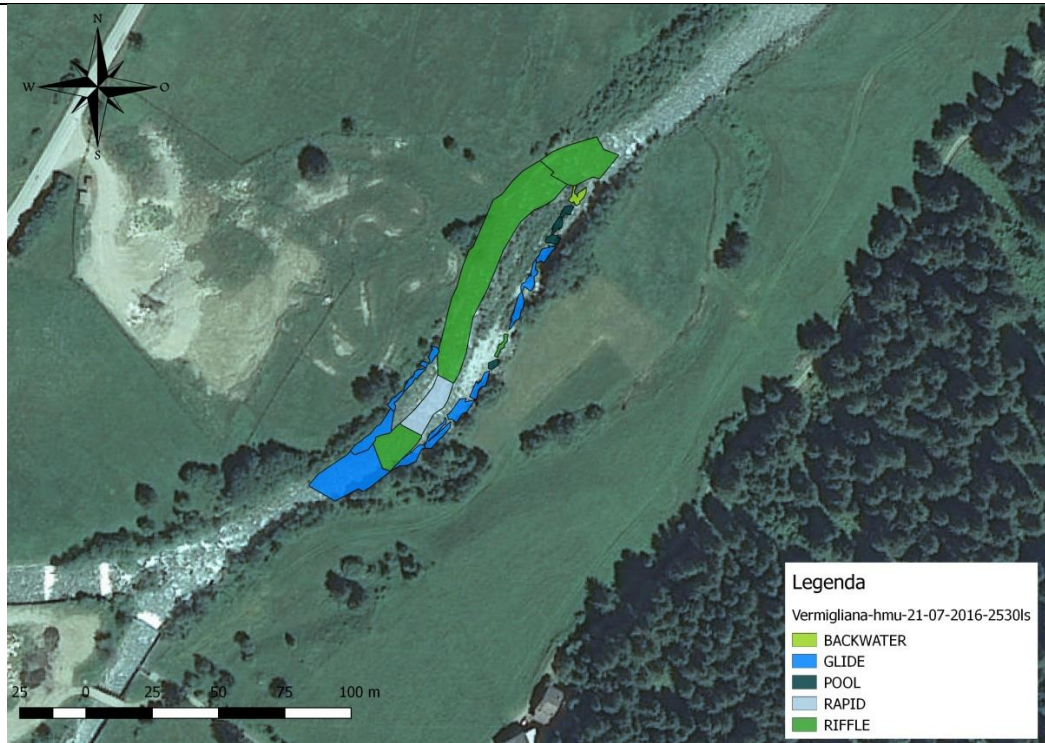


Figura 28: - Mappatura del mosaico di mesohabitat in tre differenti condizioni di deflusso (3950 l/s, 2530 l/s, 1150 l/s).

Il valore della portata è stato rilevato in corrispondenza del ponte posto poco a valle del tratto rilevato. Sul ponte infatti è posizionata una stazione idrometrica dotata di un sensore ad ultrasuoni che rileva la quota della superficie libera della corrente. Per mezzo della scala di deflusso validata per questa sezione è stato possibile quantificare la portata che defluiva in alveo durante il rilievo. Di seguito (Figura 29) i valori di portata rilevati per ogni rilievo effettuato.



Data rilievo	Portata misurata (l/s)
10/06/2016	3950
21/07/2016	2530
30/09/2016	1150

Figura 29: Sezione in corrispondenza della quale è posizionata la stazione idrometrica e valori di portata nei tre rilievi effettuati.

Da un'analisi, riferita esclusivamente al canale principale, della distribuzione delle frequenze delle misure di profondità, velocità e substrato per le quattro differenti condizioni di deflusso si nota come all'aumentare della portata per la stessa frequenza di accadimento si verificano di profondità e velocità più elevate (Figura 30). Per quanto riguarda il substrato invece la distribuzione rimane pressoché invariata, in accordo con quanto ci si può aspettare in quanto fra i tre rilievi non si sono presentati eventi in grado di mobilitare i sedimenti in maniera tale da modificare globalmente la struttura del substrato. Si può quindi affermare come le distribuzioni di frequenza delle misure effettuate siano fisicamente corrette e quindi confermino la buona riuscita dei rilievi. In linea con questi risultati è anche l'area bagnata la quale aumenta con la portata: ad una portata di  $1.15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  corrisponde un'area totale di  $1704.19 \text{ m}^2$ , ad una portata di  $2.53 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  corrisponde un'area totale di  $2475.26 \text{ m}^2$  mentre a una portata di  $3.95 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  corrisponde un'area totale di  $2693.52 \text{ m}^2$ . L'analisi è stata fatta unicamente per il canale principale in quanto la correlazione fra parametri idraulici e portata non vale nel momento in cui vengono attivati i canali secondari i quali, complessivamente, favoriscono una riduzione del valore medio di profondità e velocità.

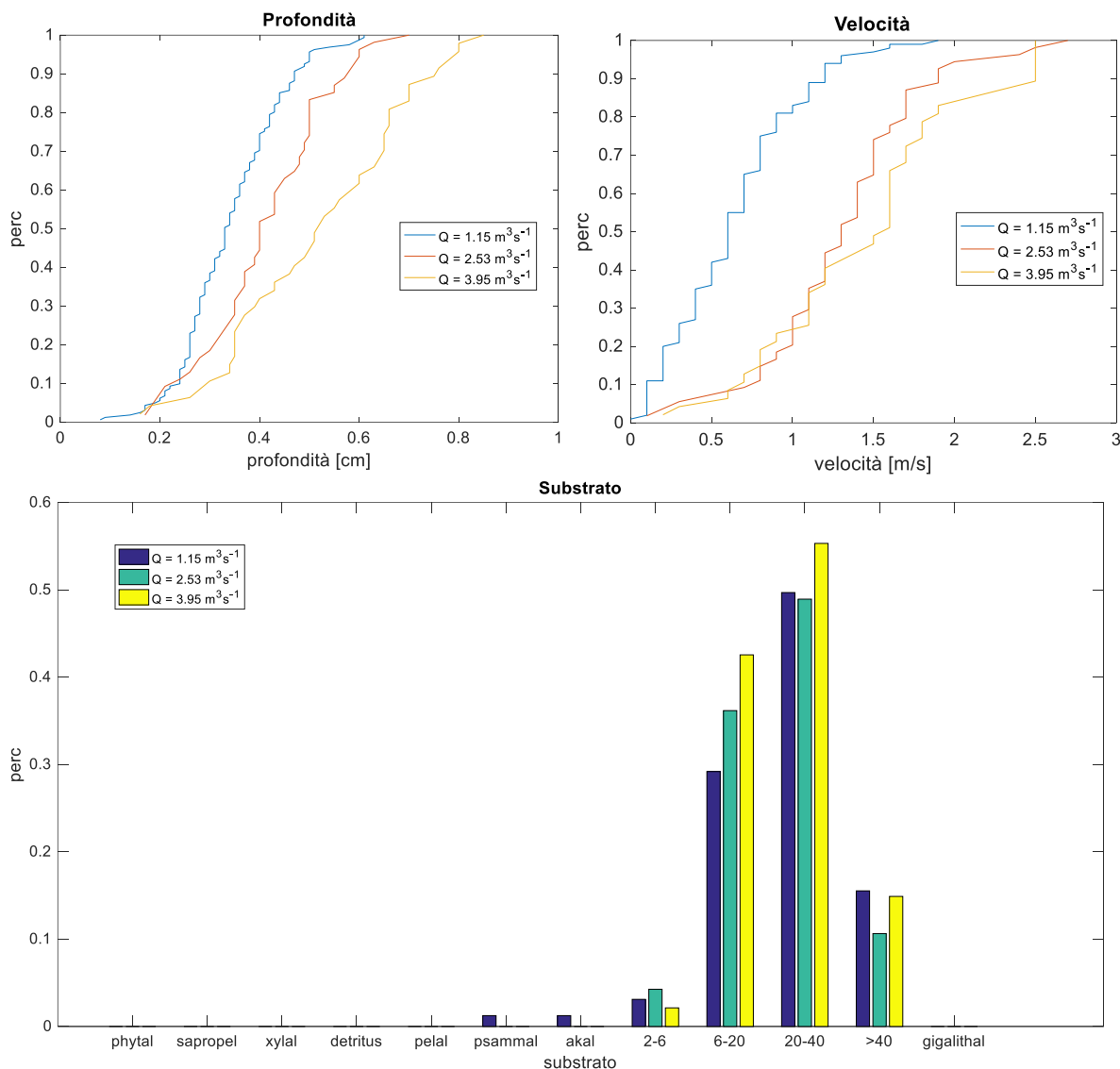


Figura 30: Torrente Vermigilana, canale principale. Distribuzione in frequenza delle misure di profondità, velocità e substrato per le tre differenti condizioni di deflusso (3950 l/s, 2530 l/s, 1150 l/s).

Il **torrente Sarca di Nambrone** nasce dal lago Vedretta (m. 2612) alle pendici del Gruppo della Presanella e, discendendo la val Nambrone, confluisce con il Sarca di Campiglio e il Sarca di Val Genova in corrispondenza dell'abitato di Pinzolo. Il tratto analizzato si localizza in Pian Nambrone a monte della confluenza con il Sarca d'Amola dove il corso d'acqua subisce un rallentamento della corrente dovuto ad una riduzione della pendenza. L'alveo del tratto analizzato è classificabile come alluvionale con presenza consistente di massi e ciottoli, e in misura minore di ghiaia e sabbia. Il tratto è inoltre caratterizzato dalla presenza di molti canali secondari, alcuni attivi permanentemente, altri soltanto per portate superiori a quelle di magra. La presenza di una molteplicità di canali favorisce una diversificazione delle caratteristiche idro-morfologiche all'interno del tratto analizzato per la presenza di substrati, pendenze e portate differenti. La distribuzione delle unità idro-morfologiche indica



una buona diversificazione degli habitat fluviali caratterizzati sia da moderata/elevata velocità di corrente e limitata profondità, quali in particolare “riffle” e “rapid” (Figura 31); sia da altri caratterizzati da moderate/elevate profondità e limitate velocità, quali “pool”, “glide” e “backwater” (Figura 32).



*Figura 31: Torrente Sarca di Nambrone. Riffles caratterizzanti le unità morfologiche del canale principale.*



*Figura 32: Torrente Sarca di Nambrone. Pool subito a valle della rapid, seguita da un glide, caratterizzanti il canale secondario in sinistra idrografica.*



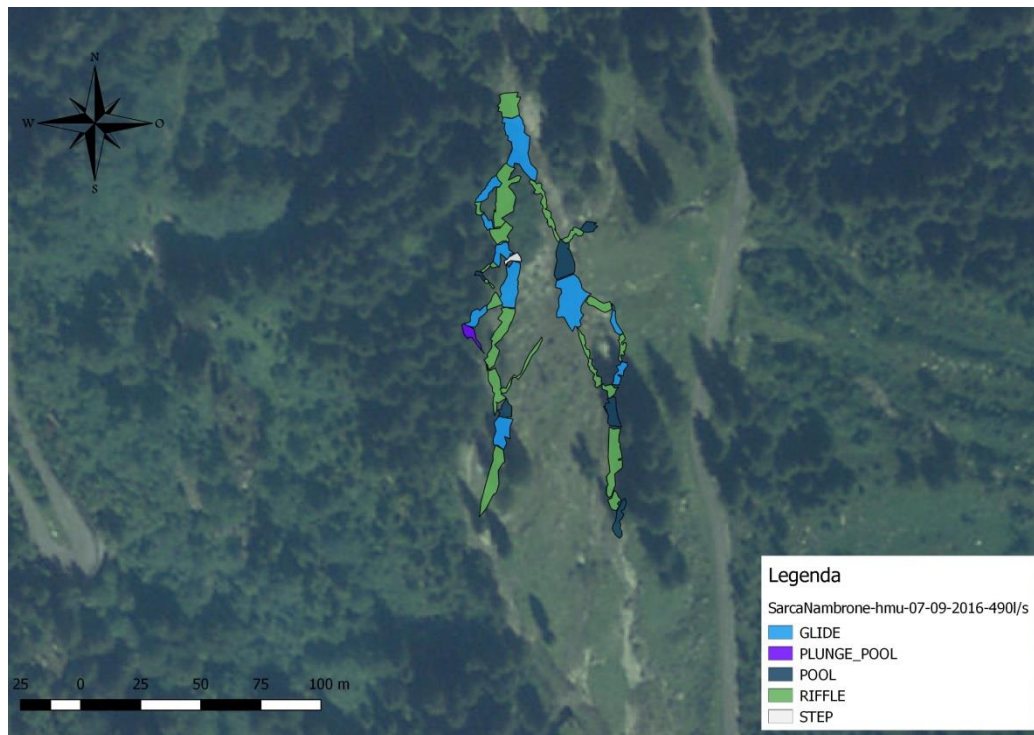
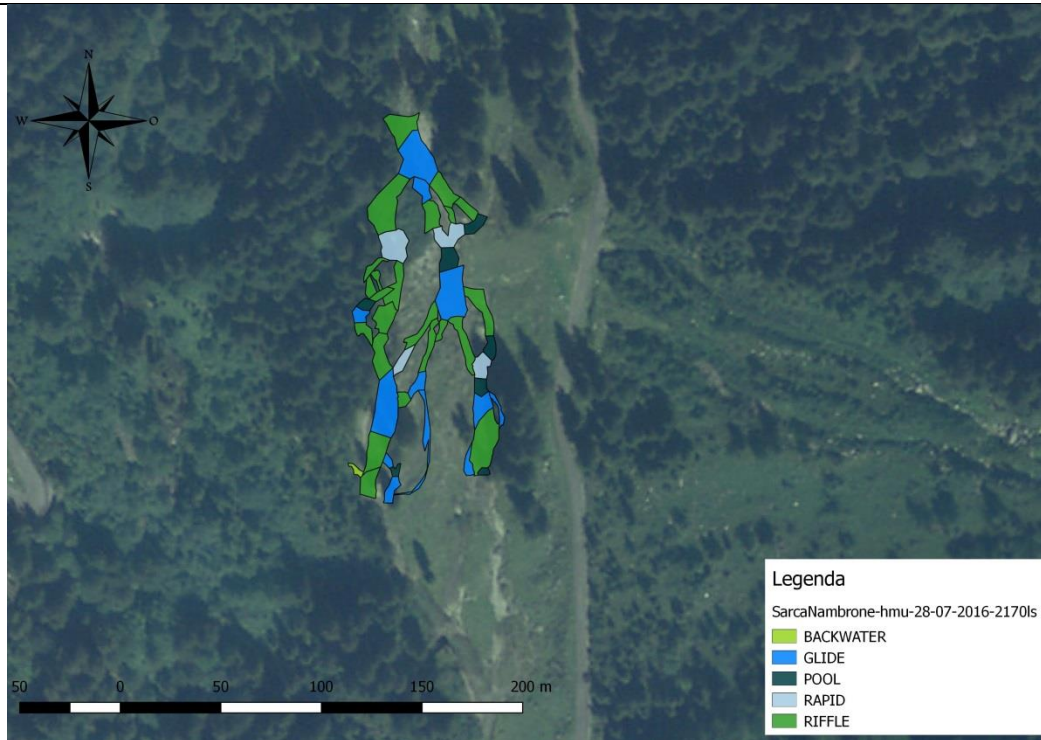


Figura 33: Torrente Sarca di Nambrone. Mappatura del mosaico di mesohabitat in due differenti condizioni di deflusso (2170 l/s, 346 l/s).

La misura della portata corrispondente ai rilievi effettuato sono state realizzate attraverso misure di velocità della corrente in corrispondenza dell'idrometro di Pian Nambrone, la cui scala delle portate non risulta validata e disponibile. Le misure sono state eseguita con un intervallo spaziale di 20 cm sulla trasversale a profondità pari a 40% rispetto al tirante locale dal fondo. La misura è stata eseguita alla fine di ogni rilievo ed i valori ottenuti, insieme a una vista della sezione idrometrica, vengono riportati in Figura 34.



Data rilievo	Portata misurata (l/s)
28/07/2016	2170
07/09/2016	430

Figura 34: Torrente Sarca di Nambrone. Sezione in corrispondenza della quale si localizza la stazione idrometrica e in cui sono state effettuate le misure di velocità con il mulinello.

Anche in questo caso l'analisi della distribuzione delle frequenze di profondità, velocità e substrato per le tre differenti condizioni di deflusso mostra come all'aumentare della portata si verifichino valori più elevati delle variabili idrauliche. Per quanto riguarda il substrato invece la distribuzione rimane pressoché invariata, in accordo con quanto ci si può aspettare in quanto fra i due rilievi non si sono verificati eventi in grado di mobilitare i sedimenti in maniera tale da modificare globalmente la struttura del substrato. Si può quindi affermare come le distribuzioni di frequenza delle misure effettuate siano fisicamente corrette e quindi confermino la buona riuscita dei rilievi. In linea con questi risultati è anche l'area bagnata, anch'essa crescente con la portata in particolare ad una portata di  $0.43 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  corrisponde un'area totale di  $1096.85 \text{ m}^2$ , ad una portata di  $2.17 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  corrisponde un'area totale di  $2462.39 \text{ m}^2$ . La particolare morfologia anastomizzata del tratto prescelto determina una distribuzione più ampia dei descrittori idraulici puntuali (velocità e profondità) nel caso di alta portata rispetto al caso di bassa portata, in seguito all'attivazione di diversi canali che risultano asciutti nella condizione di deflusso inferiore (430 l/s).

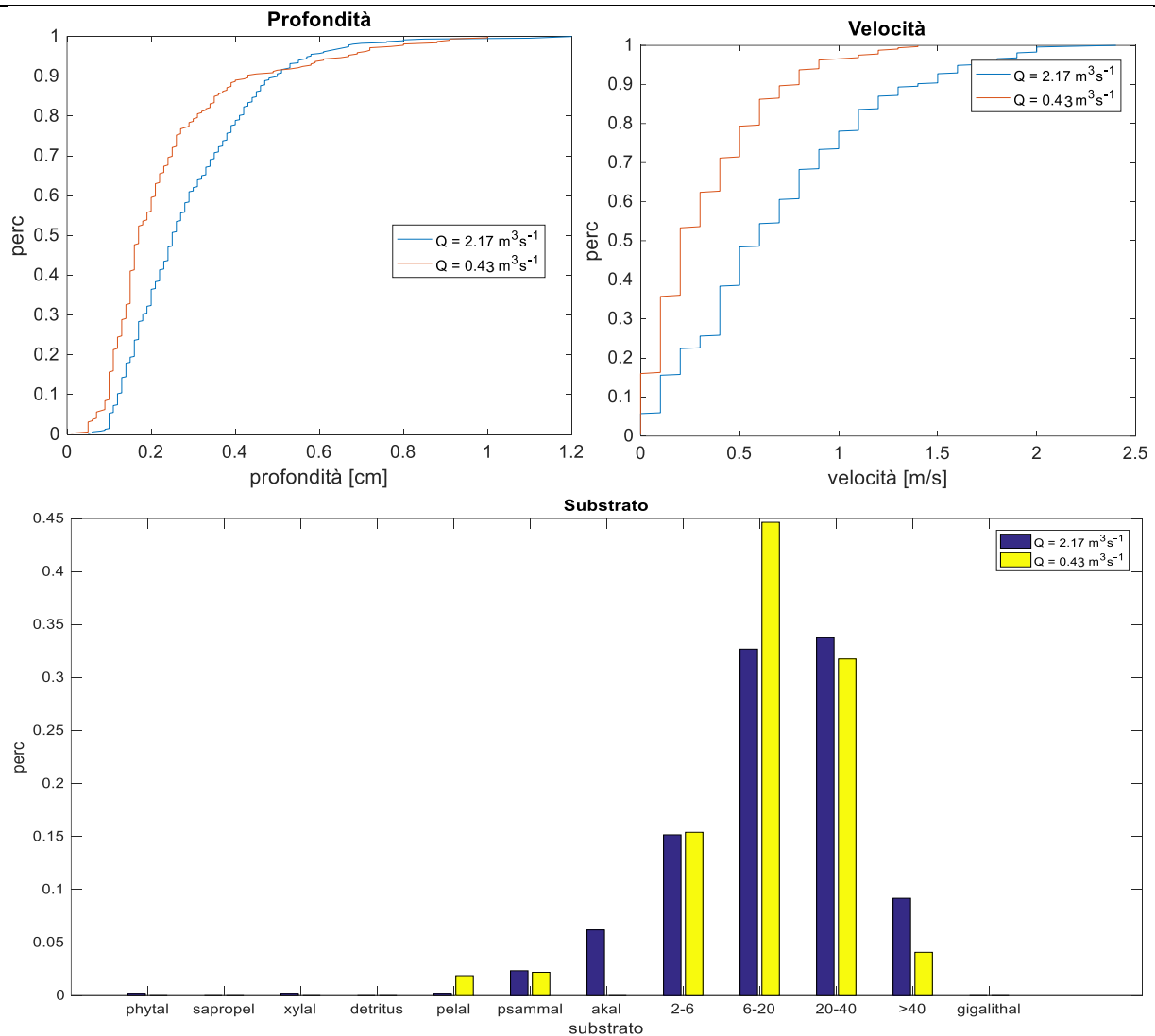


Figura 35: Torrente Sarca di Nambrone. Distribuzione in frequenza delle misure di profondità, velocità e substrato per le due differenti condizioni di deflusso (2170 l/s, 430 l/s).

Il torrente **Sarca di Val Genova** nasce dal Lago Scuro a 2612 m alle pendici della punta Lago Scuro facente parte del gruppo della Presanella e, discendendo la Val Genova, confluisce con il Sarca di Campiglio in corrispondenza dell'abitato di Pinzolo. Il tratto di studio si localizza in corrispondenza dell'abitato di Carisolo, circa 2 km a valle dell'opera di presa che convoglia le acque in una vasca di calma e, successivamente, nel canale di gronda del sistema idroelettrico dell'Alto Sarca per la produzione di energia. Il tratto si caratterizza quindi per una forte alterazione idrologica mentre l'alveo risulta alluvionale-confinato con presenza consistente di massi anche di grandi dimensioni, ciottoli e, in misura minore, di ghiaia e sabbia. La presenza di un alveo molto esteso e la presenza di massi di notevole dimensione si riflette in una diversificazione degli habitat anche al variare della portata. La distribuzione delle unità idro-morfologiche indica una buona diversificazione degli habitat fluviali caratterizzati sia da moderata/elevata velocità di corrente e limitata



profondità, quali in particolare “riffle”, “rapid” e “cascade”; sia da altri caratterizzati da moderate/elevate profondità e limitate velocità, quali “pool” e “glide” (Figura 36).

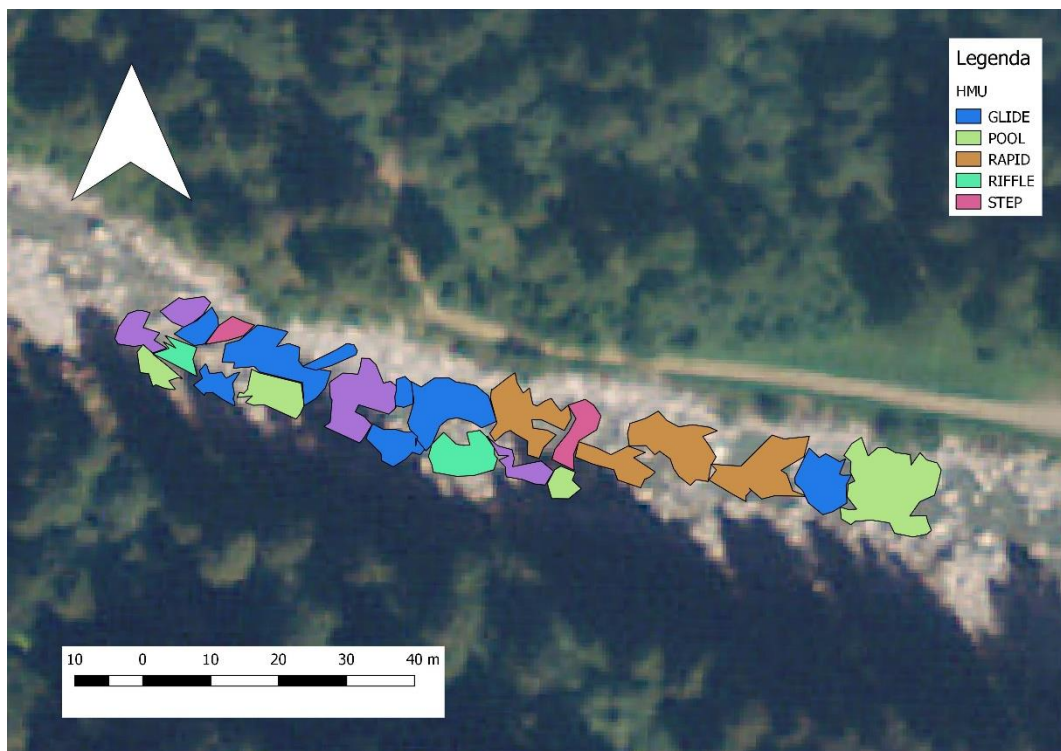
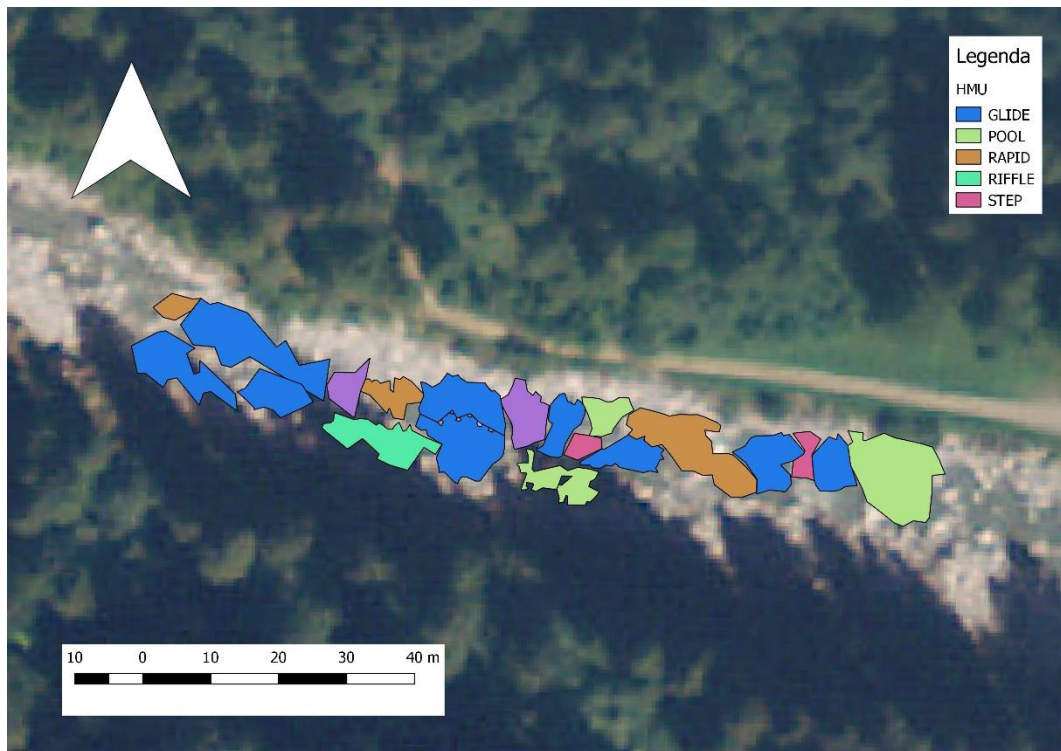
Complessivamente, come si può anche intuire dalla Figura 36, l’attuale conformazione morfologica e la distribuzione delle dimensioni del sedimento che caratterizza il fondo dell’alveo sono presumibilmente il risultato di condizioni idrologiche e di alimentazione di sedimento in buona parte anteriore alla regolazione delle portate, con unadistribuzione spazio-temporale degli habitat (Figura 37) fortemente condizionata dalla presenza di massi di grosse dimensioni mobilitabili soltanto da eventi di piena particolarmente rari ed intensi.



*Figura 36: torrente Sarca Val di Genova. Alternanza di riffle, glide e pool caratterizzanti le unità idro-morfologiche in corrispondenza del ponte in località Antica Vetreria.*

Nel caso del Sarca di Val Genova, come nei casi precedenti, ad un aumento della portata corrisponde un aumento della frequenza dei valori elevati di velocità e profondità locali (Figura 38). È evidente soprattutto la differenza tra le distribuzioni in frequenza delle velocità misurate con una portata di 637 l/s e quelle misurate a portate superiori. Le differenze tra le distribuzioni dei descrittori puntuali dell’habitat (velocità e profondità) rilevate con le due portate più alte sono marcate invece soprattutto per quanto riguarda i valori massimi. La distribuzione delle frequenze delle classi di substrato risulta poco variabile tra le diverse condizioni di portata analizzate. In relazione alla misura del substrato nei mesohabitat, il caso specifico della Sarca val di Genova è di particolare interesse per la presenza di sedimento di grandi dimensioni che, in funzione delle condizioni di portata, può costituire effettivamente un descrittore puntuale dell’habitat oppure segnare il confine fra più mesohabitat, qualora emerso per una porzione significativa.





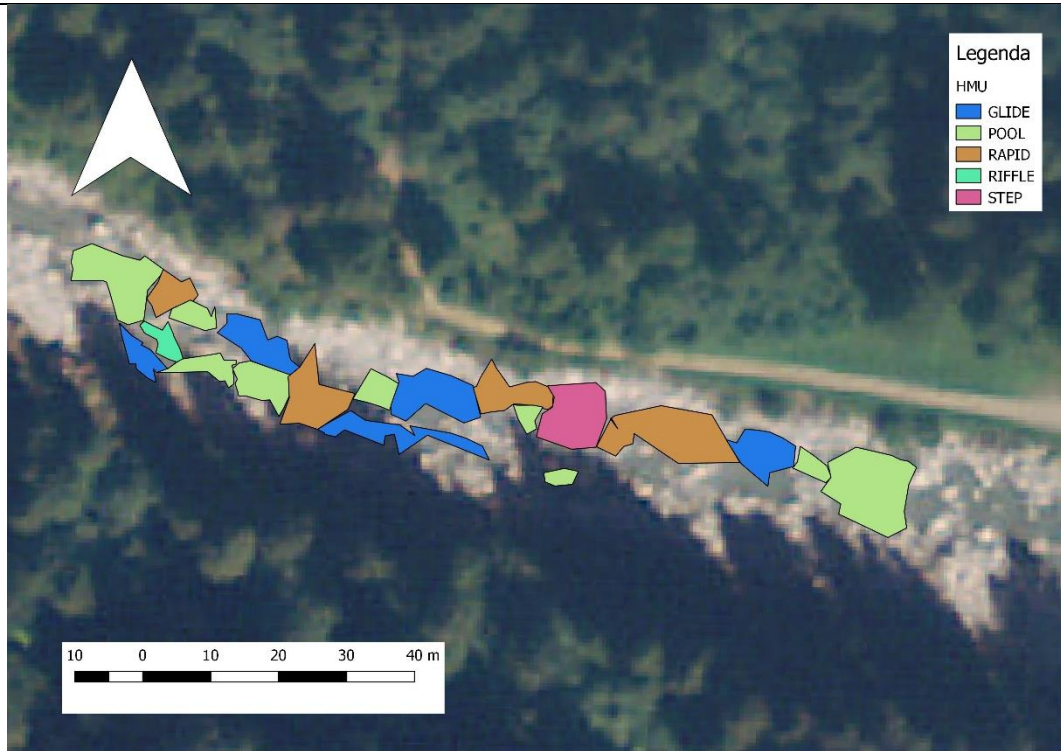
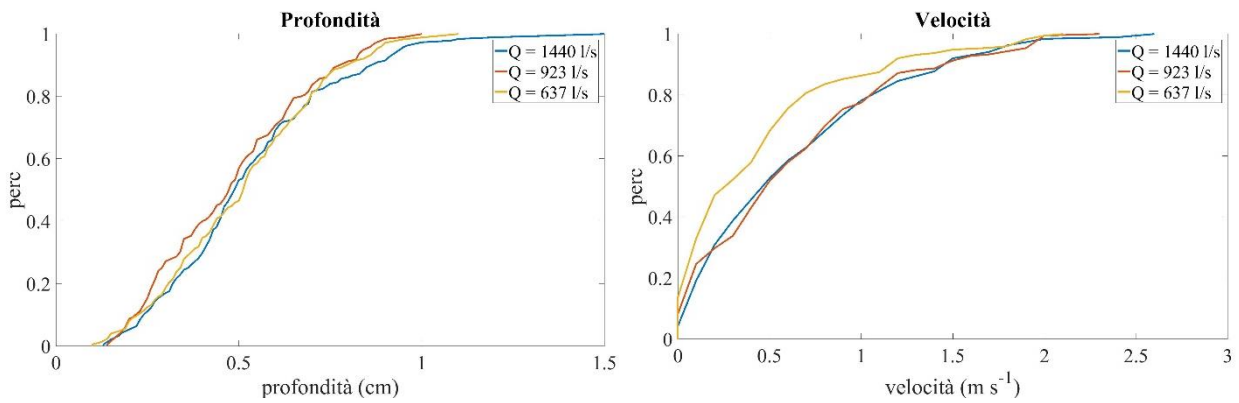


Figura 37: torrente Sarca Val di Genova. Mappatura del mosaico di mesohabitat in tre differenti condizioni di deflusso (dall'alto verso il basso: 1400 l/s, 923 l/s, 637 l/s).



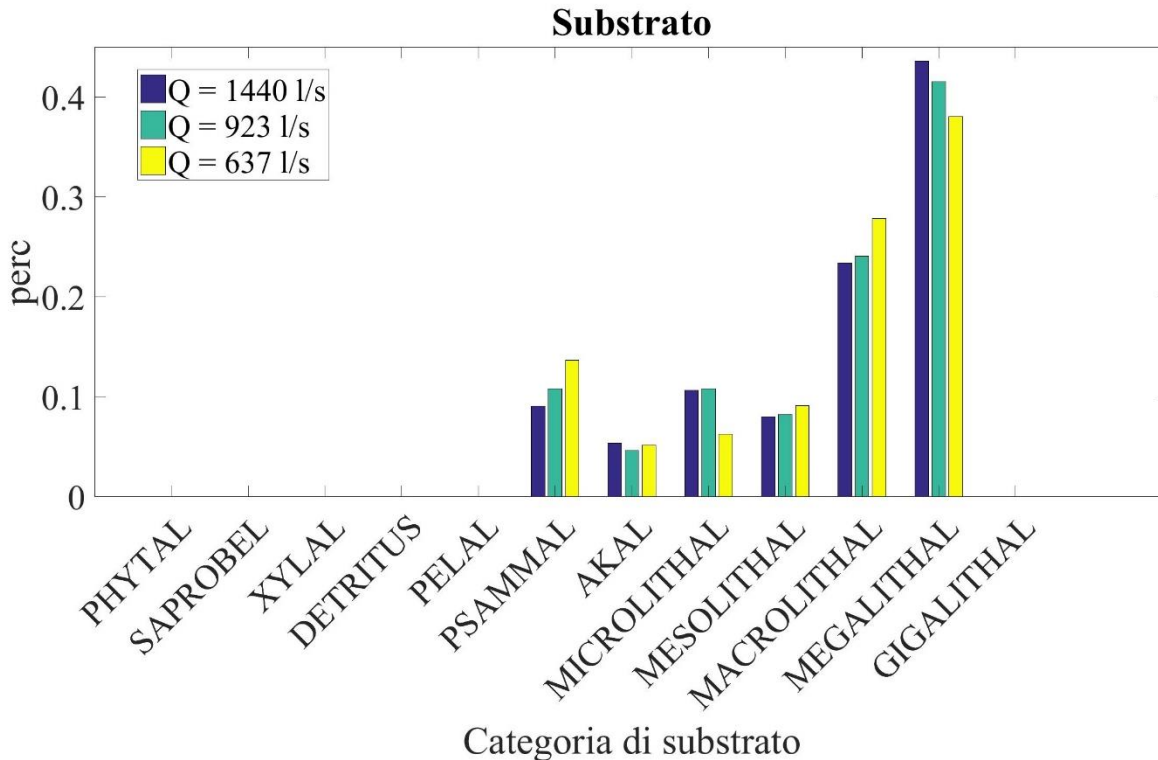


Figura 38: torrente Sarca Val di Genova. Analisi della distribuzione di frequenza delle misure di profondità, velocità e substrato per le tre differenti condizioni di deflusso (1440 l/s, 923 l/s, 637 l/s).

La misura della portata è stata effettuata in 3 punti a monte del tratto in quanto la particolare morfologia del tratto in corrispondenza del quale è stato effettuato il rilievo dell'habitat non permetteva una misura affidabile. È stata pertanto individuata una sezione a valle della vasca di calma, particolarmente idonea per una misura della velocità della corrente con il mulinello per la presenza di un fondo in sabbia abbastanza regolare. La sezione si localizza circa 30 metri a valle di una soglia. La misura è stata eseguita ad una frequenza di circa 40-50 cm sulla trasversale a profondità dal fondo pari a 40% rispetto al tirante totale. La seconda misura è stata effettuata in corrispondenza di una piccola vasca utilizzata per il recupero delle perdite associate alla vasca di calma. La portata uscente dalla vasca sfiora dalla stessa attraverso uno stramazzo in parete grossa, pertanto dalla misura della lama d'acqua sfiorante è stato possibile quantificare la portata uscente. La terza ed ultima misura è stata effettuata in corrispondenza del ponte che attraversa il rio San Martino. Per la bassa incidenza dello stesso sulla portata totale e per la difficoltà di accesso e di misura, la portata è stata ragionevolmente stimata. Inoltre per gran parte dell'anno l'affluente è captato dalla gronda che fa confluire le acqua dei principali affluenti del Sarca al lago di Molveno, pertanto in tali casi è noto il DMV rilasciato dall'opera di presa.



In Figura 39 si riportano le visualizzazioni delle sezioni di misura e i valori totali della portata rappresentativi dei rilievi effettuati.



Data rilievo	Portata misurata (l/s)
07/09/2016	1400
10/11/2016	922
26/01/2017	637

Figura 39: Sezioni in corrispondenza delle quali sono state effettuate le misure di portata 1) sezione a valle della vasca di calma 2) stramazzo dalla vasca recupero perdite 3) rio San Martino a valle dell'opera di presa.

Il **rio Vela** è un piccolo affluente in destra idrografica del fiume Adige che scende dal monte Bondone. Il tratto analizzato si localizza poco a monte dell'abitato di Cadine, considerabilmente più a valle dell'opera di presa che, nella stagione invernale, convoglia l'acqua in un bacino artificiale utilizzato per l'innevamento artificiale delle piste dell'impianto sciistico del monte Bondone. Il tratto analizzato è perlopiù confinato dai versanti e caratterizzato dalla presenza prevalente di ciottoli e ghiaia, e in misura minore di massi sparsi. La distribuzione delle unità idro-morfologiche indica una buona diversificazione degli habitat fluviali caratterizzati sia da moderata/elevata velocità di corrente e limitata profondità, quali in particolare "riffle" e "step"; sia da altri caratterizzati da moderate/elevate profondità e limitate velocità, quali "pool" e "glide" (Figura 40).

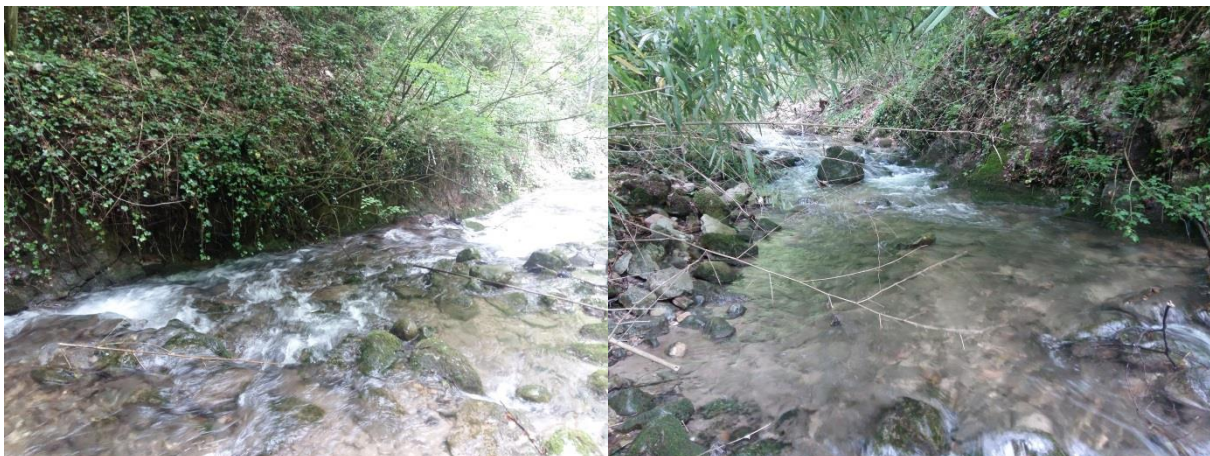


Figura 40: rio Vela. Alternanza di riffle, glide e pool caratterizzanti le unità idro-morfologiche del rio Vela a monte dell'abitato di Cadine.



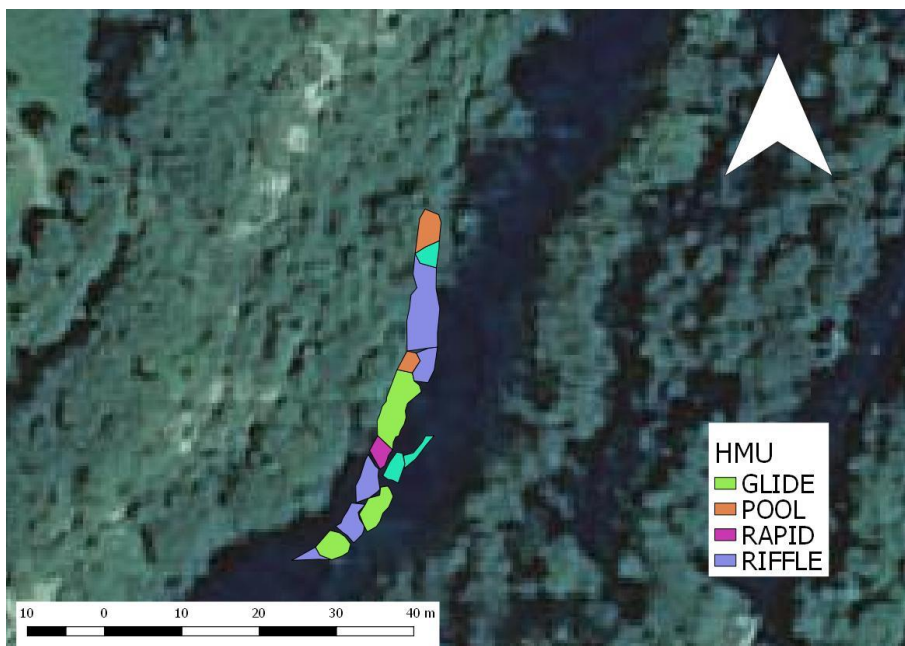
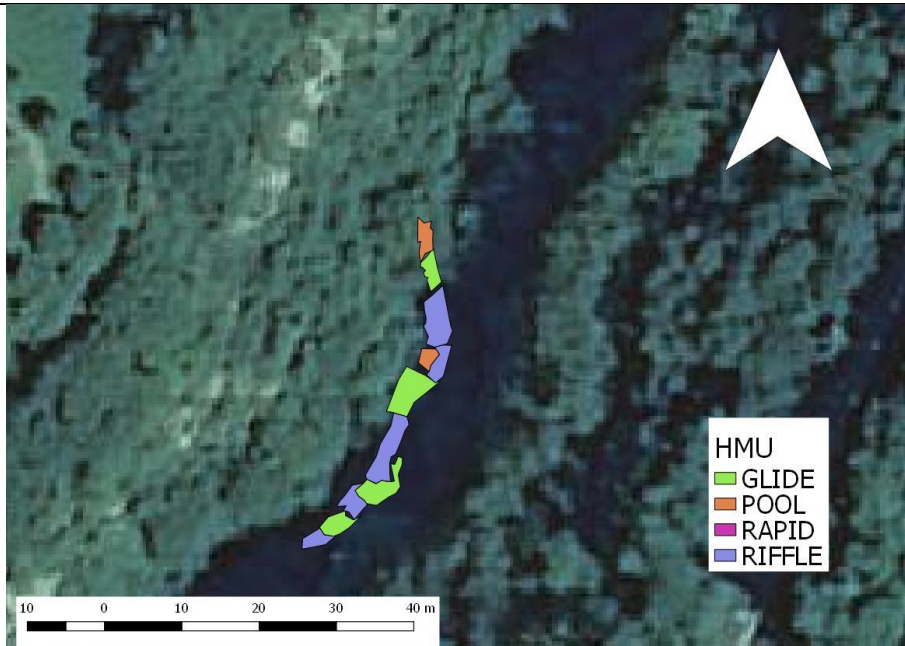
Per quanto concerne la misura della portata corrispondente al rilievo effettuato, sono state effettuate delle misure di velocità della corrente in corrispondenza dello stramazzo dove è collocato l'ex idrometro della PAT. La misura è stata eseguita ad una frequenza di 30 cm sulla trasversale a profondità pari a 20-40-80% rispetto al tirante totale. L'operazione di misura è stata eseguita alla fine di ogni rilievo ed i valori ottenuti vengono riportati nella tabella di Figura 41, a fianco di una immagine della sezione di misura.



Data rilievo	Portata misurata (l/s)
18/05/2016	115
01/06/2016	222
10/05/2017	170

Figura 41: rio Vela. Sezione in corrispondenza della quale sono state effettuate le misure di velocità per il calcolo della portata.

Come riportato nella tabella di Figura 41, i rilievi sono stati eseguiti in corrispondenza di valori molto prossimi fra loro. Si ritiene pertanto che, benché sia stato effettuato il numero minimo di rilievi delle HMU previste dal Manuale ISPRA 154/2017 per la realizzazione di una curva habitat – portata, tali misure vadano integrate in futuro con rilievi in grado di coprire uno spettro più ampio di portate che sia più rappresentativo del regime idrologico di magra e di morbida del torrente.



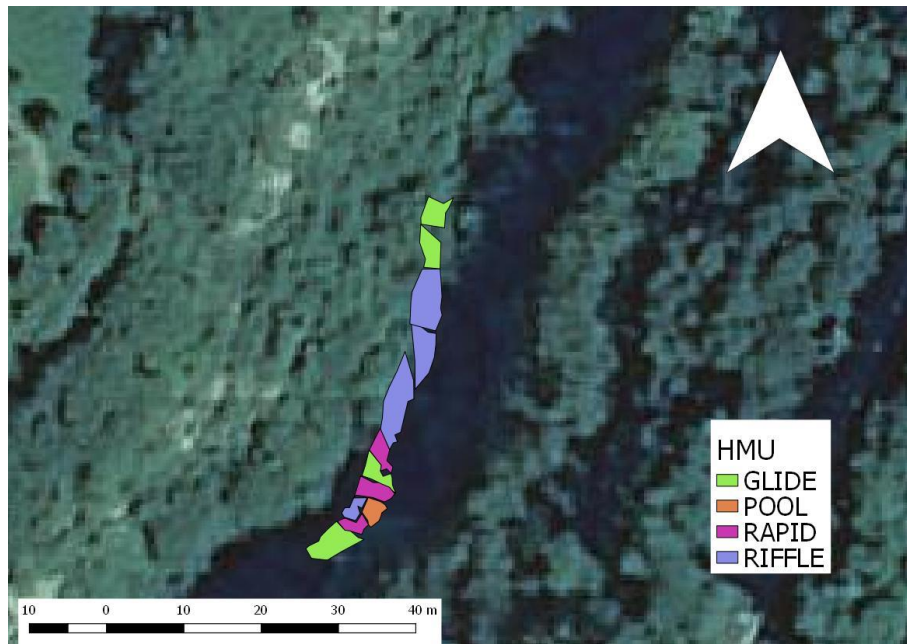


Figura 42: rio Vela. Mappatura del mosaico di mesohabitat in tre differenti condizioni di deflusso (dall'alto: 115 l/s, 222 l/s, 170 l/s).





## **4.2 Realizzazione delle mappe di idoneità di habitat**

A seguito della raccolta dei dati idro-morfologici e della successiva applicazione dei modelli biologici multivariati validati nella Fase 1, è stata modellata la variazione spazio-temporale dell'habitat disponibile in funzione della portata defluente. Attraverso l'applicazione dei modelli biologici (assenza/presenza e presenza/abbondanza), è stato possibile classificare ciascun mesohabitat secondo tre diverse categorie di idoneità (non-idoneo, idoneo e ottimale) al fine di individuare e quantificare l'area disponibile ad ospitare la fauna ittica.

Nelle figure seguenti (Figura 43, Figura 44, Figura 45) viene riportata la classificazione dei meso-habitat in termini di classe di idoneità all'interno dei tratti analizzati per le specie e stadi vitali prescelti. E' importante osservare che la non idoneità di un meso-habitat non deve essere interpretata come una interruzione della continuità longitudinale del fiume ma è relativa alla possibilità di utilizzo di tale ambiente da parte della singola specie durante la propria routine diurna in una determinata condizione di portata.

Dall'analisi delle mappe di idoneità relative al **torrente Vermigliana**, si può osservare come alcuni habitat non idonei (in rosso) siano costantemente presenti in tutte le condizioni di deflusso analizzate, caratteristica comune a tutti i corsi d'acqua in cui il semplice fatto di osservare area bagnata all'interno dell'alveo non implica necessariamente che quest'area sia idonea ad ospitare la fauna ittica.

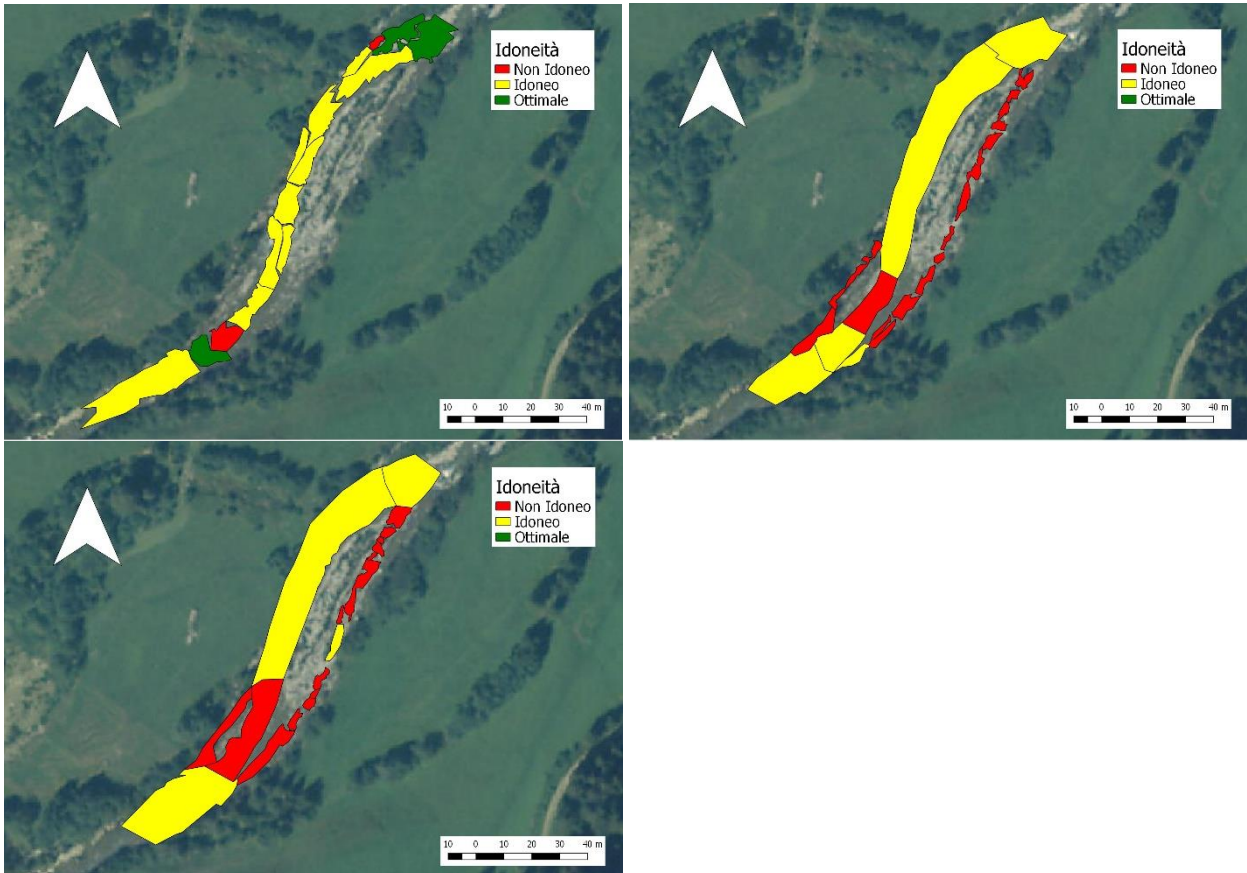


Figura 43: torrente Vermigliana. Classificazione di idoneità dei meso-habitat per la specie trota fario (*Salmo trutta*), stadio vitale adulto (condizioni di deflusso: 1150 l/s, 2530 l/s, 3950 l/s).

In questo tratto, il canale principale del torrente è in condizioni ottimali per la trota fario (adulto) soltanto in pochi mesohabitat e per valori bassi di portata. Il canale laterale risulta invece un habitat non idoneo per la trota fario in tutte le condizioni di portata, con la sola eccezione di una singola unità in cui le profondità diventano idonee per alte condizioni di portata.

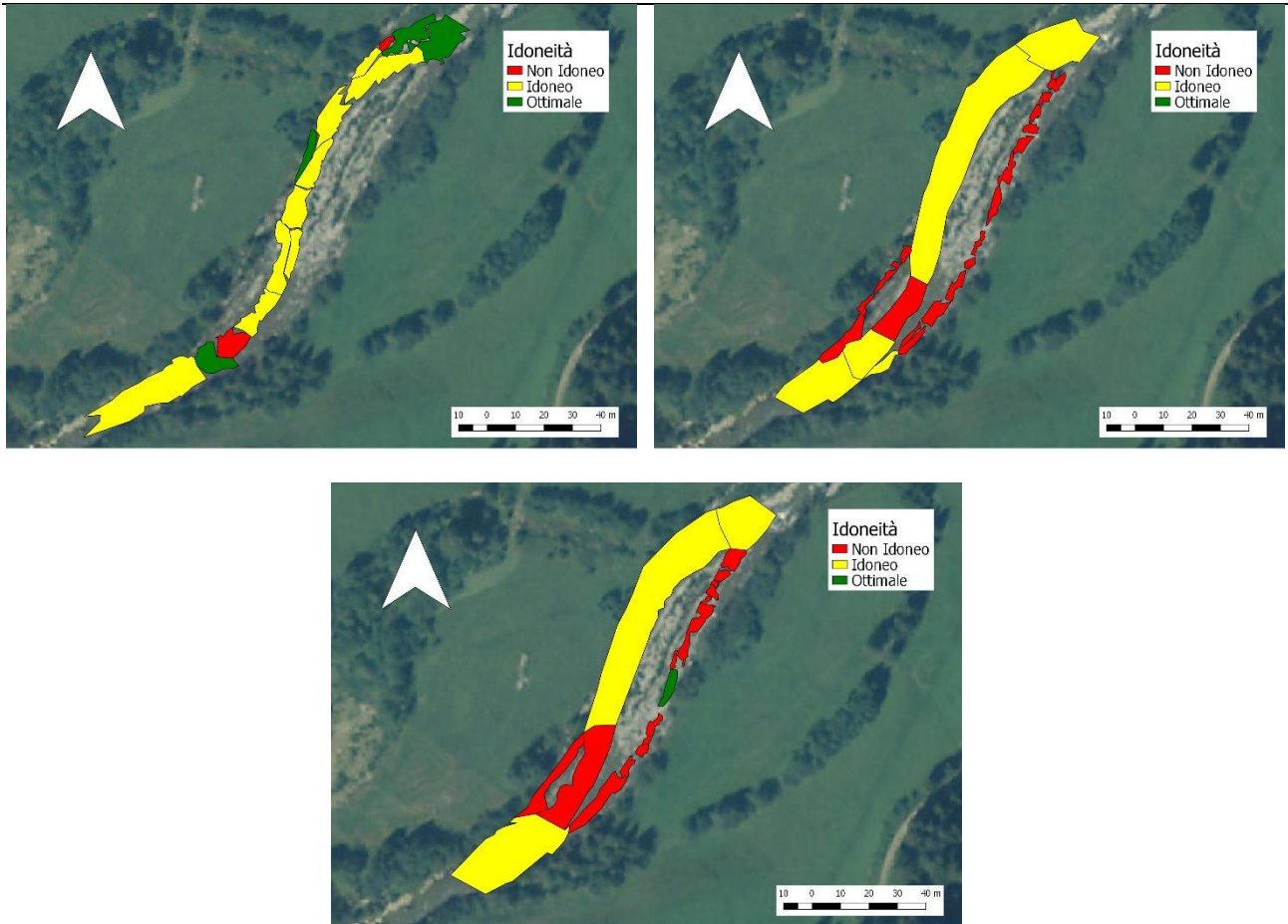


Figura 44: torrente Vermigliana. Classificazione di idoneità dei meso-habitat per la specie trota marmorata, stadio vitale adulto (*Salmo trutta marmoratus*; condizioni di deflusso: 1150 l/s, 2530 l/s, 3950 l/s).

L'idoneità dell'habitat per la trota marmorata (adulto) risulta molto simile a quelle per la trota fario, eccetto per un singolo mesohabitat nel canale secondario che ad alte portate risulta ottimale per la marmorata.



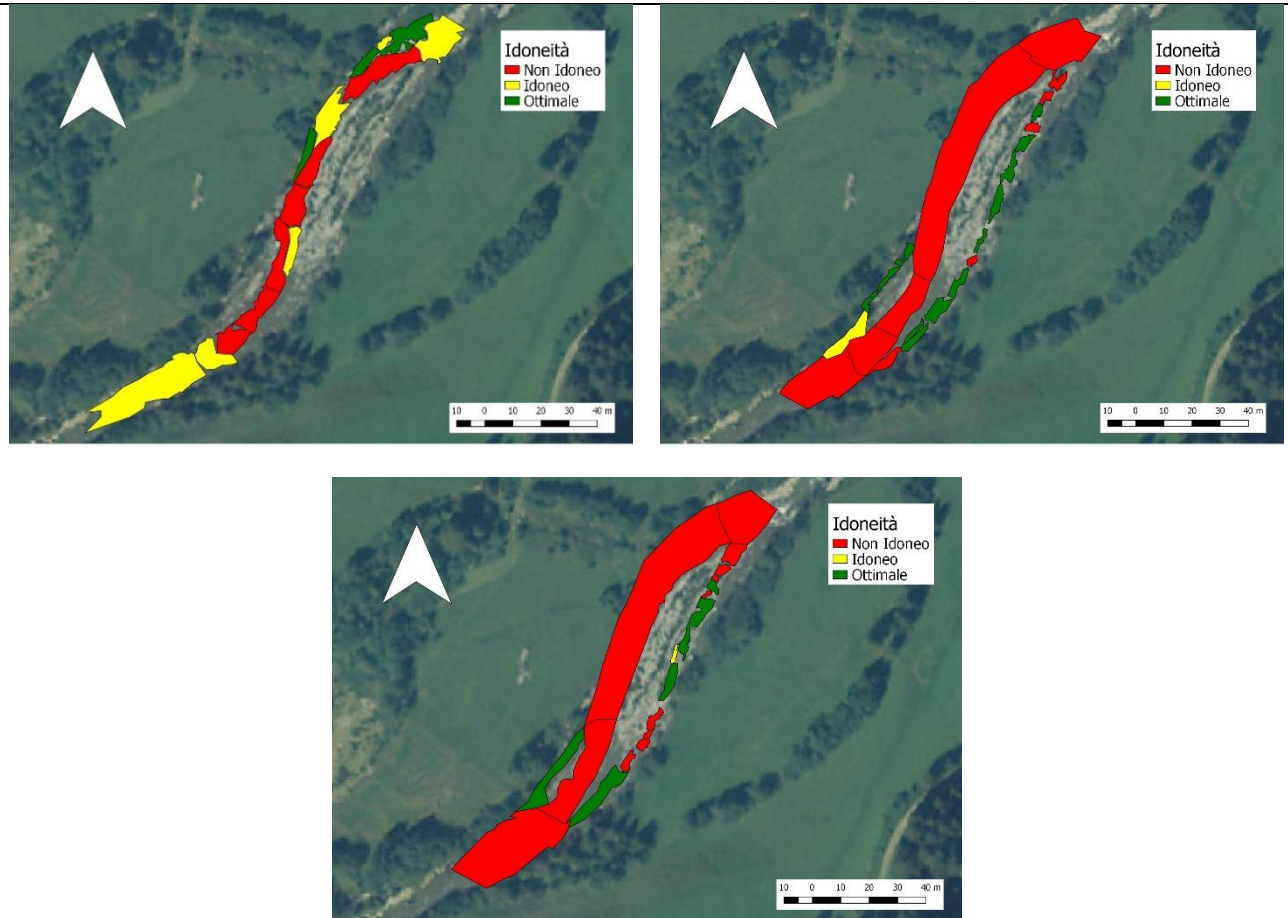


Figura 45: torrente Vermigliana. Classificazione di idoneità dei meso-habitat per la specie trota fario (*Salmo trutta*), stadio vitale giovane (condizioni di deflusso: 1150 l/s, 2530 l/s, 3950 l/s).

Per lo stadio giovanile, soltanto a basse portate il corso d'acqua risulta idoneo, anche se non ottimale. Da notare come, all'aumentare della portata, alcune aree nel canale laterale diventano ottimali per la trota fario allo stadio giovanile. Questo evidenzia come anche gli habitat marginali e la diversificazione morfologica dell'alveo siano fondamentali per i cicli vitali delle specie, favorendo la presenza di zone rifugio che possono essere utilizzate durante eventi di magra o piena.

## Sarca di Val Nambrone

Soprattutto a causa di fattori meteorologici, che hanno visto il perdurare di condizioni di magra per durate ben superiori alle medie del periodo, sul torrente Sarca di Nambrone è stato possibile eseguire soltanto due rilievi dell'habitat nel periodo di progetto, anche nonostante la proroga di otto mesi accordata dal 1/1/2017 al 31/8/2018. Tale disponibilità di misure non consente la determinazione della curva habitat – portata. Per questo motivo non sono qui riportate ulteriori analisi relative a questo caso studio. Nell'gruppo responsabile di progetto è comunque in previsione di completare il caso studio nei prossimi anni per una analisi completa di questo caso di particolare interesse soprattutto in relazione alla morfologia anastomizzata a canale multiplo.

## Sarca di Val Genova

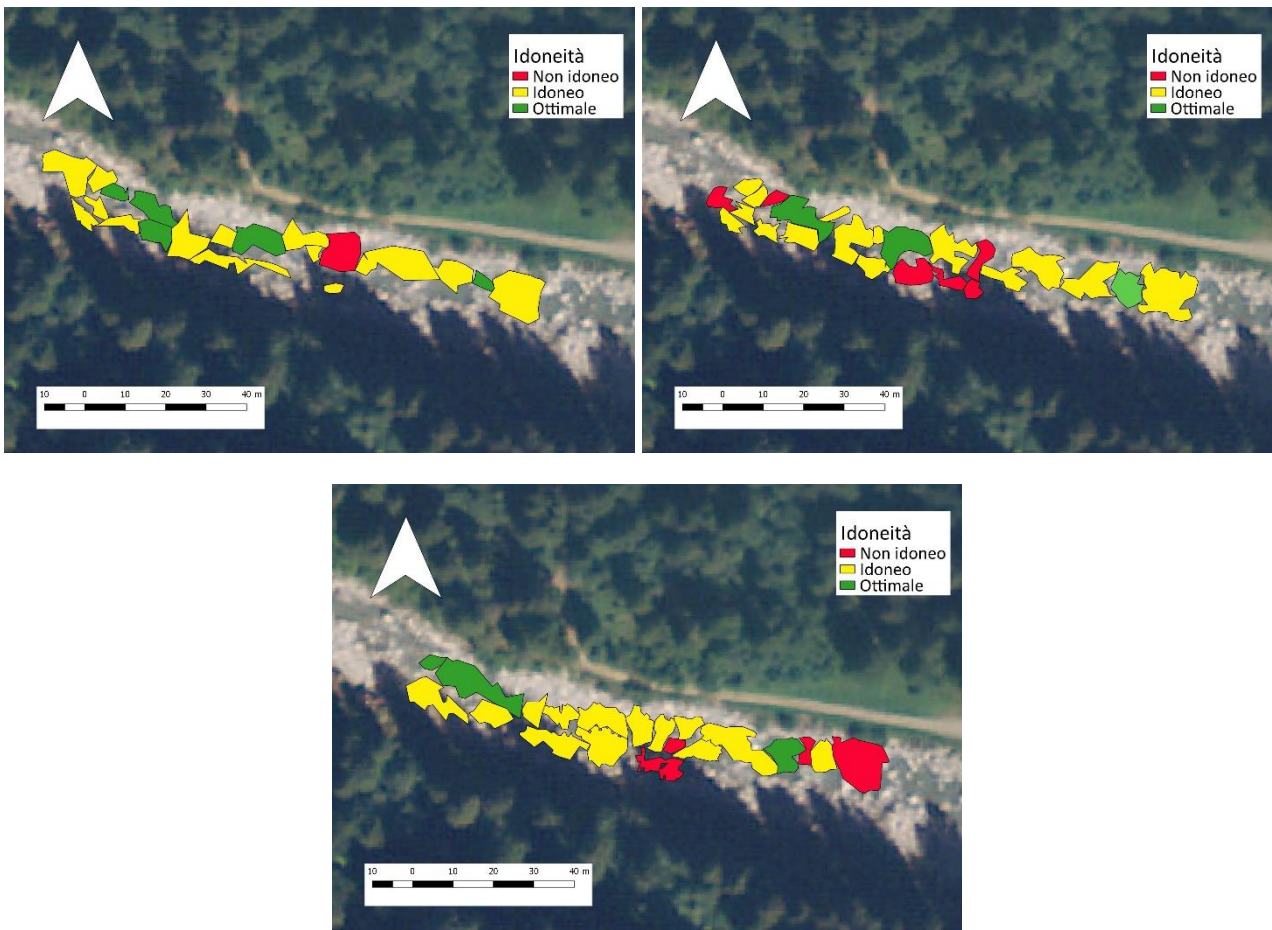


Figura 46: torrente Sarca di Val Genova. Classificazione di idoneità dei meso-habitat per la specie trota fario (*Salmo trutta*), (condizioni di deflusso: 637 l/s, 923 l/s, 1400 l/s).

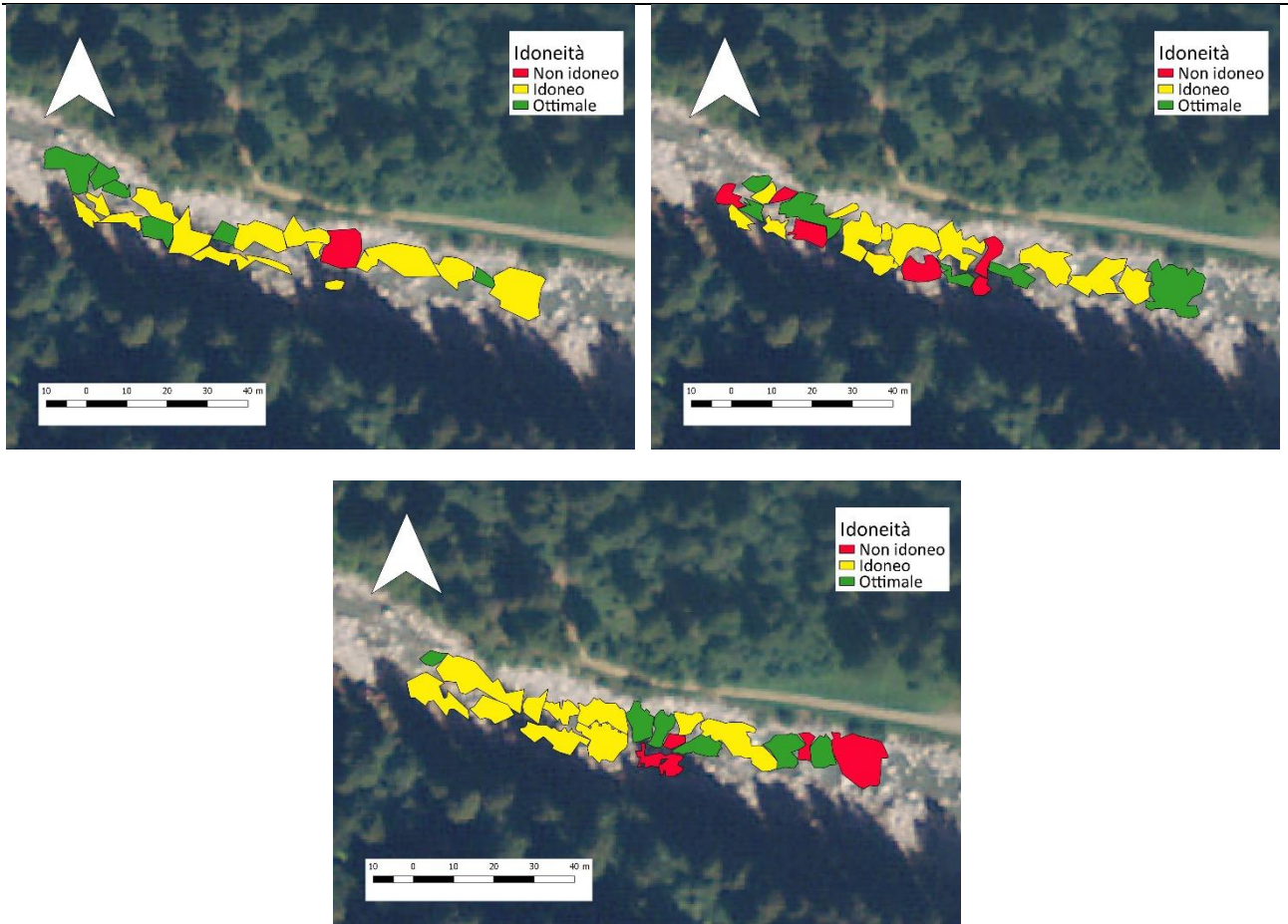
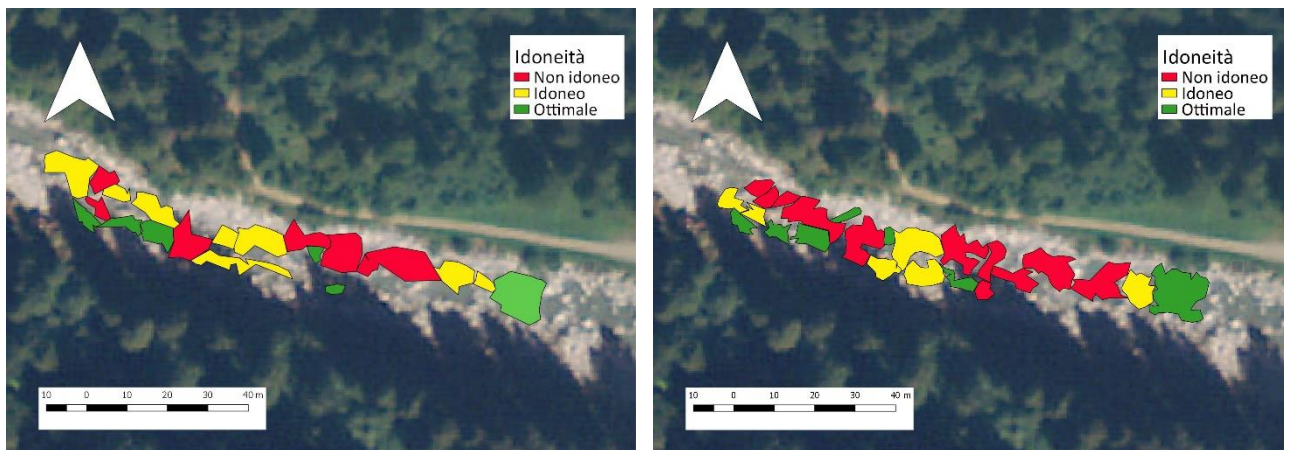


Figura 47: torrente Sarca di Val Genova. Classificazione di idoneità dei meso-habitat per la specie trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*; condizioni di deflusso: 637 l/s, 923 l/s, 1400 l/s).





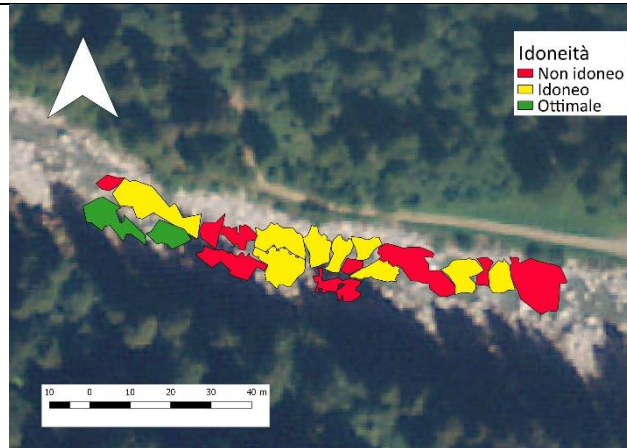


Figura 48: torrente Sarca di Val Genova. Classificazione di idoneità dei meso-habitat per lo stadio giovanile della trota, (condizioni di deflusso: 637 l/s, 923 l/s, 1400 l/s).

Le mappe di idoneità di habitat della Sarca di Val Genova evidenziano un differente comportamento per lo stadio giovanile e gli stadi adulti delle trote fario e marmorata. L'intervallo di portate esaminato include le condizioni di massima idoneità per gli stadi giovanili, che caratterizzano invece le portate più alte dell'intervallo considerato nel caso degli adulti di entrambe le specie. La morfologia fortemente controllata dalla presenza di massi di enormi dimensioni favorisce inoltre, in questo particolare caso, la persistenza e relativamente bassa variabilità delle condizioni di idoneità in alcuni mesohabitat al variare della portata.

### **4.3 Costruzione della relazione habitat- portata**

Gli habitat classificati come idonei e ottimali sono stati quindi aggregati per la costruzione delle curve habitat-portata, che mettono in relazione la portata defluente all'interno del corso d'acqua con l'area disponibile per le specie desiderate. L'habitat disponibile  $H_d(t)=H(Q(t))$  può essere misurato in valore assoluto, dimensionale o come percentuale dell'area bagnata massima nell'intervallo di portate oggetto dei rilievi. Seguendo il procedimento riportato in Parasiewicz (2007) e in Vezza et al. (2014c), l'area totale disponibile all'interno del tratto analizzato è ottenuta tramite la relazione:

$$A_{\text{Disponibile}} = A_{\text{Idonea}} * 0.25 + A_{\text{Ottimale}} * 0.75$$

La curva habitat-portata, unita all'analisi delle serie storiche di habitat, permette di individuare su base quantitativa ed ecologicamente basata i valori dei rilasci dalle opere di presa (quindi del Deflusso Ecologico, o eventualmente anche del DMV) che consentono di minimizzare gli impatti dell'opera di presa sugli habitat per le specie prescelte, in particolare garantendo una protezione adeguata per l'intera comunità ittica esistente all'interno del corso d'acqua.

Nell'ambito del presente progetto le curve habitat-portata sono state realizzate per i tratti analizzati sulla Vermigliana, sulla Sarca di Val Genova e sul rio Vela. Nel Sarca di Nambrone la presenza di due rilievi idromorfologici invece dei tre minimi richiesti non ha consentito, al momento, di sviluppare una relazione habitat-portata affidabile per il tratto. La costituzione di tale curva rimane comunque fra le priorità future del gruppo di lavoro che intende recuperare le risorse necessarie per il completamento dell'applicazione a questo interessante caso.

La curva habitat portata relativa alla Vermigliana è riportata in

Figura 49. Si nota come questa curva abbia un andamento diverso dall'atteso: infatti ci si aspetterebbe che l'idoneità dell'habitat raggiungesse il suo valore più alto alle portate intermedie, per poi calare progressivamente. In queste relazioni invece, dopo un iniziale aumento dell'habitat disponibile con la portata, le curve presentano un *plateau* orizzontale in cui l'habitat disponibile sostanzialmente non cambia con la portata (fra 1.15 e 2.53 m<sup>3</sup>/s), seguito da un leggero aumento dell'idoneità per i valori più alti di portata. La ragione di questo aumento è da ricercarsi nella morfologia particolare di questo tratto: a portate più alte l'idoneità nel canale principale tende a non cambiare, si attivano invece i canali laterali dove alcuni habitat risultano idonei per le specie e gli stadi vitali in esame. Va sottolineato come in questo tratto non vi siano differenze tra l'idoneità per la trota fario e quella per la marmorata, mentre il tratto risulta meno idoneo per gli stadi giovanili delle due specie.

## Habitat-flow rating curves - Vermigliana

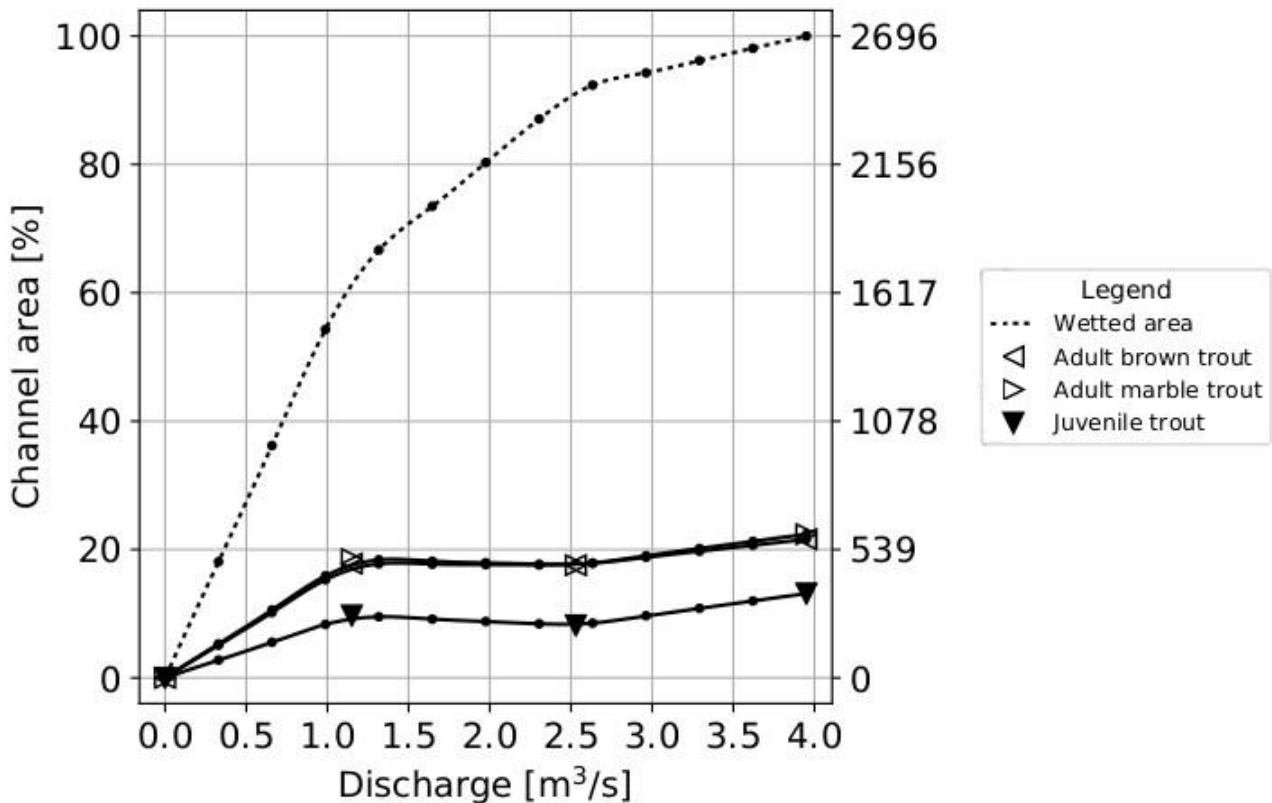


Figura 49: Curve habitat-portata per il Torrente Vermigliana a valle della confluenza con il rio Presanella ottenute tramite il software Sim-Stream per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM. Le curve riportate sono relative allo stadio vitale adulto e giovane della specie trota fario. Sulle curve vengono indicati con simboli differenti, a seconda delle specie, i valori habitat disponibile ottenuti per i diversi valori di portata in alveo registrati durante i rilievi (1150 l/s, 2530 l/s, 3950 l/s). Le percentuali riportate sull'asse di sinistra delle ordinate sono calcolate in riferimento al totale dell'area bagnata relativa al valore massimo di portata defluente misurato durante i rilievi (condizione di deflusso:  $Q=3950$  l/s). Sull'asse verticale secondario (a destra del grafico) è riportato il valore dell'area bagnata espresso in  $m^2$ .



## Habitat-flow rating curves - Sarca

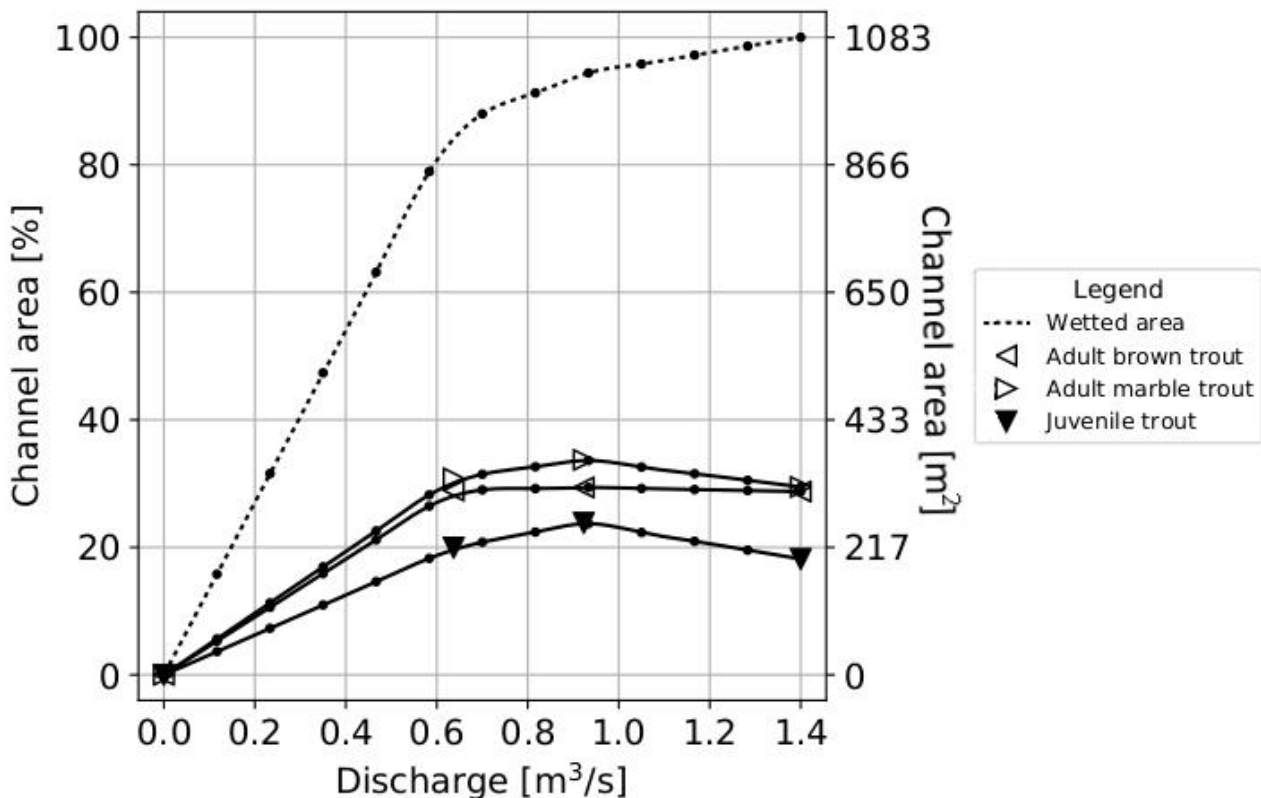


Figura 50: Curve habitat-portata per la Sarca di Val Genova ottenute tramite il software Sim-Stream per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM. Le curve riportate sono relative allo stadio vitale adulto della trota fario, allo stadio adulto della trota marmorata e allo stadio giovanile di queste specie. Sulle curve vengono indicati con simboli differenti, a seconda delle specie, i valori habitat disponibile ottenuti per i diversi valori di portata in alveo registrati durante i rilievi (637 l/s, 923 l/s, 1400 l/s). Le percentuali riportate sull'asse di sinistra delle ordinate sono calcolate rispetto al totale dell'area bagnata relativa al valore massimo di portata defluente misurato durante i rilievi (condizione di deflusso:  $Q=1400$  l/s). Sull'asse verticale secondario (a destra del grafico) è riportato il valore dell'area bagnata espresso in  $m^2$ .

L'idoneità dell' habitat nel Sarca di Val Genova (Figura 50) raggiunge per tutte le specie e gli stadi vitali analizzati un massimo per la portata intermedia di  $0.923 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  per poi restare costante (adulto) o calare leggermente per portate più elevate. Questo tratto della Sarca, nell'intervallo di portate considerato, sembra presentare condizioni idromorfologiche leggermente più adatte a sostenere popolazioni di trota marmorata adulta rispetto agli stadi giovanili. L'eventuale raggiungimento delle condizioni di massima idoneità per lo stadio adulto all'esterno dell'intervallo di misura considerato è da verificarsi con ulteriori misure, mentre è tendenzialmente da escludersi per lo stadio giovanile, poiché la morfologia dell'alveo, contrariamente alla Vermigliana o, ancor più, al Nambrone, non offre la possibilità di attivare canali secondari all'aumento della portata, che invece si traduce in un aumento delle velocità e profondità locali nella maggior parte delle HMU. In questo caso, il fattore che agisce nella direzione del mantenimento dell'idoneità è soprattutto legato ai massi di grandi dimensioni che offrono numerose zone di rifugio per la fauna ittica.

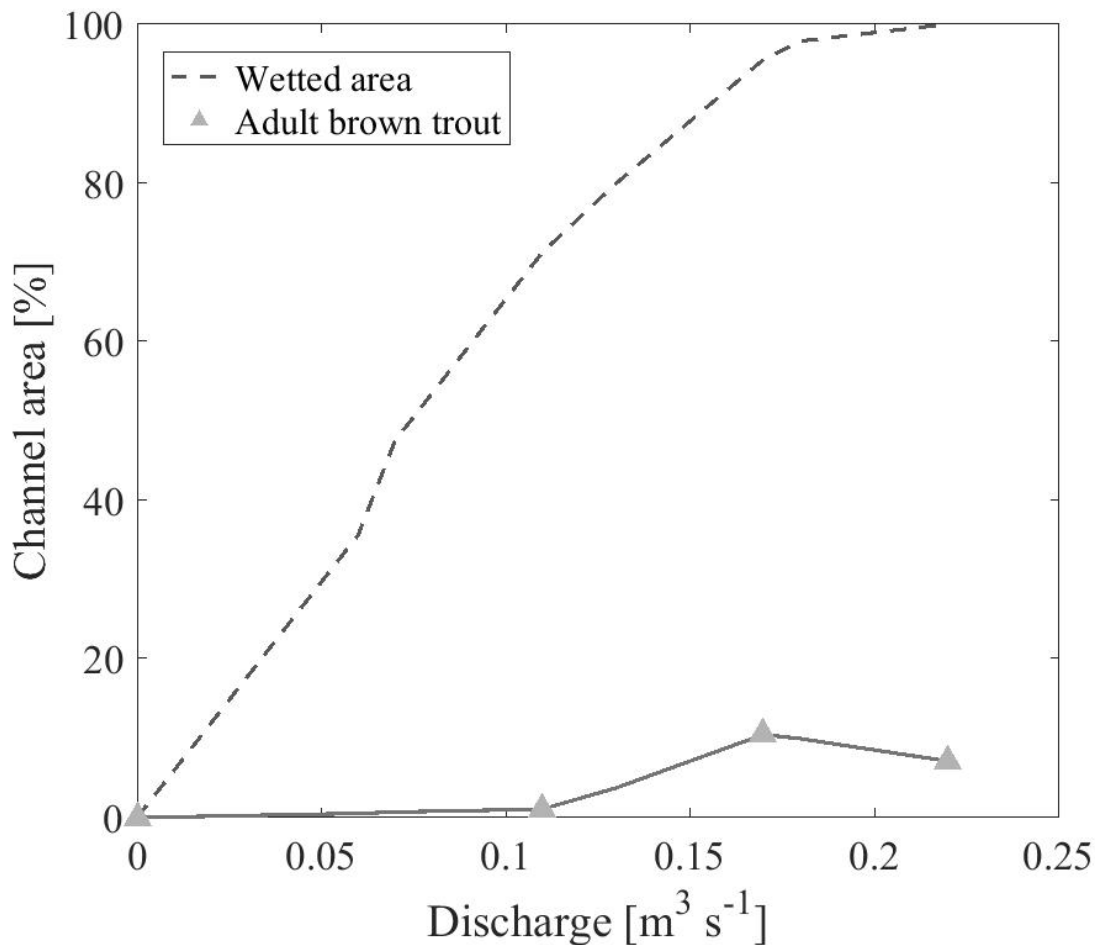


Figura 51. Curve habitat-portata per il rio Vela ottenute tramite il software Sim-Stream per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM. Le curve riportate sono relative allo stadio vitale adulto della trota fario. Sulle curve vengono indicati con simboli differenti, a seconda delle specie, i valori habitat disponibile ottenuti per i diversi valori di portata misurati in alveo durante i rilievi. Le percentuali riportate sull'asse di sinistra delle ordinate sono calcolate rispetto al totale dell'area bagnata relativa al valore massimo di portata defluente misurato durante i rilievi (condizione di deflusso:  $Q=222 \text{ l/s}$ ).

La curva di idoneità dell'habitat per il rio Vela è riportata in Figura 51. In questo caso è riportata la curva relativa allo stadio adulto della trota fario. I rilievi fatti per il rio Vela tuttavia non hanno coperto un intervallo di portate che può considerarsi esaustivo per la definizione della relazione fra habitat disponibile e portata defluente. Sono anche stati i primi rilievi eseguiti nell'ambito del progetto per l'applicazione del metodo, pianificati per avviare i rilievi in campo ma che avrebbero richiesto ulteriori misurazioni a valori di portata maggiori. Qualora di interesse per il territorio e l'amministrazione provinciale, il gruppo di lavoro è disponibile a completare la realizzazione della relazione habitat – portata in un intervallo di valori più significativo per il regime idrologico del torrente.

#### **4.4 Simulazione di scenari ipotetici di derivazione e valutazione dell'indice IH**

Lo step conclusivo della Fase 2 del progetto ha visto il calcolo dell'indice di integrità dell'habitat fluviale (IH) in uno dei casi studio fra quelli analizzati, in particolare il torrente Vermigliana, per cui la serie delle portate è immediatamente disponibile (idrometro PAT con scala delle portate validata). Aver realizzato curve habitat – portata anche per altri due casi studio (Sarca di val Genova e rio Vela) consentirebbe di calcolare l'indice IH anche per questi casi. Tale operazione non è stata effettuata nell'ambito del presente progetto a causa di due differenti fattori limitanti. Per Sarca di Val Genova il fattore limitante è stata la disponibilità immediata delle serie di portata rappresentativa del tratto analizzato, che richiederebbe di effettuare analisi e misurazioni aggiuntive. Per il rio Vela la serie di portata è invece disponibile, ma il calcolo dell'indice IH non è stato ritenuto significativo a causa del limitato intervallo di portate coperto dalle misure di portata (si veda anche quanto discusso al capitolo 4.4). L'applicazione dell'indice IH è stata quindi effettuata al tratto analizzato del torrente Vermigliana. Nell'ambito del presente progetto, tale applicazione risulta comunque significativa per il raggiungimento degli obiettivi prefissati. È comunque intenzione del gruppo di lavoro dare continuità al lavoro avviato sui quattro casi di studio per esplorare in forma ancora più estensiva i risultati dell'applicazione dell'indice IH a tutti i casi considerati nel prossimo futuro.

Il calcolo dell'indice IH si basa per definizione sul confronto fra due configurazioni: una configurazione “di riferimento” (non si confonda il termine con le *condizioni di riferimento* sensu Direttiva Quadro Acque 2000/60) e una configurazione “alterata”. Nel caso del torrente Vermigliana sono stati simulati diversi scenari di alterazione associati a ipotetiche derivazioni idriche simulate attraverso regole semplificate.

Si sono sviluppati due differenti tipologie di scenari di alterazione dovuti a una derivazione idrica, al fine di valutarne l'impatto sulla disponibilità di habitat per specie ittiche scelte come target. Nella prima tipologia, è stato imposto il DMV in vigore da PGUAP (Piano di Gestione e Utilizzo delle Acque Pubbliche della Provincia Autonoma di Trento) per il tratto considerato a tutti gli scenari di prelievo. Nella seconda tipologia, è stato imposto un differente DMV, con l'obiettivo di ridurre gli effetti avversi dell'alterazione dell'habitat riscontrata, ex-post, nella prima tipologia di scenari.

La regola di derivazione adottata è basata su una portata massima di concessione  $Q_c$ , con un rilascio in alveo pari al DMV ( $Q_{DM}$ ). L'algoritmo non consente dunque alcun prelievo se la portata transitante in alveo  $Q(t)$  è minore o pari a  $Q_{DM}$ . Se la portata è invece maggiore del DMV, l'algoritmo simula un prelievo pari all'eccesso rispetto al DMV fino al massimo stabilito dalla concessione. La regola di derivazione è formalizzata secondo le seguenti espressioni matematiche, che consentono di ricavare per ogni prelievo le due serie temporali  $Q_r(t)$  (portata rilasciata in alveo) e  $Q_p(t)$  (portata prelevata):

$$\begin{aligned} Q_r(t) &= Q(t) - Q_c && \text{se } Q(t) > (Q_{DM} + Q_c); \\ Q_r(t) &= \min[Q(t), Q_{DM}] && \text{se } Q(t) < (Q_{DM} + Q_c); \end{aligned} \quad (5)$$

$$Q_p(t) = Q(t) - Q_r(t). \quad (6)$$





In termini matematici, le due tipologie di scenari sviluppati differiscono per il valore imposto di  $Q_{DM}$ , mentre per la stessa tipologia ciascun scenario differisce per la portata massima di concessione  $Q_c$ . In ogni scenario, la condizione di riferimento è la serie  $Q(t)$ , mentre la condizione alterata è la corrispondente serie  $Q_r(t)$ , ricavata secondo le relazioni (5). Le corrispondenti serie temporali di habitat sono state ottenute applicando la relazione habitat - portata le serie di portata così definite.

Nel caso del **torrente Vermigliana**, la serie  $Q(t)$  utilizzata è stata quella disponibile dall'idrometro PAT nell'anno solare 2012, scelto in quanto è l'anno che meno si discosta dalla media di tutto l'intervallo considerato (1993-2014) e definito quindi come anno rappresentativo del periodo. I valori scelti sono stati individuati al fine di avere una rappresentazione il più possibile adeguata del regime idrologico del torrente includendo nelle analisi sia il periodo di magra, sia valori di portata superiori alla media. Valori prossimi alla piena ordinaria sono stati confermati come non rilevabili per le condizioni idrodinamiche presenti in alveo.

Nella prima tipologia di scenari sviluppati sono stati simulati cinque prelievi con valori di portata massima di concessione  $Q_c$  crescenti (si veda Tabella 9), con l'obbligo di rilascio di un DMV invernale  $Q_{DM}=220$  l/s e di un DMV estivo  $Q_{DM}=333$  l/s (Figura 52 e Figura 53).

Tabella 9 Scenari di prelievo per la Vermigliana: prima tipologia, con DMV da PGUAP.

	<b>Portata di concessione</b>	
	<i>Massima - <math>Q_c</math> [l/s]</i>	<i>Media - <math>Q_{med}</math> [l/s]</i>
<b>Scenario 1</b>	1000	450
<b>Scenario 2</b>	2100	900
<b>Scenario 3</b>	3200	1400
<b>Scenario 4</b>	4200	1790
<b>Scenario 5</b>	10000	5000

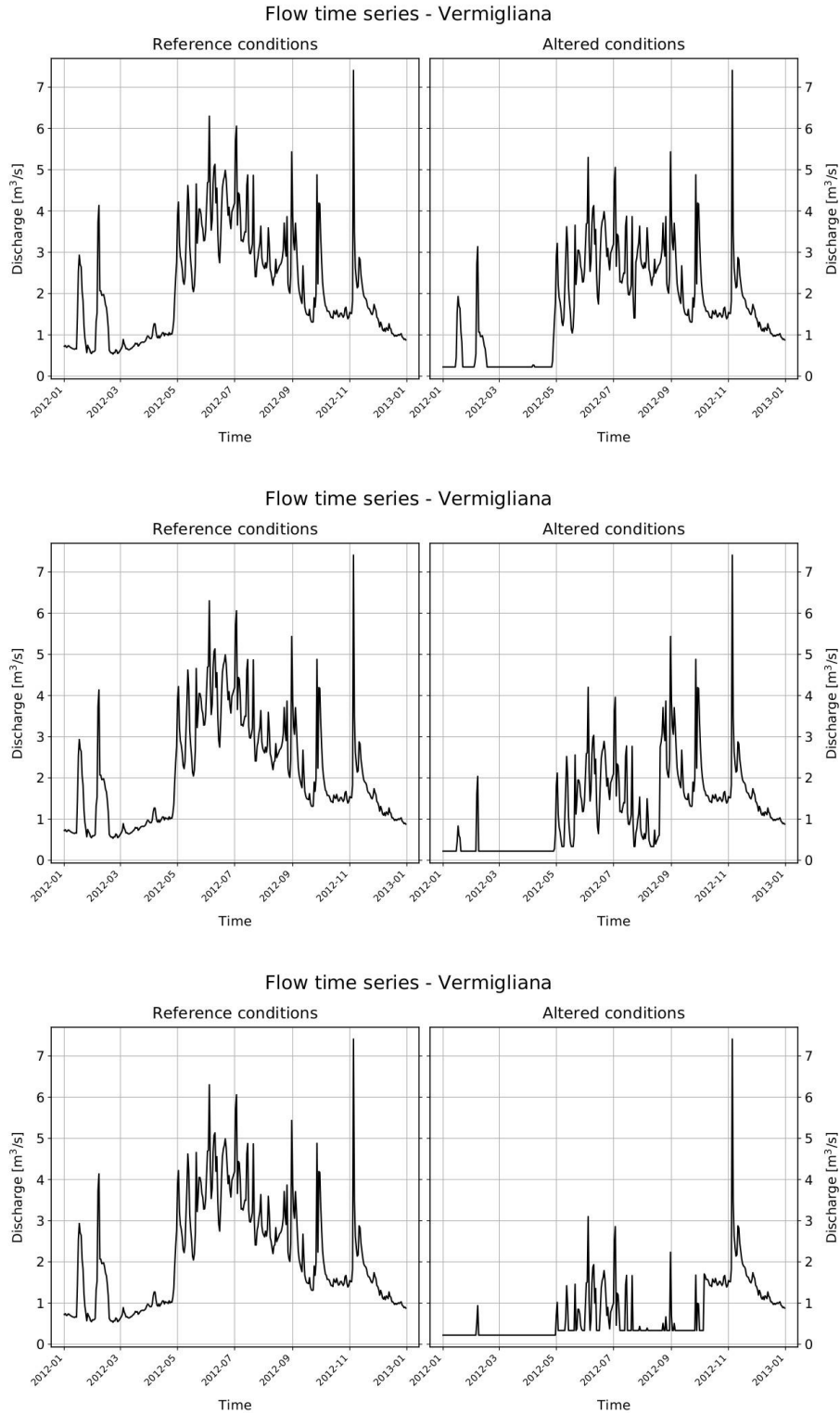


Figura 52 Serie delle portate  $Q(t)$  e  $Q_r(t)$  (vedasi equazioni 5) in condizioni di riferimento e in condizioni alterate, negli scenari 1,2 e 3 presentati in Tabella 9 Scenari di prelievo per la Vermigliana: prima tipologia, con DMV da PGUAP. Tabella 9.

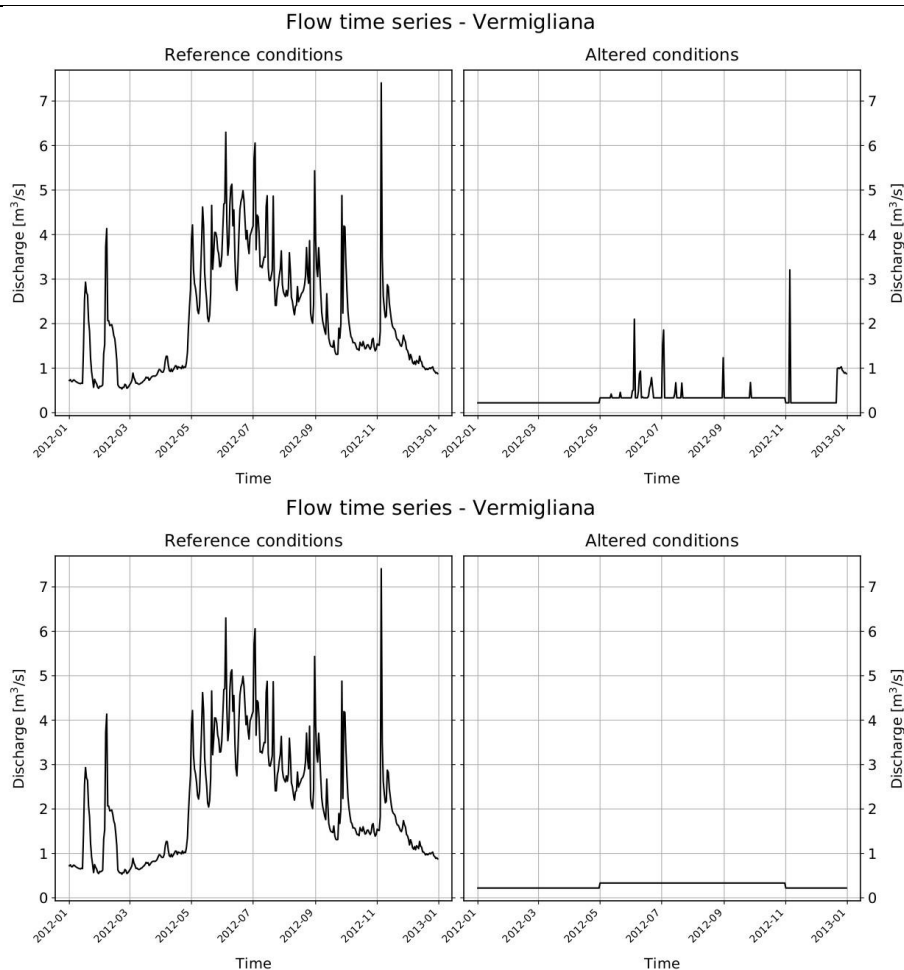


Figura 53: Serie delle portate  $Q(t)$  e  $Q_r(t)$  (vedasi equazioni 5) in condizioni di riferimento e in condizioni alterate, negli scenari 4 e 5 presentati in Tabella 9.

L'applicazione delle curve habitat-portata presentate in Figura 49 alle serie di portata raffigurate in Figura 52 e in Figura 53 permette di calcolare le serie temporali di habitat per la trota fario (Figura 54 e Figura 55), per la trota marmorata (Figura 56 e Figura 57) e per lo stadio giovanile (Figura 58 e Figura 59). Il confronto dei valori medi dell'habitat disponibile, indicati con una linea blu, permette il calcolo dell'indice di disponibilità spaziale di habitat fluviale secondo l'equazione (1) (si veda il capitolo 2.5.1).



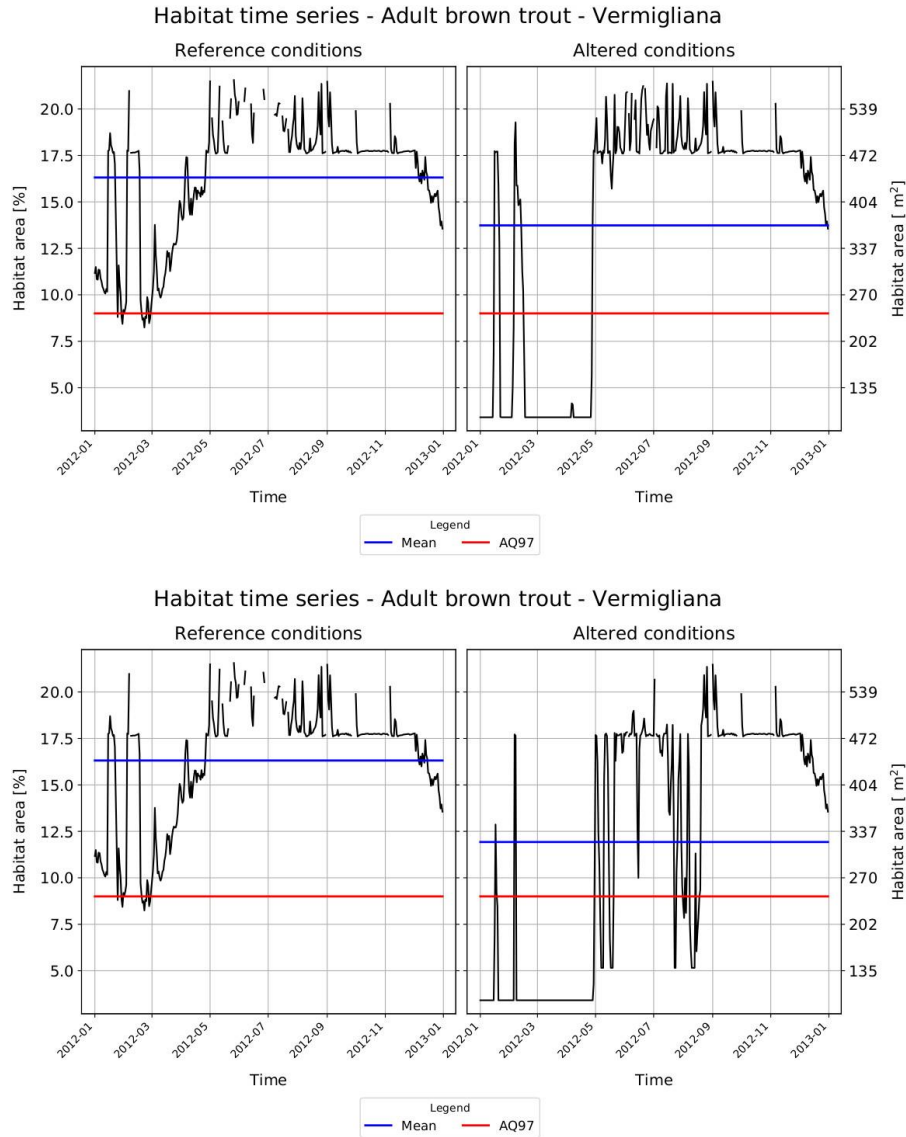
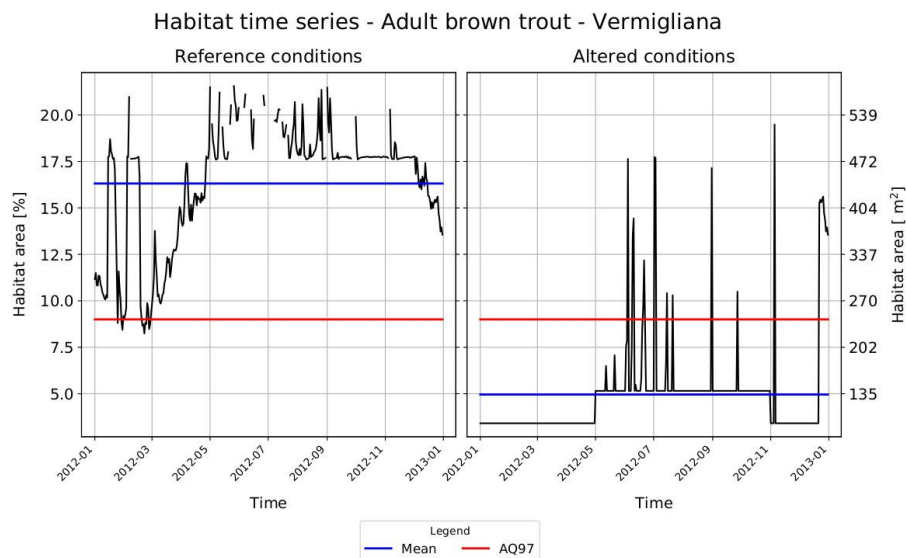
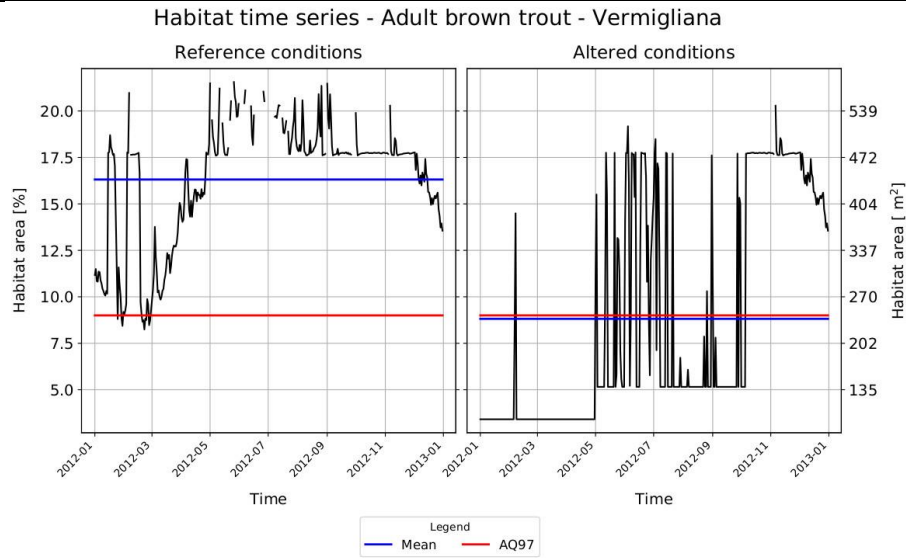


Figura 54 Serie di idoneità dell' habitat per la trota fario (stadio adulto) in condizioni di riferimento e in condizioni alterate, negli scenari 1 e 2 presentati in Tabella 9. La linea rossa indica la soglia di stress, la blu il valore medio.



*Figura 55: Serie di idoneità dell' habitat per la trota fario (stadio adulto) in condizioni di riferimento e in condizioni alterate, negli scenari 3 e 4 presentati in Tabella 9. La linea rossa indica la soglia di stress, la blu il valore medio. Si sottolinea come lo scenario 5, qui non raffigurato, sia talmente estremo per cui l'habitat non è praticamente mai superiore alla soglia di stress.*

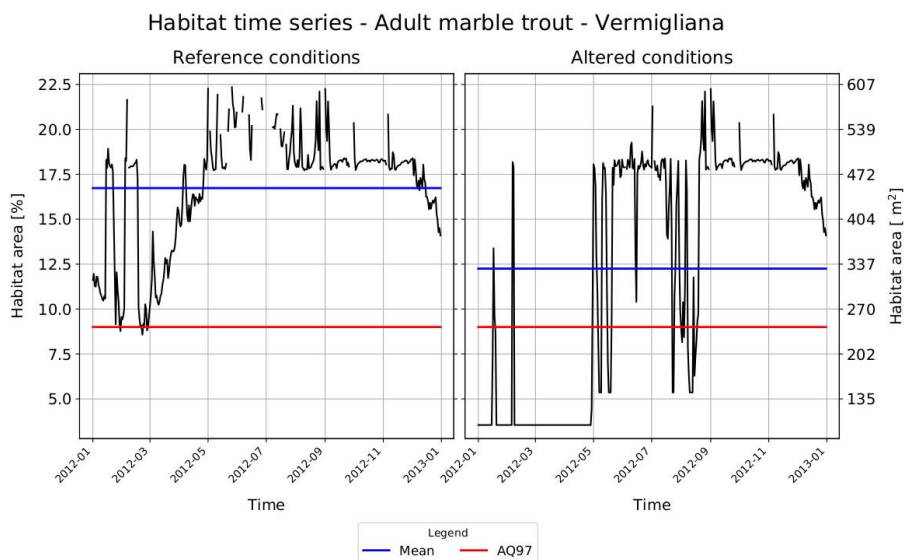
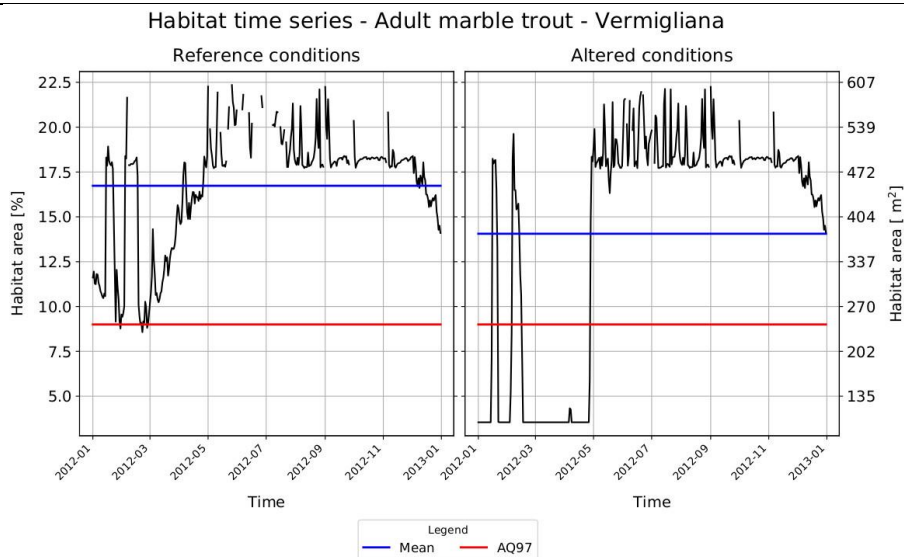
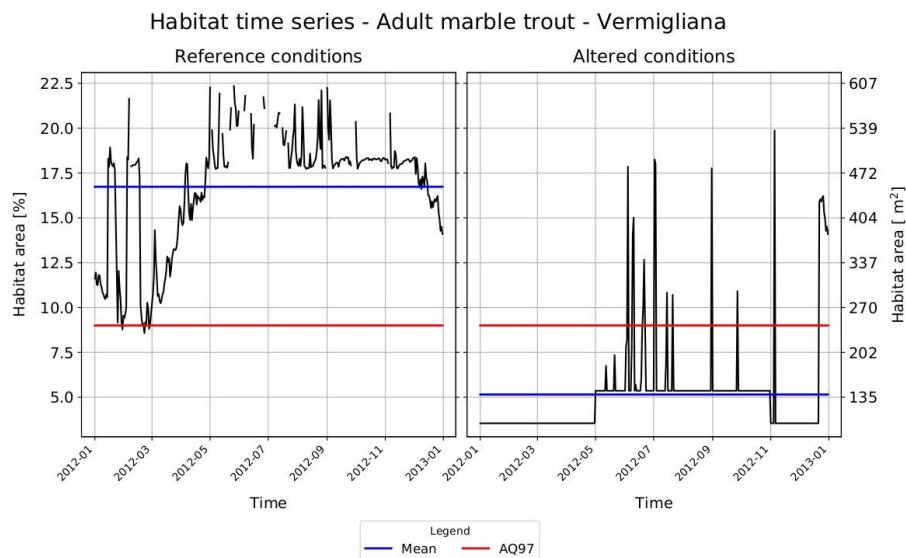
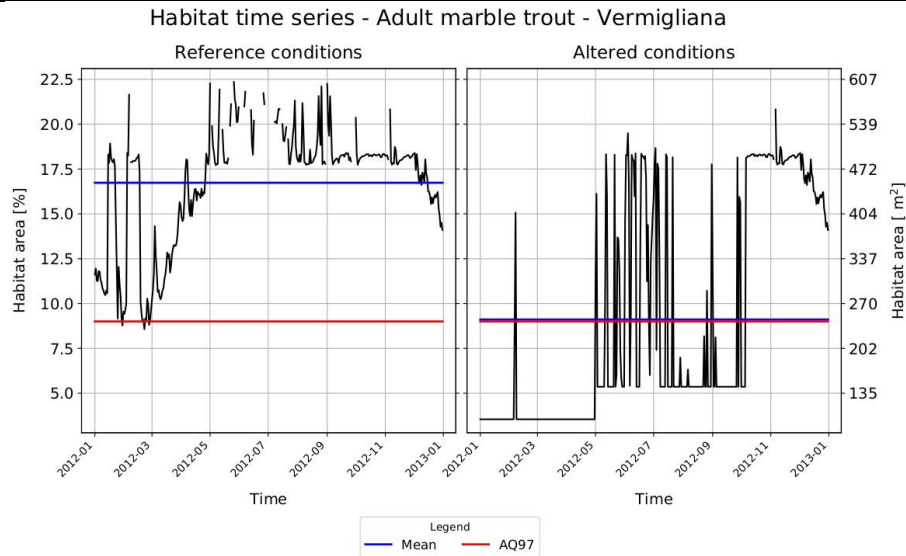


Figura 56 Serie di idoneità dell' habitat per la trota marmorata (stadio adulto) in condizioni di riferimento e in condizioni alterate, negli scenari 1 e 2 presentati in Tabella 9. La linea rossa indica la soglia di stress, la blu il valore medio.





*Figura 57 Serie di idoneità dell' habitat per la trota marmorata (stadio adulto) in condizioni di riferimento e in condizioni alterate, negli scenari 3 e 4 presentati in Tabella 9. La linea rossa indica la soglia di stress, la blu il valore medio. Si sottolinea come lo scenario 5, qui non raffigurato, sia talmente estremo per cui l'habitat non è mai superiore alla soglia di stress.*

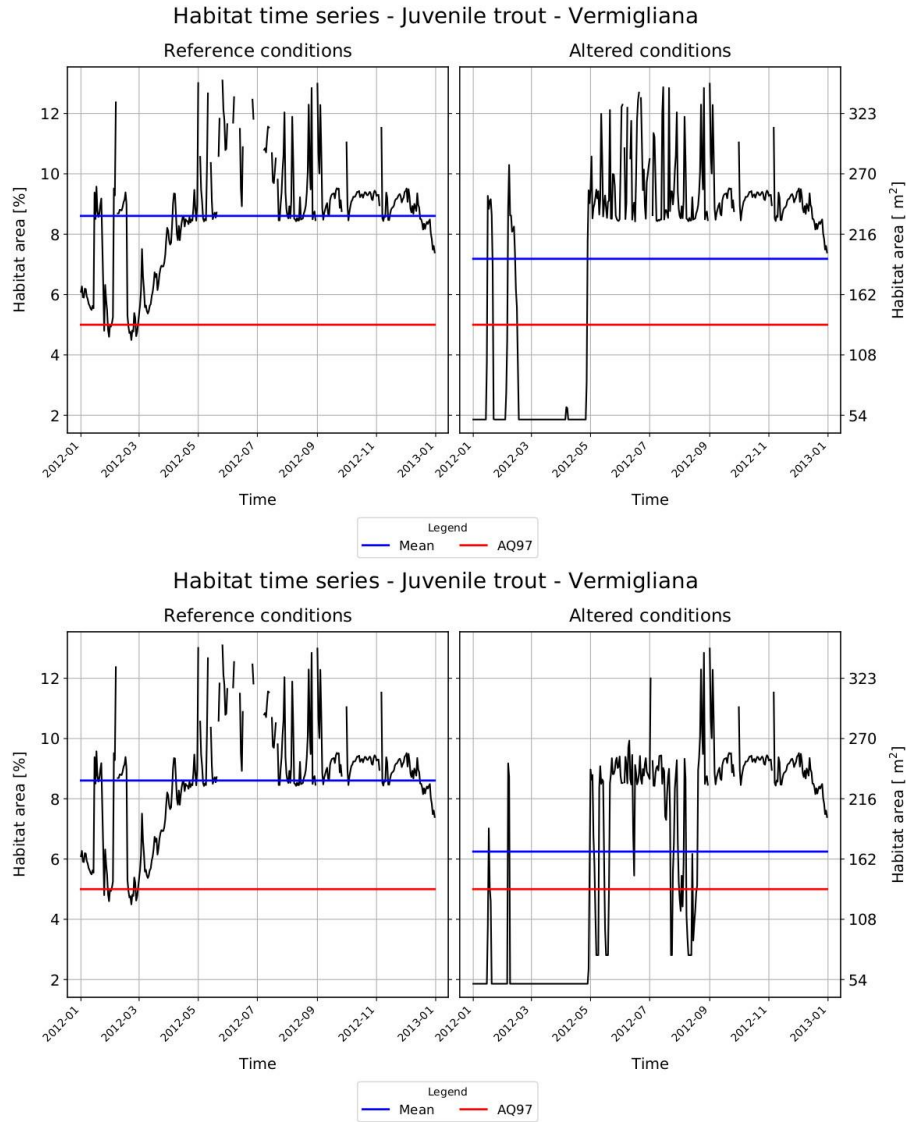


Figura 58 Serie di idoneità dell' habitat per gli stadi giovanili di trota in condizioni di riferimento e in condizioni alterate, negli scenari 1 e 2 presentati in Tabella 9. La linea rossa indica la soglia di stress, la blu il valore medio.

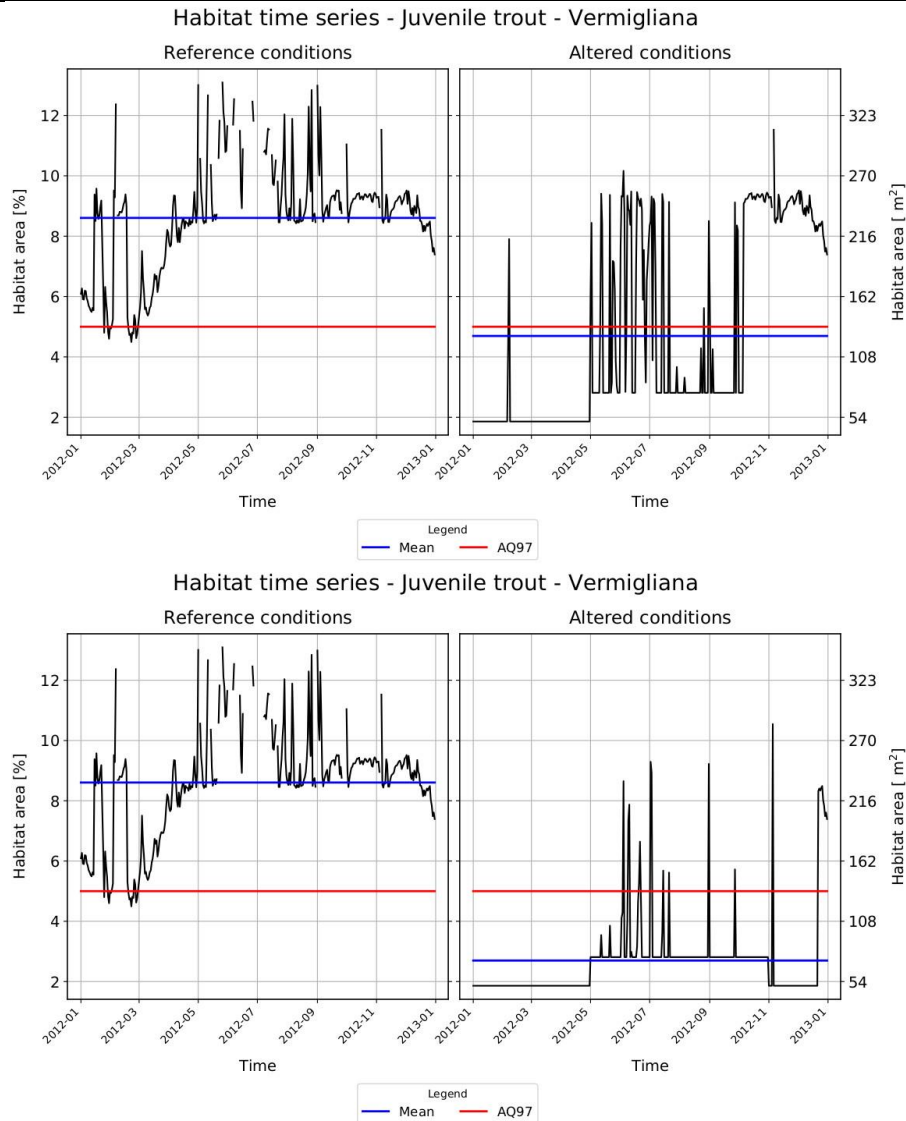


Figura 59 Serie di idoneità dell' habitat per gli stadi giovanili di trota in condizioni di riferimento e in condizioni alterate, negli scenari 3 e 4 presentati in Tabella 9. La linea rossa indica la soglia di stress, la blu il valore medio. Si sottolinea come lo scenario 5, qui non raffigurato sia talmente estremo per cui l'habitat non è mai superiore alla soglia di stress.

Le curve di durata uniforme continua sotto soglia (UCUT) risultanti dall'analisi di questi scenari in condizioni di riferimento e alterate per ogni specie e stadio vitale sono riportate in Figura 60, Figura 61, Figura 62, Figura 63, Figura 64 e Figura 65.

Per ogni scenario, il confronto fra le curve UCUT corrispondenti alla condizione di riferimento e alla condizione alterata consente di ricavare l'alterazione dei giorni di stress (AGS, equazione 2) e da questa, tramite l'equazione (3), l'indice di disponibilità temporale di habitat secondo (si veda il capitolo 2.5.2).

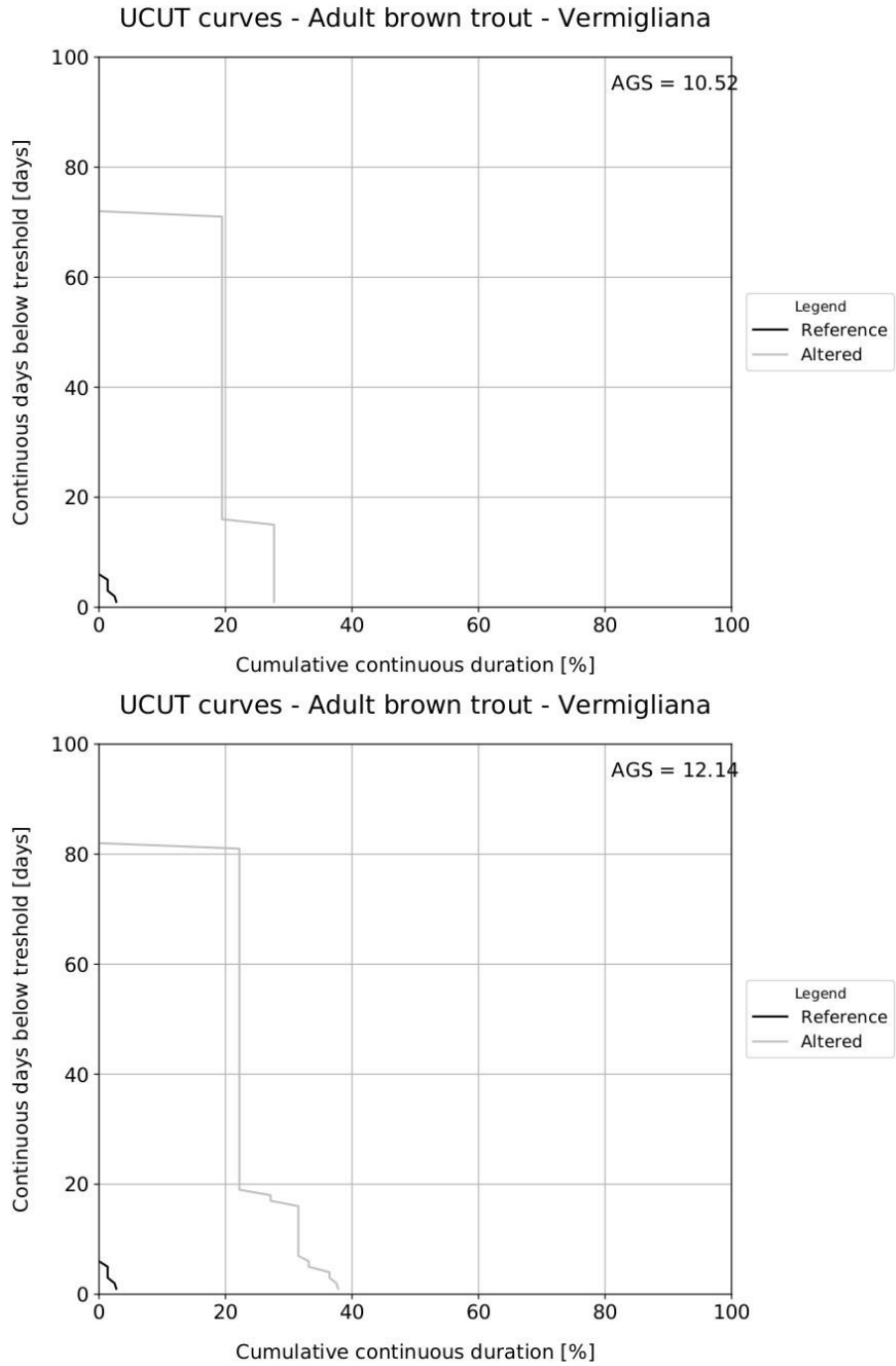


Figura 60 Curve UCUT relative all'idoneità di habitat per la trota fario (stadio adulto) negli scenari 1 e 2.



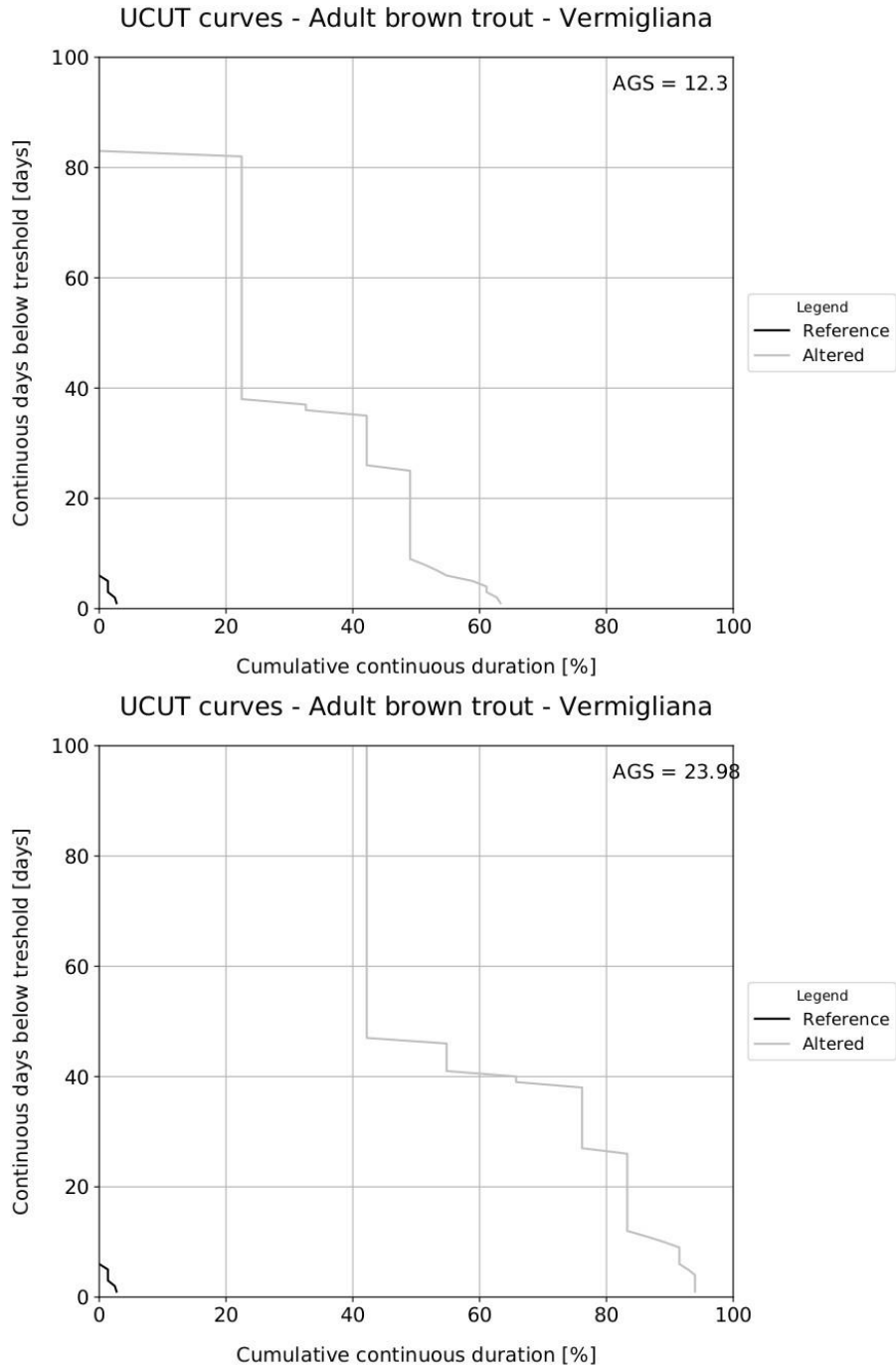


Figura 61 Curve UCUT relative all' idoneità di habitat per la trota fario (stadio adulto) negli scenari 3 e 4. Le curve UCUT non sono calcolate per lo scenario 5.

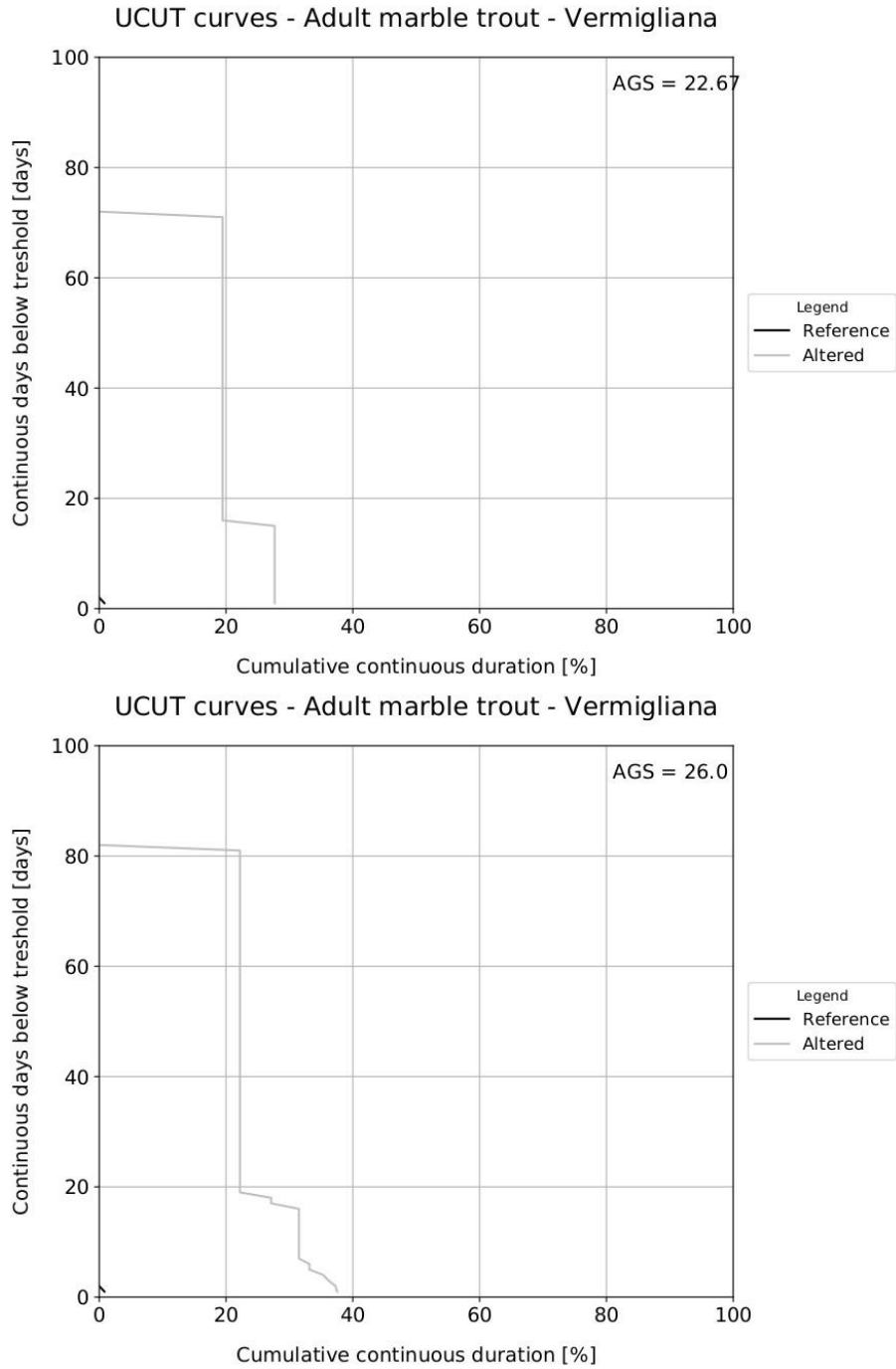


Figura 62 Curve UCUT relative all'idoneità di habitat per la trota marmorata (stadio adulto) negli scenari 1 e 2.

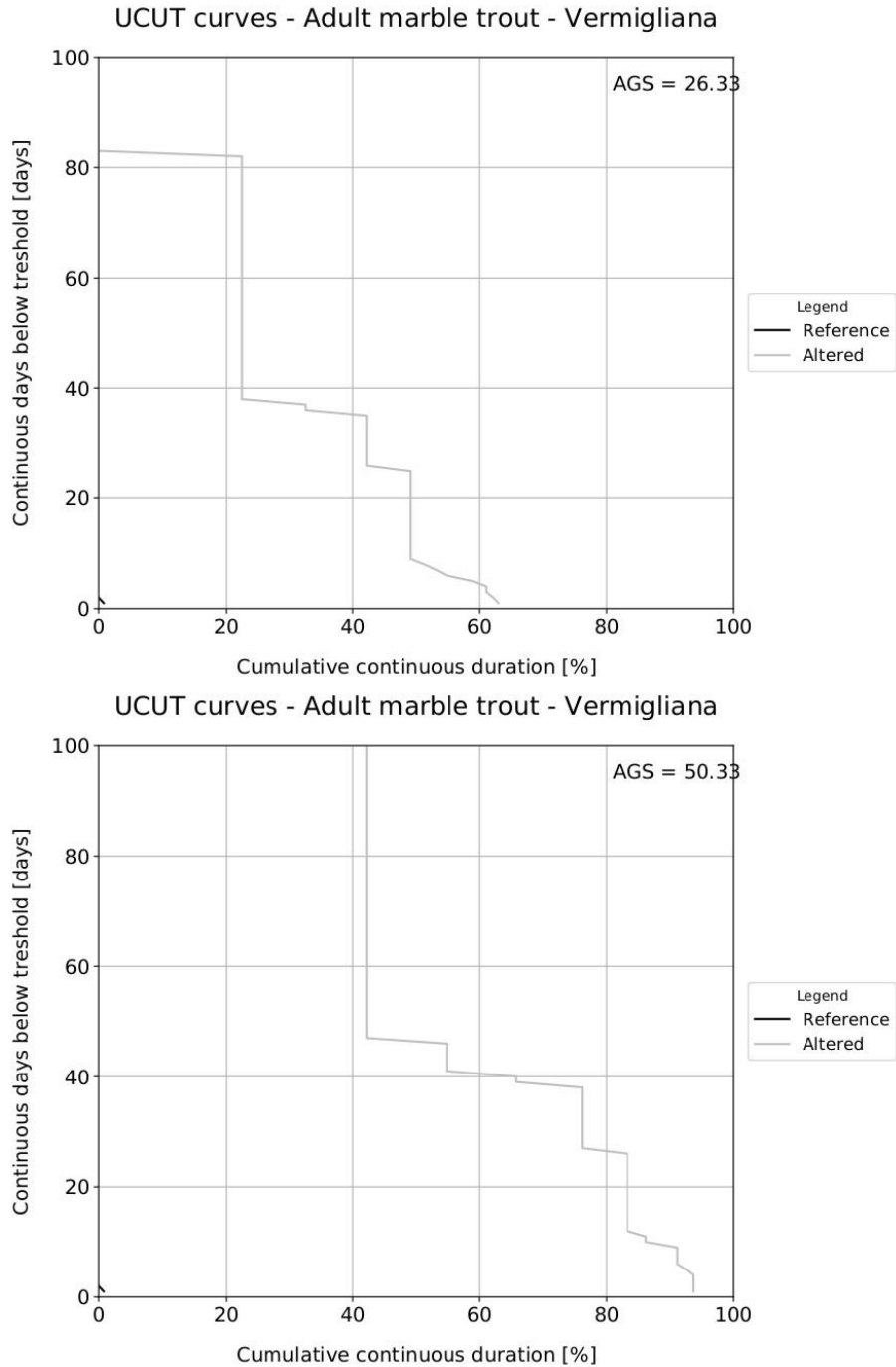


Figura 63 Curve UCUT relative all' idoneità di habitat per la trota marmorata (stadio adulto) negli scenari 3 e 4. Le curve UCUT non sono calcolate per lo scenario 5.

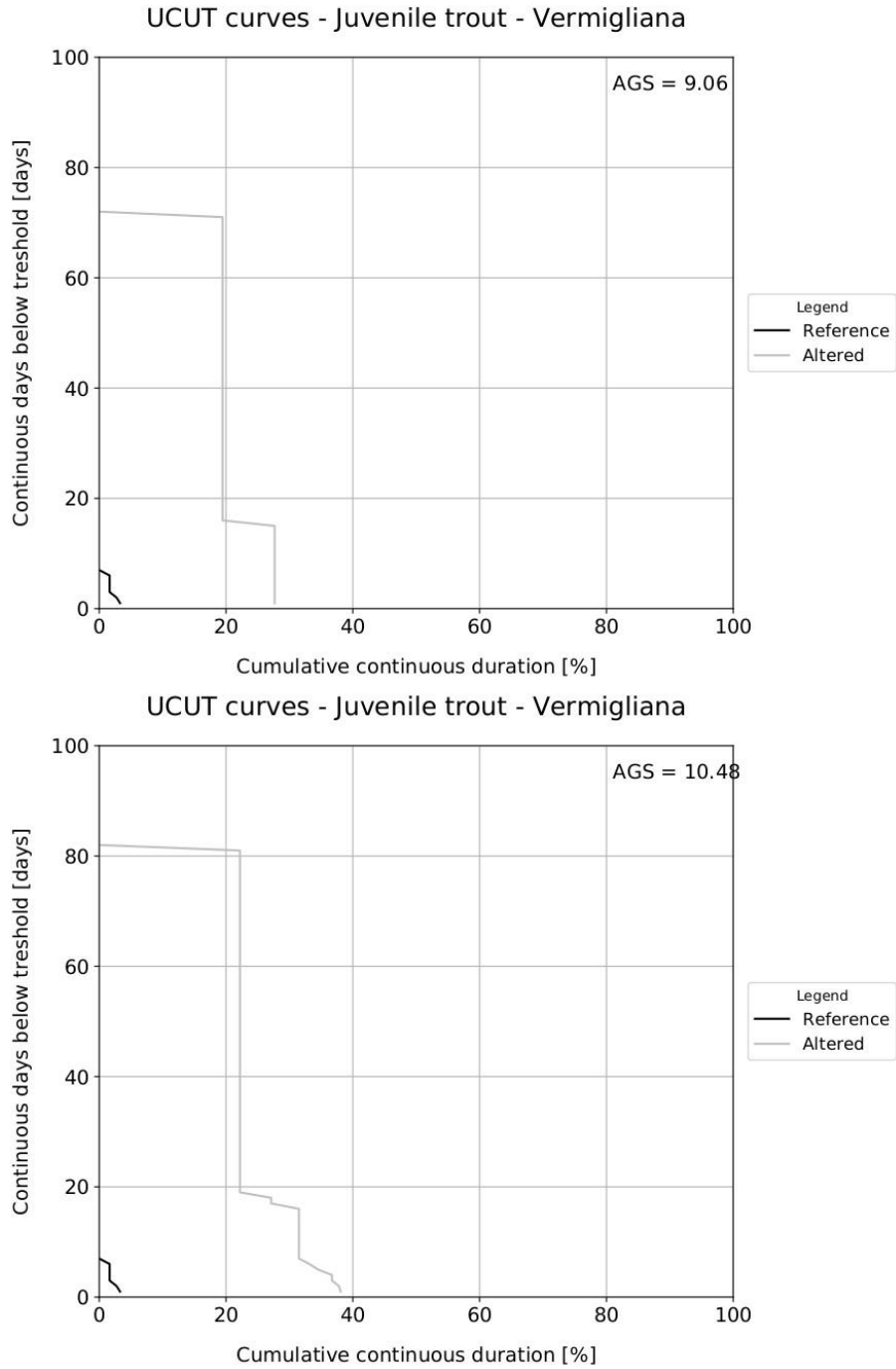


Figura 64 Curve UCUT relative all'idoneità di habitat per gli stadi giovanili di trota negli scenari 1 e 2.



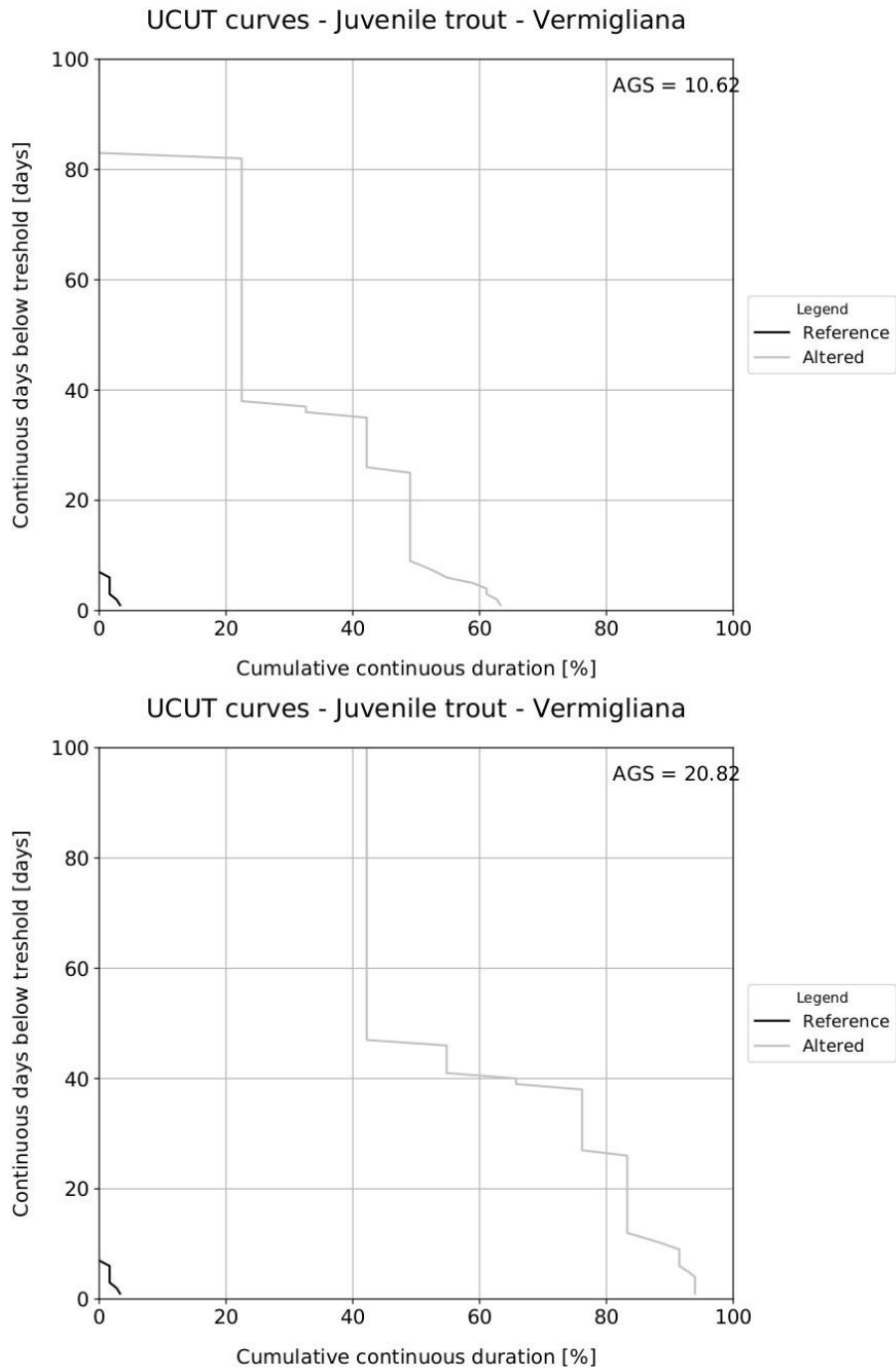


Figura 65 Curve UCUT relative all' idoneità di habitat per gli stadi giovanili di trota negli scenari 3 e 4. Le curve UCUT non sono calcolate per lo scenario 5.

Tabella 10 Indici relativi allo scenario 1 per i tre stadi vitali analizzati ( $DMV_{inv} = 0.22$  l/s;  $DMV_{est} = 0.33$  l/s)

Scenario 1	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	13.74	0.84	0.02
Trota marmorata	16.73	14.06	0.84	0.0
Stadio giovanile	8.61	7.18	0.83	0.03

Tabella 11 Indici relativi allo scenario 2 per i tre stadi vitali analizzati ( $DMV_{inv} = 0.22$  l/s;  $DMV_{est} = 0.33$  l/s)

Scenario 2	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	11.93	0.73	0.01
Trota marmorata	16.73	12.25	0.73	0.0
Stadio giovanile	8.61	6.25	0.73	0.02

Tabella 12 Indici relativi allo scenario 3 per i tre stadi vitali analizzati ( $DMV_{inv} = 0.22$  l/s;  $DMV_{est} = 0.33$  l/s)

Scenario 3	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	8.82	0.54	0.01
Trota marmorata	16.73	9.11	0.54	0.0
Stadio giovanile	8.61	4.69	0.55	0.02

Tabella 13 Indici relativi allo scenario 4 per i tre stadi vitali analizzati ( $DMV_{inv} = 0.22$  l/s;  $DMV_{est} = 0.33$  l/s)

Scenario 4	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	4.96	0.3	0.01
Trota marmorata	16.73	5.15	0.31	0.0
Stadio giovanile	8.61	2.7	0.31	0.02

Tabella 14 Indici relativi allo scenario 5 per i tre stadi vitali analizzati ( $DMV_{inv} = 0.22$  l/s;  $DMV_{est} = 0.33$  l/s)

Scenario 5	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	0	0.0	0.0
Trota marmorata	16.73	0	0.0	0.0
Stadio giovanile	8.61	0	0.0	0.0



Gli indici di disponibilità spaziale e temporale di habitat (ISH e ITH) calcolati confrontando i parametri che caratterizzano le serie temporali di habitat disponibile in condizioni di riferimento e in condizioni alterate ottenute sono riassunti in Tabella 10, Tabella 11, Tabella 12, Tabella 13, Tabella 14.

L'applicazione del metodo evidenza come in questa tipologia di scenari, anche prelievi con una portata massima di prelievo concessa pari a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  (scenario 1) comportino ad uno scadimento della qualità dell'habitat della trota in tutti i suoi stadi vitali. Per ogni scenario l'indice IH è infatti uguale a 0. Tale risultato è associato alla componente temporale dell'indice IH (cioè l'ITH) che riflette un fortissimo aumento dei giorni di stress, in particolare nel periodo invernale, in quanto i DMV imposti sono inferiori alla soglia di stress utilizzata nel calcolo dell'indice ITH, dove tale soglia è assunta pari alla  $Q_{97}$  calcolata secondo le condizioni di riferimento (equazione 2).

A seguito di questo risultato, a scopo dimostrativo, si sono simulati gli effetti di altrettanti prelievi (seconda tipologia) con le stesse portate massime (Tabella 9), ma imponendo un DMV di poco superiore alla soglia di stress (in questo caso,  $Q_{97} = 590 \text{ l/s}$  per l'anno in esame), cioè  $Q_{DM}=600 \text{ l/s}$ .

A titolo di esempio si riportano i grafici per la trota fario relativi allo scenario 3. Dalla Figura 66 è ben evidente come la portata scenda al di sotto della soglia di stress solo per cause naturali e non ci sia quindi un aumento della durata delle condizioni di stress dovuto direttamente all'effetto della derivazione. A differenza di quanto emergeva dagli scenari della prima tipologia, caratterizzati da un DMV inferiore, in questi nuovi scenari la classe di IH è determinata dalla disponibilità spaziale di habitat, misurata con ISH, e non da quella temporale. Il DMV viene imposto infatti come maggiore della soglia di stress  $A_{Q_{97}}$  e questo esclude la possibilità di un aumento della durata delle condizioni di stress. Va sottolineato inoltre come solo negli scenari 4 e 5, caratterizzati da prelievi con portata massima di concessione quasi irrealisticamente elevata, l'indice IH scenda sotto il valore di 0.6, a causa di una riduzione della disponibilità media di habitat nell'anno, che determina uno scadimento di classe da buono a moderato.

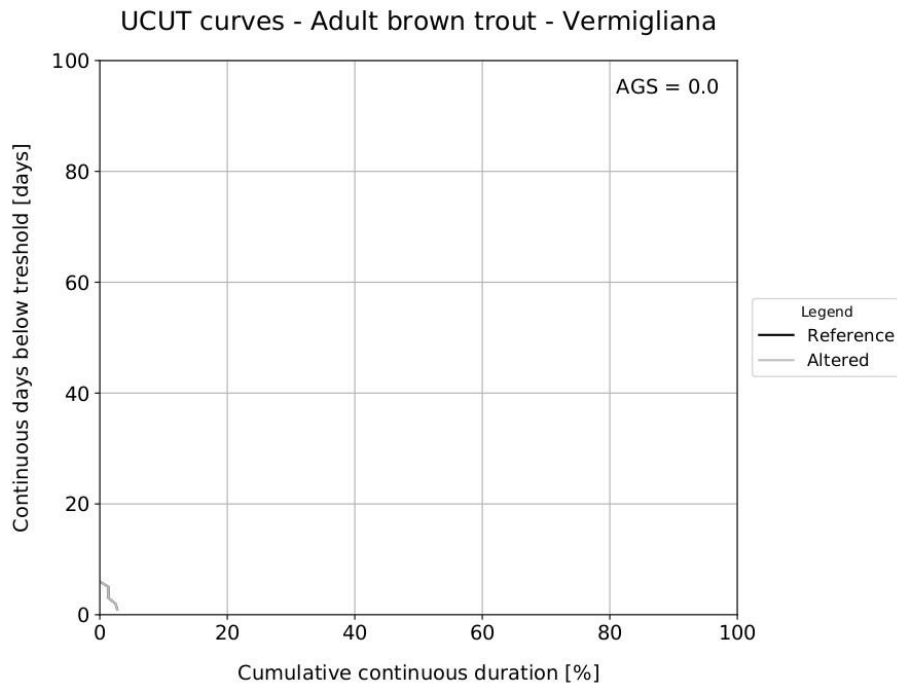
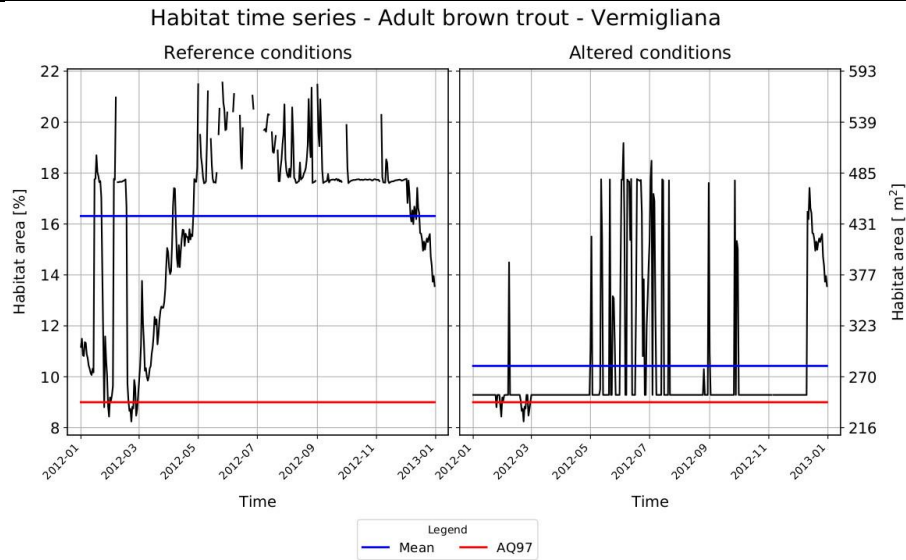


Figura 66 Serie di habitat, con soglia di stress rappresentata in rosso, per la trota marmorata relativa allo scenario 3, e grafico UCUT associato.

Gli indici ISH e ITH relativi a questi scenari sono riportati in Tabella 15, Tabella 16, Tabella 17, Tabella 18, Tabella 19.





Tabella 15 Indici relativi allo scenario 1 per i tre stadi vitali analizzati (DMV = 600 l/s)

Scenario 1	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	15.25	0.94	1.0
Trota marmorata	16.73	15.66	0.94	1.0
Stadio giovanile	8.61	8.03	0.93	1.0

Tabella 16 Indici relativi allo scenario 2 per i tre stadi vitali analizzati (DMV = 600 l/s)

Scenario 2	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	13.53	0.83	1.0
Trota marmorata	16.73	13.94	0.83	1.0
Stadio giovanile	8.61	7.15	0.83	1.0

Tabella 17 Indici relativi allo scenario 3 per i tre stadi vitali analizzati (DMV = 600 l/s)

Scenario 3	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	10.43	0.64	1.0
Trota marmorata	16.73	10.82	0.65	1.0
Stadio giovanile	8.61	5.65	0.66	1.0

Tabella 18 Indici relativi allo scenario 4 per i tre stadi vitali analizzati (DMV = 600 l/s)

Scenario 4	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	9.43	0.58	1.0
Trota marmorata	16.73	9.8	0.59	1.0
Stadio giovanile	8.61	5.14	0.6	1.0

Tabella 19 Indici relativi allo scenario 5 per i tre stadi vitali analizzati (DMV = 600 l/s)

Scenario 5	A <sub>Hdr</sub>	A <sub>Hd</sub>	ISH	ITH
Trota fario	16.31	9.27	0.57	1.0
Trota marmorata	16.73	9.64	0.58	1.0
Stadio giovanile	8.61	5.05	0.59	1.0

## 5 Conclusioni

Le principali conclusioni del progetto possono riassumersi facendo riferimento agli obiettivi specifici del progetto stesso.

### 1. Applicare l'IH in ambito provinciale

Nell'ambito del progetto è stato applicato per la prima volta nell'ambito della Provincia di Trento l'indice IH. Sono state realizzate quattro curve habitat – portata in corrispondenza di altrettanti tratti o sotto-tratti di torrenti prescelti e in riferimento al caso studio del torrente Vermigliana è stata mostrata la potenzialità del metodo di calcolo che consente di associare quantitativamente la risposta dell'indice IH a effetti antropici, quali le derivazioni idriche, sui corsi d'acqua.

Il progetto ha pertanto confermato l'applicabilità dell'indice IH nel contesto della Provincia di Trento, mostrandone le potenzialità. Da un punto di vista operativo, tre caratteristiche della metodologia appaiono particolarmente rilevanti rispetto ad altre metodologie di modellazione dell'habitat, quali ad esempio quelle a micro-scala. La prima caratteristica è la facilità di raccolta dei dati con strumentazione leggera in corsi d'acqua caratterizzati da difficoltà di accesso, presenza di massi e rocce in alveo, condizioni climatiche rigide e copertura satellitare marginale o assente, che la rende particolarmente adatta ai torrenti della Provincia di Trento e dell'arco alpino in generale. In secondo luogo la meso-scala consente l'impiego di una vasta gamma di variabili ambientali per la descrizione dell'habitat fluviale, e permette, dal punto di vista biologico, l'analisi a livello sia di singola specie sia di comunità acquatica. In terzo luogo, la metodologia MesoHABSIM, al fine di modellare la variazione dell'habitat disponibile in funzione della portata defluente, per i torrenti montani non richiede l'utilizzo di modelli di simulazione idraulica, spesso poco applicabili in questi contesti, garantendo l'applicabilità del metodo anche in caso di morfologie complesse, pendenze elevate, presenza di macroscabrezze, salti e discontinuità del fondo.

Il caso studio relativo alla Vermigliana è un tipico caso completo di applicazione della metodologia con 3 misure di habitat a portate diverse, costruzione della curva habitat portata e analisi delle serie idrologiche. Si è scelto anche di simulare dei prelievi crescenti al DMV attuale e con un DMV più elevato definito tramite la metodologia MesoHABSIM, al fine di valutare l'effetto dei prelievi e presentare l'efficacia del metodo e dell'IH nell'analizzare e catturare variazioni di portata anche lievi. Va notato come che il tratto scelto non sia da considerarsi rappresentativo per tutto il corso d'acqua, ma solo per alcuni suoi tratti, a causa della presenza in questo tratto di una barra che rende il torrente un alveo bicanale già alle portate medio-basse.

Il caso studio relativo al Sarca di Nambrone è solo parzialmente completato, principalmente a causa di condizioni particolarmente siccitose negli anni 2016 e 2017 non prevedibili a inizio progetto. Per un completamento del caso studio, sarebbe necessario effettuare almeno un ulteriore rilievo a una portata intermedia rispetto alle due rilevate,



valore che presumibilmente si verifica nei mesi estivi, in questi anni particolarmente secchi. La mancanza di un misuratore di portata con dati disponibili online ha inoltre reso difficoltosa l'organizzazione delle uscite in caso di eventi puntuali e sporadici. A questo si è cercato di sopperire tramite visite sul campo in seguito ad eventi rilevanti, visite che non hanno però mai evidenziato portate significativamente differenti da quelle già rilevate. Il tratto risulta comunque molto interessante a scopo di ricerca, per cui si prevede di completare il rilievo di habitat successivamente alla fine del progetto.

Il rilievo del Sarca di Val Genova è stato effettuato a tre portate diverse, in un caso con la presenza anche dei tecnici di HDE durante i rilievi. Il tratto risulta molto particolare perchè caratterizzato da massi di grandi dimensioni che non scalano con l'attuale regime delle portate, ed è rappresentativo del Sarca di Val Genova a valle della presa HDE. Il rilievo di habitat è completato e pronto per essere applicato. L'applicazione completa a questo tratto consentirebbe ad esempio di valutare e quantificare l'effetto di eventuali variazioni del DMV. A questo scopo, risulterebbe necessaria la disponibilità di misure in continuo della portata defluente, non disponibile nella rete provinciale al momento attuale.

Il rio Vela, infine è stato utilizzato soprattutto per le prime fasi di applicazione della metodologia, durante le quali il gruppo di lavoro aveva necessità anche di testare la strumentazione appena acquisita, di impratichirsi ulteriormente con il metodo e favorire la collaborazione tra gli enti. Il tratto prescelto presentava condizioni ideali per questi scopi, data la sua vicinanza alla città di Trento.

## 2. Tarare dei modelli biologici di idoneità dell'habitat per specie ittiche prescelte

È stata effettuata la validazione dei modelli statistici di distribuzione di specie (modelli biologici multivariati) per le specie trota fario e trota marmorata (stadi vitali adulto e giovane) in corsi d'acqua del Trentino caratterizzati da minime alterazioni idro-morfologiche e di gestione alieutica della fauna ittica. Tali modelli, sviluppati nel contesto delle Alpi Occidentali, hanno confermato la loro validità da un punto di vista statistico anche nei casi analizzati, suggerendone la validità anche nel contesto delle Alpi Orientali e, di conseguenza, in tutto l'arco alpino italiano.

I modelli biologici previsti per le due specie in esame sono stati validati in due momenti diversi. Il modello per la trota marmorata è stato validato sul Rabbies nel 2011 nell'ambito dello sviluppo di un quadro conoscitivo a supporto della realizzazione del Parco Fluviale del Fiume Noce, mentre i modelli della trota fario sono stati validati durante il progetto stesso sui torrenti Arnò e Vela. Ai fini della validazione, si è scelto di utilizzare esclusivamente i dati del torrente Arnò, mentre quelli raccolti sul rio Vela andranno integrati in futuro a causa per le condizioni di magra estrema verificatesi nel periodo idoneo per il campionamento. L'attività di validazione e di elettropesca sono state svolte con la preziosa collaborazione di alcune associazioni di pescatori volontari. Si ringraziano in particolare: l'Associazione Pescatori Dilettanti Trentini che ha messo a disposizione competenze e personale per le misure sul rio Vela e per sopralluoghi sul territorio; l'Associazione Pescatori "Alto Sarca" che ha messo a disposizione competenze e personale per le misure sul torrente Arnò; e infine l'Associazione Sportiva Pescatori Solandri che ha messo a disposizione competenze e personale per le misure sul torrente Rabbies.

### 3. Allargare le conoscenze scientifiche in aree tutelate e di particolare pregio

Attraverso la realizzazione della curva habitat – portata su quattro sotto-tratti dei casi di studio scelti, e la misurazione degli habitat a diverse portate in altri casi, è stato possibile incrementare le conoscenze sugli habitat fluviali in aree soggette a tutela e di particolare pregio, in particolare per i torrenti Sarca di Nambrone e torrente Arnò (Parco Naturale Adamello Brenta), rio Vela (Rete di Riserve Bondone). I risultati ottenuti mostrano l'importante ruolo della morfologia fluviale nel determinare la distribuzione spazio-temporale degli habitat, confermando l'importanza di una adeguata gestione del sedimento e del regime delle portate formative per il mantenimento dell'integrità degli habitat stessi.

### 4. Supportare le scelte decisionali e progettuali per la gestione dei corsi d'acqua

I risultati del progetto forniscono almeno tre importanti indicazioni a supporto delle scelte decisionali e progettuali per la gestione dei corsi d'acqua:

- La metodologia MesoHABSIM e l'indice IH da essa derivato possono essere usati in forma quantitativa per valutare l'effetto di una derivazione idrica sull'habitat fluviale, essendo in grado di associare quantitativamente la portata con l'habitat disponibile. Nel caso di una derivazione, in particolare, la relazione fra la portata (Q97) usata come soglia per l'individuazione dell'alterazione dei giorni di stress (AGS) e il DMV rilasciato è un fattore molto importante nel controllo della disponibilità temporale dell'habitat;
- La natura predittivo – quantitativa della metodologia consente lo sviluppo di scenari ipotetici di gestione (quali ad esempio differenti portate massime di concessione, differenti valori e modulazioni demporali del rilascio dalle derivazioni) in forma economica e molto agevole, che possono essere usati in forma previsionale e non solo finalizzati alla valutazione di impatto. Tale proprietà rendono la metodologia particolarmente rilevante e vantaggiosa nella pianificazione dei Deflussi Ecologici secondo le recenti normative a livello nazionale;
- La disponibilità dei dati di portata in alveo è una caratteristica imprescindibile per l'applicazione del metodo e, in generale, per una gestione sostenibile dei corsi d'acqua a vari livelli. Nell'ambito del progetto tale misura non era sempre disponibile ed è stato necessario integrare le misure di habitat con le misure contestuali di portata defluente. In alcuni casi sono disponibili serie di livello ma non di portata, per via dell'assenza di una scala delle portate validata. Il progetto, come molti altri, evidenzia (a) l'importanza di un investimento di risorse da parte degli enti competenti in tale direzione e (b) l'opportunità di richiedere la misura in continuo della portata defluente nei tratti specifici soggetti a possibili derivazioni o altre tipologie di alterazioni idromorfologiche.





---

Utilizzare la variazione spazio-temporale degli habitat alla mesoscala come indicatore, infine, consente di superare i limiti e le criticità evidenziate dagli indicatori biologici comunemente usati per valutare l'effetto di alterazioni idromorfologiche ai sensi della Direttiva 2000/60 (vedasi, Petitguyot et al., 2015, Rinaldi et al. 2016), consentendo di fornire informazioni rilevanti e quantitative, a scale spaziali adeguate, e di poterle pienamente interpretare nel contesto più ampio dei processi idro-morfologici dei corsi d'acqua.

5. Rafforzare le conoscenze tecnico-scientifiche all'interno dell'amministrazione pubblica in tema di habitat fluviale

L'attività del progetto ha favorito la collaborazione tra l'università e gli enti provinciali, in particolare APPA, per coordinare e affinare l'utilizzo e l'applicazione del metodo MesoHABSIM sul territorio trentino. Tale collaborazione si è svolta in diverse fasi, dalla scelta e individuazione dei casi studio, alle uscite sul campo, alla discussione dei risultati emersi. A ulteriore testimonianza di ciò, durante lo svolgimento del progetto è stata siglato un accordo quadro fra il Dipartimento DICAM dell'Università di Trento e APPA a supporto continuativo dell'applicazione della metodologia MesoHABSIM e dell'indice IH sul territorio provinciale.

## Allegato 1. Applicazione della metodologia MesoHABSIM al fiume Noce (2011-2013)

Questo allegato riporta una sintesi dell'applicazione della metodologia MesoHABSIM per la valutazione dell'habitat fluviale a un tratto del fiume Noce in val di Sole, svoltasi fra gli anni 2011 e 2012 nell'ambito dello "Studio Ambientale sul Fiume Noce" (Zolezzi et al., 2013), realizzato dal DICAM-UNITN insieme alla Fondazione E. Mach su incarico della Comunità della Valle di Sole a supporto della realizzazione di un Parco Fluviale del fiume Noce.

La descrizione che segue non differisce quindi sostanzialmente da quanto riportato in Zolezzi et al. (2013); ciononostante è parso opportuno riproporne una versione sintetica in questa sede – in forma di Allegato – in modo da incorporare tutte le applicazioni della metodologia MesoHABSIM sul territorio della Provincia di Trento in un unico documento, per facilità di consultazione.

La valutazione dell'habitat fluviale è stata effettuata per due sotto-tratti fluviali siti in prossimità dell'abitato di Dimaro (Figura 67), scelti al fine di rappresentare le differenti condizioni morfologiche del tratto centrale del Fiume Noce. Il sotto-tratto di Dimaro (pendenza media 1.1%) è infatti caratterizzato da substrato di dimensioni medie e fini, isole all'interno dell'alveo attivo e rami laterali che si attivano solamente al di sopra di una determinata soglia di portata defluente, mentre il secondo sotto-tratto monitorato, anche se non analizzato nel dettaglio, è situato nei pressi di Marilleva (pendenza media 2.3%), è monocursale e presenta substrato grossolano e con grandi massi in alveo (Figura 67).



Figura 67 A sinistra: immagine relativa al sotto-tratto fluviale di Dimaro con isole e substrato medio e fine. A destra: sotto-tratto fluviale di Marilleva caratterizzato da pendenza maggiore rispetto al precedente e presenza di massi in alveo.

Sono stati effettuati quattro rilievi dei due sotto-tratti fluviali considerati, corrispondenti a 4 diverse condizioni di portata. Non essendoci affluenti o derivazioni di rilievo fra i due tratti di Marilleva e Dimaro, è possibile assumere lo stesso valore di portata defluente. È stata altresì

posta attenzione che le misure fossero svolte nelle stesse condizioni di deflusso (base o picco) in relazione all'andamento dell'hydropeaking durante il rilievo. In particolare i rilievi si sono svolti in data 29 dicembre 2011 ( $6.9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), 16 luglio 2012 ( $17.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), 18 luglio 2012 ( $10.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) e 23 gennaio 2013 ( $2.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) al fine di descrivere le condizioni di deflusso in un intervallo di portate rappresentativo dei regimi di magra, media e morbida (Veza et al., 2013b).

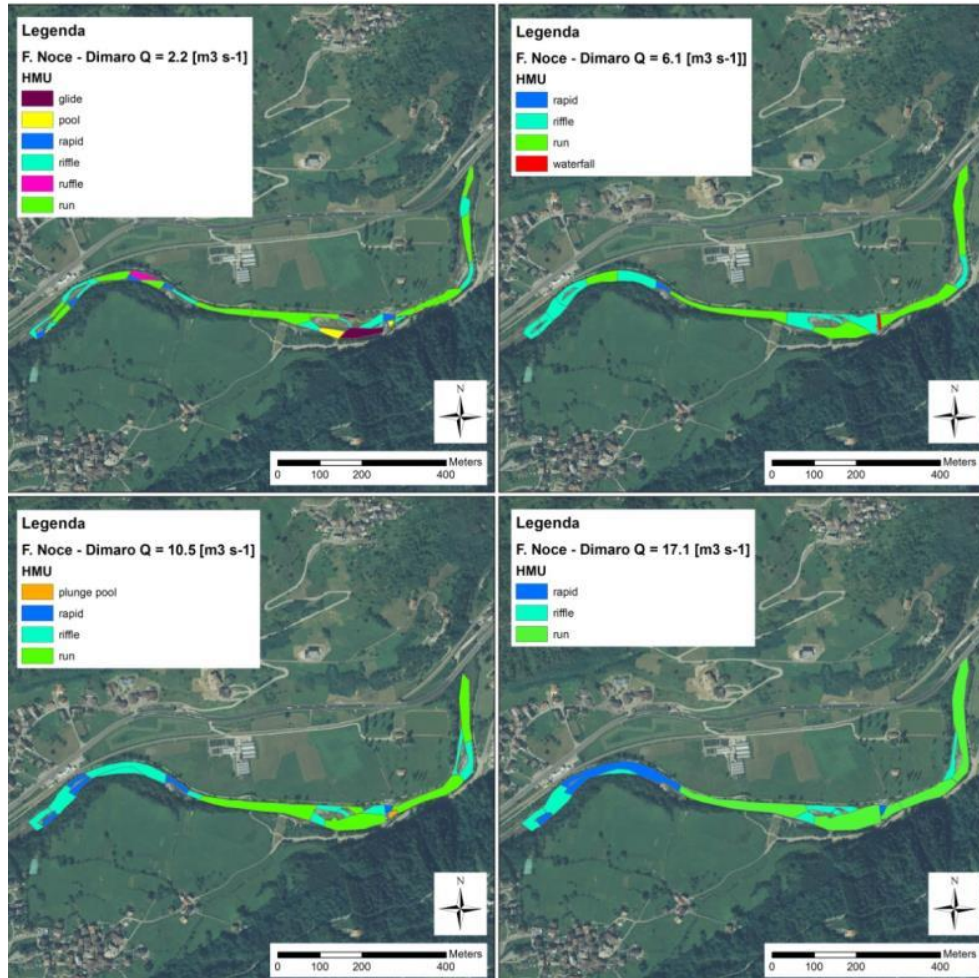


Figura 68 Distribuzione spaziale dei meso-habitat per 4 condizioni di portata (2.2; 6.1; 10.5; 17.1 m<sup>3</sup>/s) per il Fiume Noce – sotto-tratto fluviale di Dimaro



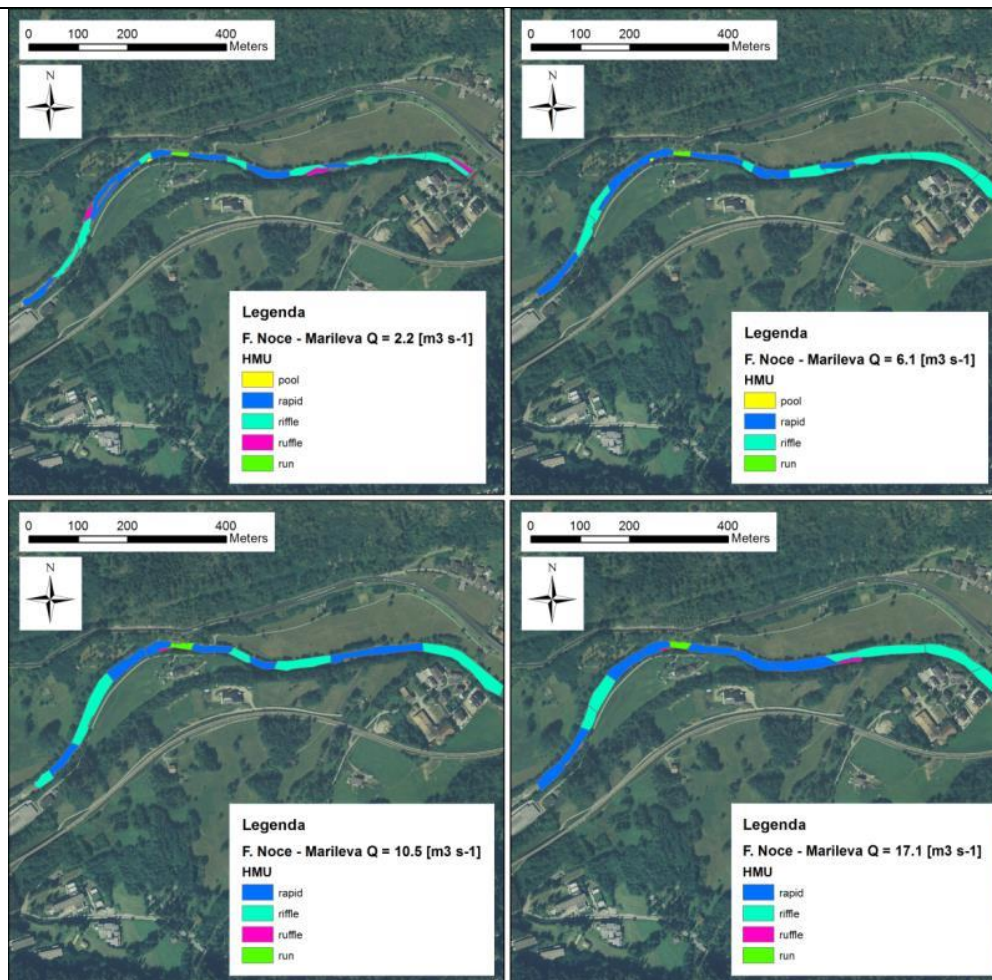


Figura 69 Distribuzione spaziale dei meso-habitat per 4 condizioni di portata (2.2; 6.1; 10.5; 17.1 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>) per il Fiume Noce – sotto-tratto fluviale di Marilleva

L'applicazione dei modelli biologici così validati ai sotto-tratti fluviali analizzati per il Fiume Noce (Marilleva e Dimaro) ha consentito di prevedere la distribuzione spaziale dell'habitat della trota marmorata in termini di probabilità di assenza, presenza e abbondanza e di classificare, di conseguenza, ciascun meso-habitat in tre diverse categorie di idoneità: non idoneo, idoneo, ottimale (Veza et al., 2013b). La Figura 70 e la Figura 71 mostrano la classificazione degli habitat in termini di idoneità per la trota marmorata (stadio vitale giovane) per i due sotto-tratti considerati.



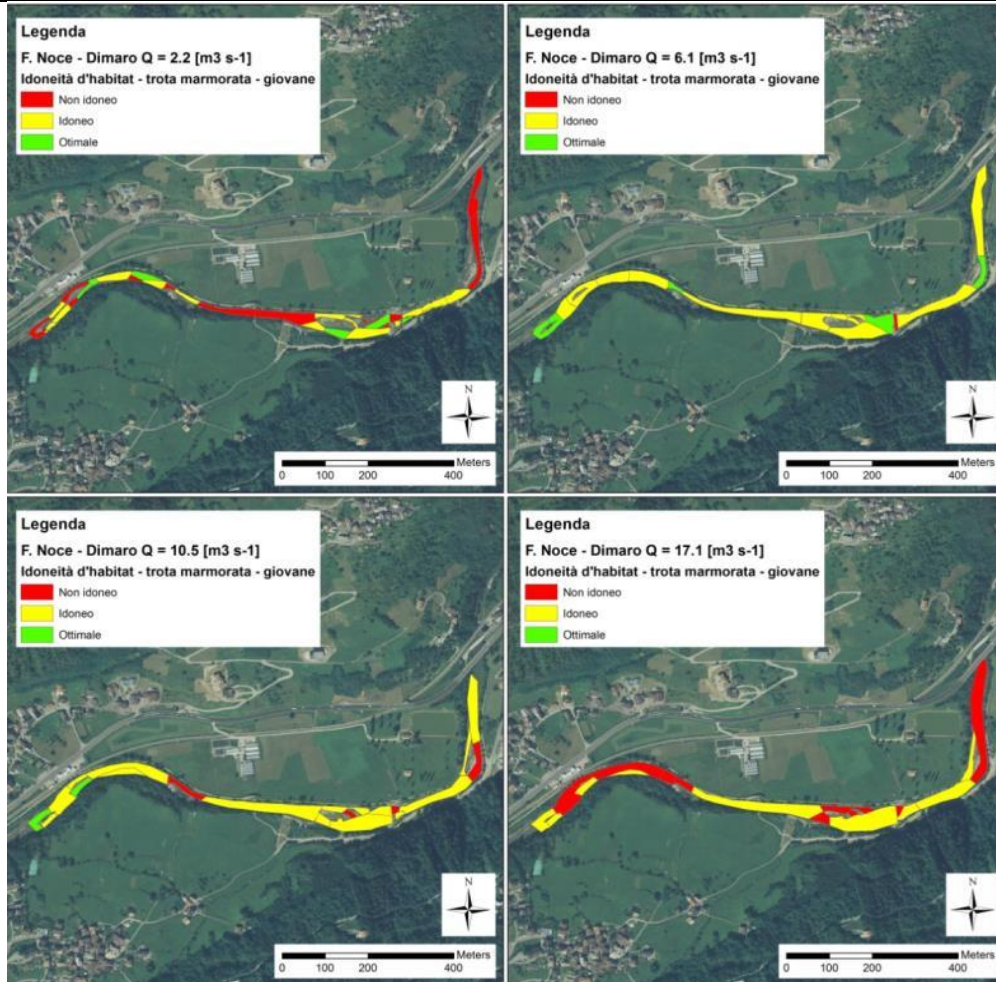


Figura 70 Idoneità d'habitat per la trota marmorata (stadio vitale giovane) per 4 condizioni di portata ( $2.2$ ;  $6.1$ ;  $10.5$ ;  $17.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) per il Fiume Noce – sotto-tratto fluviale di Dimaro

### Relazione habitat-portata

Le relazioni che legano l'habitat disponibile alla portata defluente (cioè le curve di relazione habitat-portata) sono riportate in Figura 72 per i sotto-tratti fluviali di Dimaro e Marilleva e in riferimento alla trota marmorata (stadio vitale adulto e giovane).

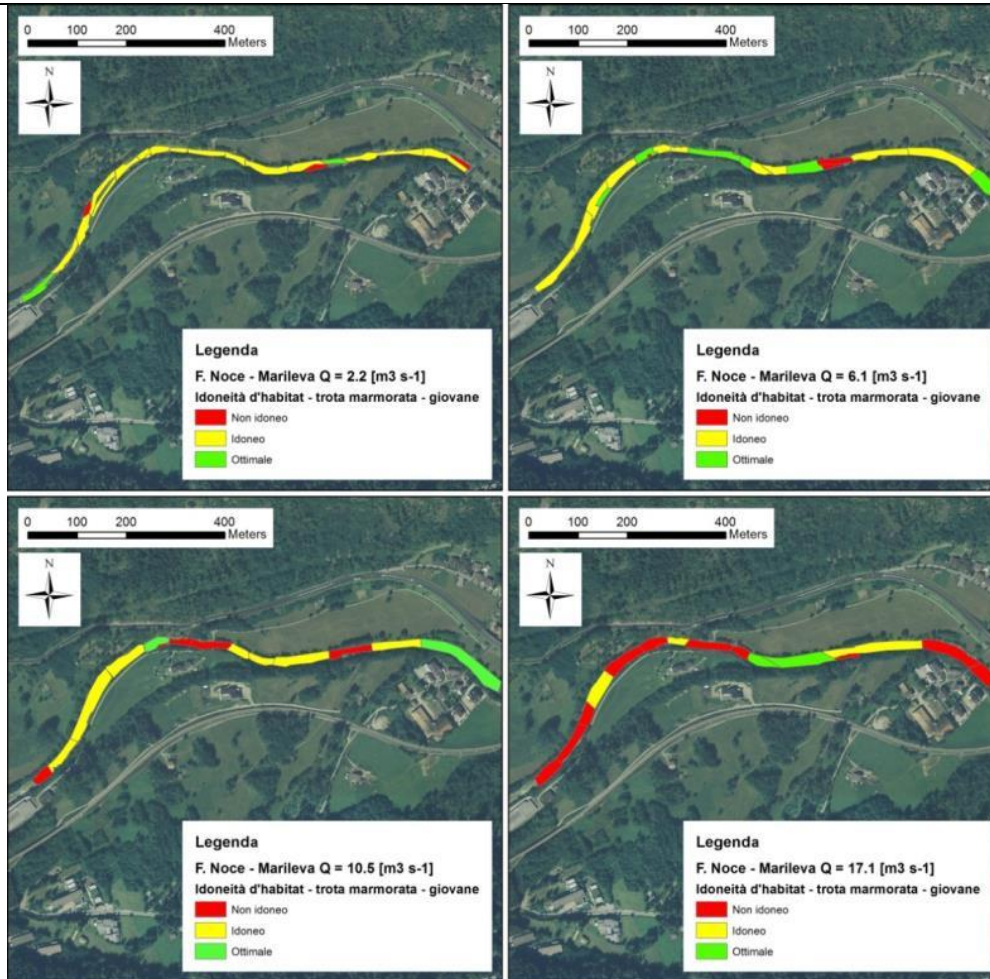


Figura 71 Idoneità d'habitat per la trota marmorata (stadio vitale giovane) per 4 condizioni di portata (2.2; 6.1; 10.5; 17.1 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) per il Fiume Noce – sotto-tratto fluviale di Marilleva

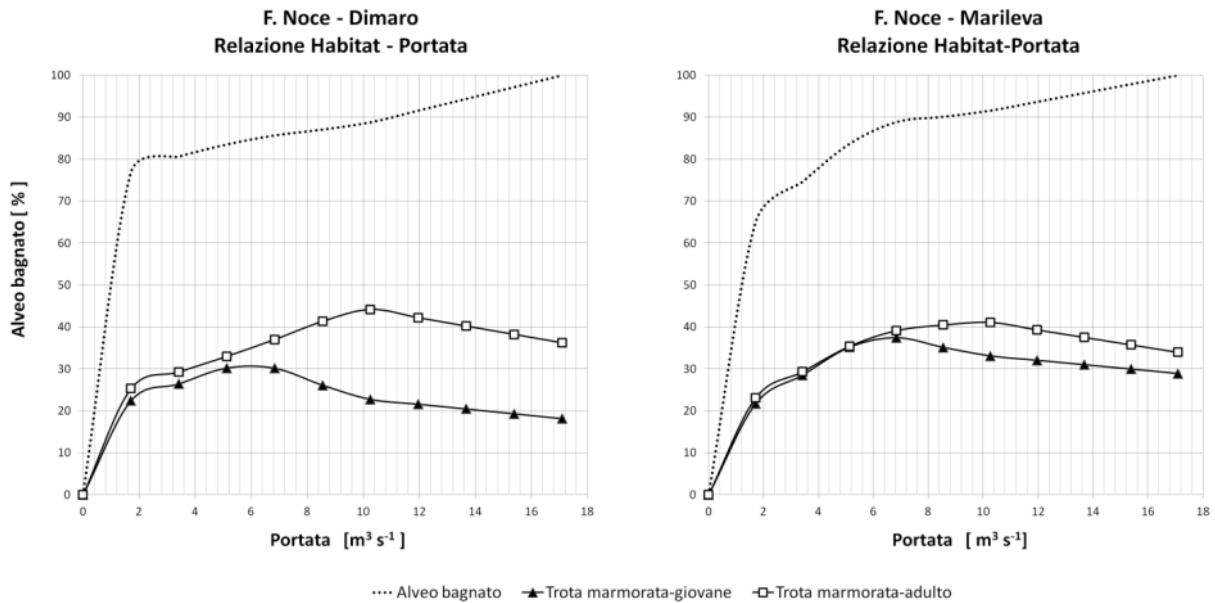


Figura 72 Relazione habitat disponibile – portata defluente per i sotto-tratti fluviali di Dimaro e Marilleva ottenuta con il metodo MesoHabsim.

### Analisi temporale delle serie storiche di habitat

Le serie di portata in alveo sono state tradotte in serie temporali di habitat; la Figura 73 riporta la trasformazione della serie storica di portate in serie storica di habitat disponibile per la trota marmorata (stadio vitale giovane) nel tratto fluviale di Dimaro per il periodo Gennaio-Marzo 2001.

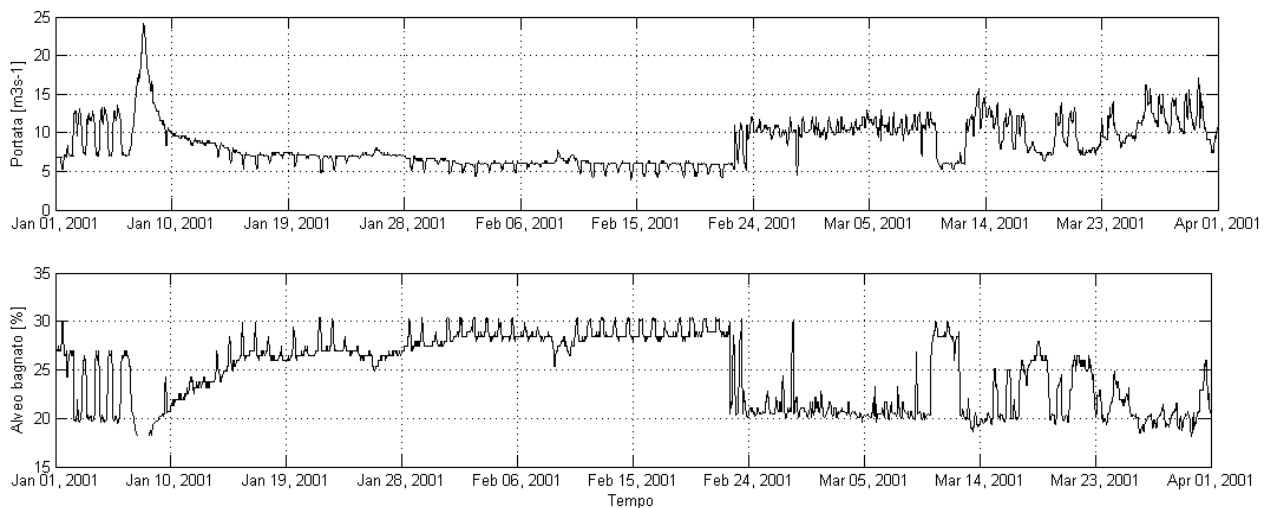


Figura 73 Serie di portate orarie (sopra) e di habitat disponibile (sotto) per il periodo 1 Gennaio – 31 Marzo 2001 per il tratto fluviale di Dimaro e in riferimento alla specie trota marmorata - stadio vitale giovane

I periodi in cui la portata presenta valori superiori a  $17.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  vengono esclusi dalle analisi essendo al di fuori dell'intervallo utilizzato per la costruzione della curva habitat-portata (Figura 72).

Le serie storiche di habitat sono state analizzate statisticamente al fine di stabilire le soglie temporali, in termini di durata e frequenza di accadimento, di condizioni di habitat che risultano stressanti per l'ecosistema (curve UCUT, *Uniform Continuous Under Threshold*), ossia curve di durata continua dell'habitat disponibile al di sotto una data soglia. Ogni singolo evento di stress per la fauna risulta caratterizzato dal numero di ore in cui un valore di habitat disponibile rimane al di sotto della soglia di riferimento (Parasiewicz 2007b).

Gli effetti sull'habitat acquatico di un'ipotetica riduzione della intensità e dell'ampiezza dei picchi di portata dovuti alla produzione di energia idroelettrica sono stati valutati attraverso le serie storiche di habitat e le curve UCUT. Facendo riferimento alla specie trota marmorata (stadio vitale giovane) e modificando artificialmente il segnale orario dato dalla serie storica di portata registrate a Malè (periodo 2001- 2006), è stato possibile ricreare ipotetici scenari alternativi di restituzione con riferimento al periodo Ottobre-Marzo ed osservare la variazione della frequenza di accadimento di eventi di habitat sotto-soglia. Tale variazione consiste in una riduzione che si riflette nello spostamento verso sinistra delle due curve di riferimento (21% e 29% di habitat disponibile, fatta 100 l'area totale dell'alveo bagnato, (Figura 74) rappresentative di eventi di habitat sotto-soglia che raramente e comunemente si verificano nel periodo analizzato.

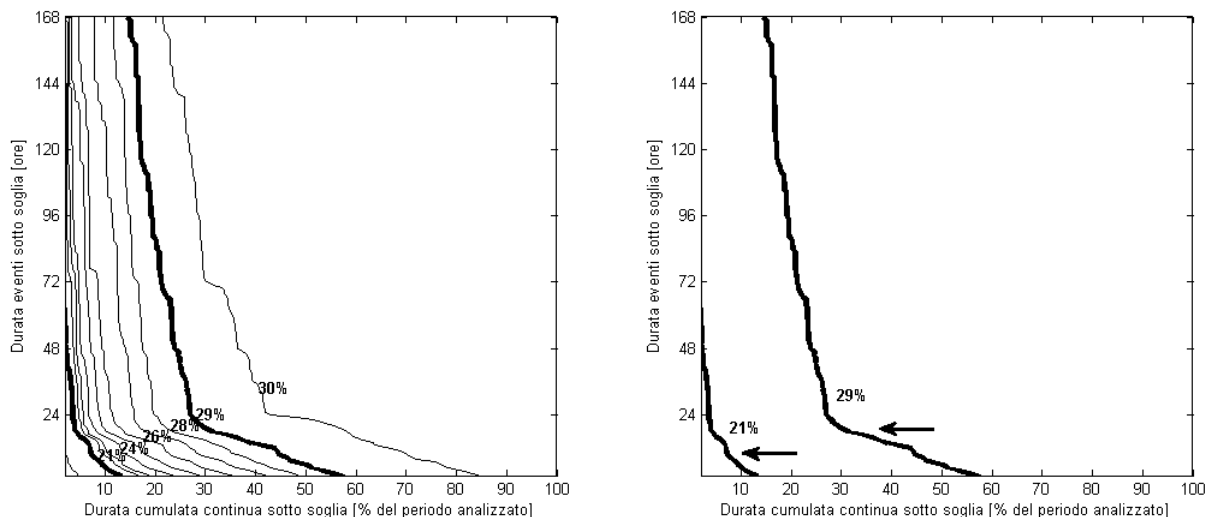


Figura 74 Sinistra: curve UCUT costruite per l'intero intervallo di soglie di habitat disponibile (espresso in % dell'alveo bagnato) in riferimento al tratto fluviale di Dimaro e alla specie trota marmorata – stadio giovane. Destra: curve 21% e 29% considerate rappresentative rispettivamente delle condizioni rare e comuni di habitat sotto-soglia

### Sviluppo e confronto di possibili scenari di variazione dell'hydropеaking

Ipotetici scenari di rilascio sono stati realizzati andando a ridurre la portata associata alla restituzione dalla centrale idroelettrica del 10, 30, 50, 70, 90 e 100 % per il periodo di magra (mesi Ottobre-Marzo, anni 2001-2006). Il periodo scelto è considerato critico per la ridotta



disponibilità di portata in alveo, e la scelta degli stadi giovanili di trota marmorata come organismo target è avvenuta al fine di considerare lo stadio vitale maggiormente sottoposto a stress derivanti dall'oscillazione giornaliera delle portate.



Figura 75 Esempi rappresentativi della morfologia dell'alveo nei due tratti in cui è stata applicata la metodologia mesohabsim: (A) Marilleva; (B) Dimaro.

Utilizzando quindi come riferimento le curve di durata dell'habitat disponibile sotto-soglia relative al 21% e 29% dell'alveo bagnato, e ripetendo la costruzione di tali curve per ciascuno degli scenari di riduzione dell'hydropеaking, è stato possibile osservare uno spostamento progressivo delle curve UCUT verso sinistra (riduzione della frequenza di accadimento degli eventi di habitat sotto-soglia, Figura 76).

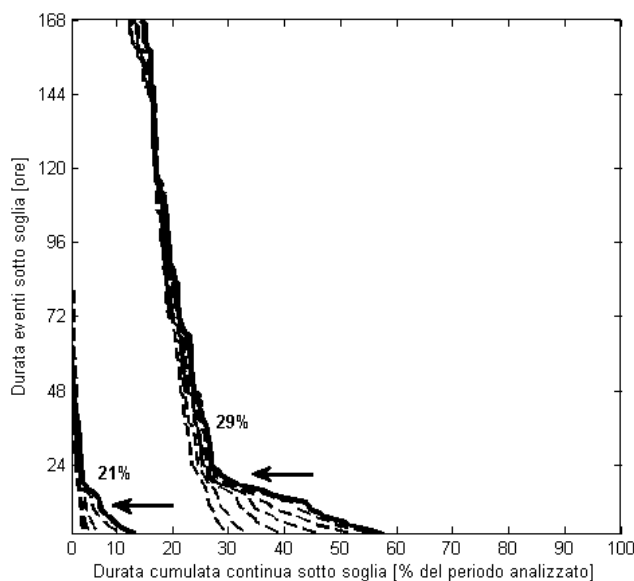


Figura 76 Spostamento verso sinistra delle curve UCUT per i diversi scenari analizzati, indice di una riduzione della frequenza degli eventi di habitat sotto-soglia

Lo spostamento delle curve UCUT è quantificato come differenza percentuale delle durate cumulate continue riportate sull'asse delle ascisse; nel presente studio, l'intervallo di durate di eventi di habitat sotto-soglia è stato definito tra 1 e 168 ore (7 giorni) in modo da

confrontare la riduzione degli eventi sotto-soglia sia a scala giornaliera (intervalli compresi tra 1 e 48 ore) e sia a scala settimanale (intervalli compresi tra 1 e 168 ore). I valori di riduzione degli eventi sotto-soglia per ciascun ipotetico scenario e per i due tratti fluviali considerati sono riportati in Figura 77 e in Figura 78.

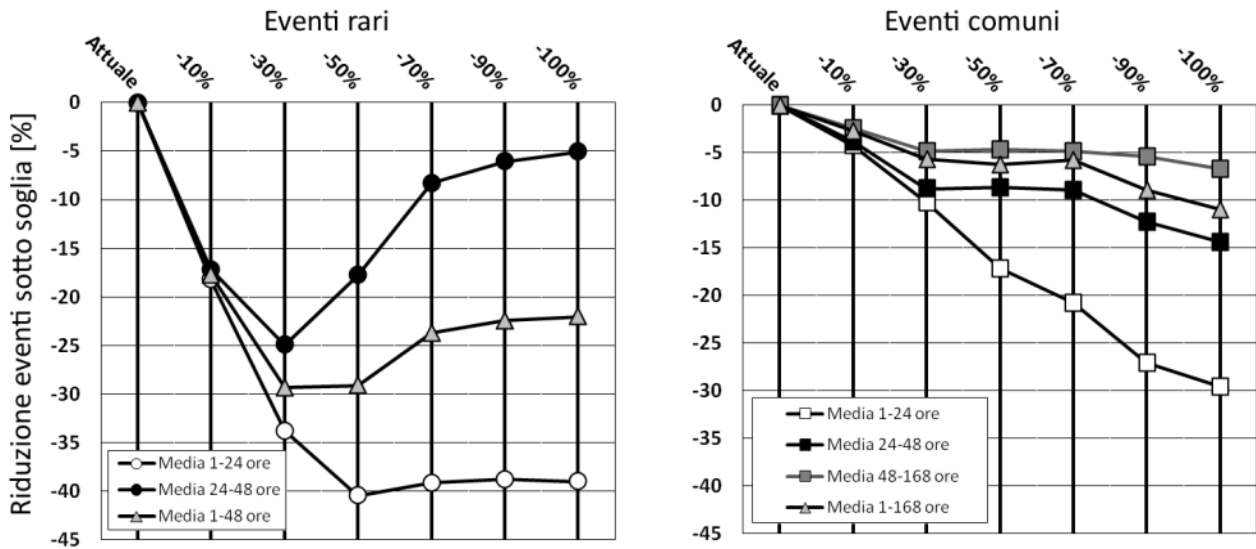


Figura 77 Tratto fluviale di Dimaro: riduzione percentuale degli eventi sotto soglia per ciascuno degli ipotetici scenari analizzati (-10%, -30%, -50%, -70%, -90% e -100% dell'hydropeaking). L'analisi è stata eseguita per eventi sotto-soglia rari e comuni.

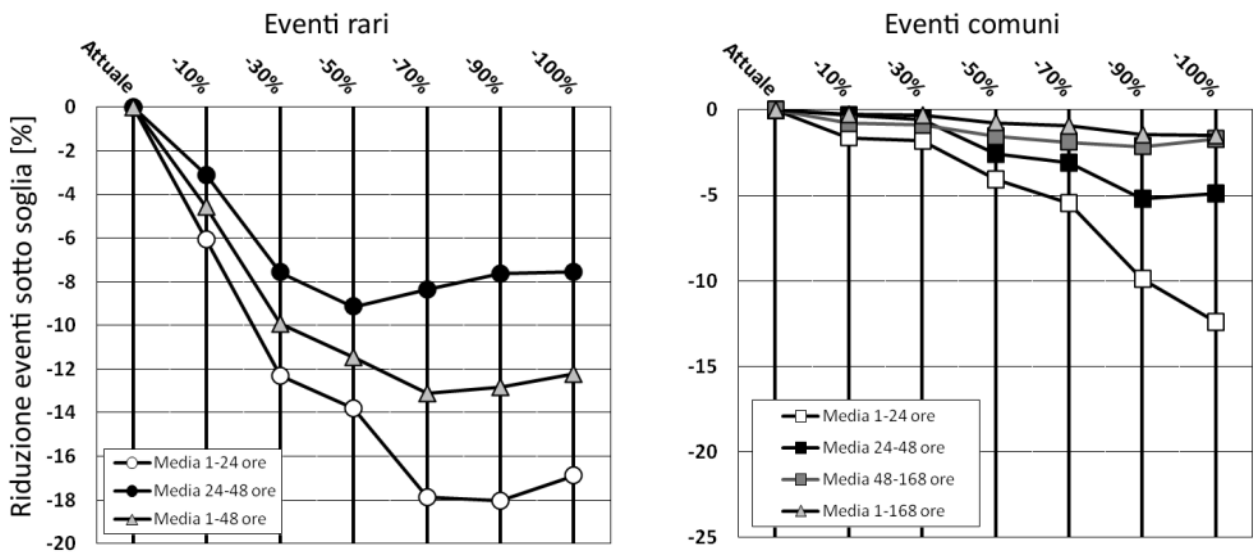


Figura 78 Tratto fluviale di Marilleva: riduzione percentuale degli eventi sotto soglia per ciascuno degli ipotetici scenari analizzati (-10%, -30%, -50%, -70%, -90% e -100% dell'hydropeaking). L'analisi è stata eseguita per eventi sotto-soglia rari e comuni.

L'analisi temporale delle serie storiche di habitat, unita all'applicazione della metodologia MesoHABSIM, ha permesso il confronto di possibili scenari di restituzione durante il periodo



di magra (mesi Ottobre-Marzo, anni 2001-2006) al fine di valutare gli effetti ambientali di una possibile riduzione dell'hydropeaking sugli stadi giovanili della trota marmorata.

Secondo quanto riportato in Figura 76 per il tratto fluviale di Dimaro, una riduzione del 10% della intensità dei picchi di portata derivanti dalla produzione idroelettrica può portare ad una riduzione media giornaliera fino al 18% degli eventi rari di habitat sotto-soglia. Ulteriori riduzioni del 30% e del 50% dell'hydropeaking porterebbero invece ad una riduzione fino al 35-40% degli eventi di stress giornalieri considerati rari. Per riduzioni superiori (dal 70% al 100% dell'hydropeaking) i relativi benefici non sembrano essere così importanti e, in media, decrescere rispetto agli scenari precedentemente descritti. Questa tendenza può essere indicativa del fatto che, per lo stadio giovanile della trota marmorata, il mantenimento di una portata di base più o meno costante durante tutto il periodo invernale potrebbe portare a condizioni di habitat nel tempo relativamente peggiori se rapportate ai casi di parziale riduzione dell'hydropeaking, ma sicuramente migliori rispetto all'andamento attuale della portata in alveo.

Se si considerano invece gli eventi comuni di habitat sotto-soglia per il tratto fluviale di Dimaro (Figura 77), una riduzione nell'intensità dell'hydropeaking porterebbe benefici ambientali per lo stadio giovanile della trota marmorata principalmente a scala giornaliera (intervallo 1-24 ore) fino ad una riduzione massima del 12%. Per durate superiori (fino a 168 ore ossia 7 giorni consecutivi), i benefici di una riduzione dell'hydropeaking su eventi di habitat comunemente sotto-soglia possono essere considerati mediamente trascurabili. Questo sta a sottolineare come la scala temporale degli eventi di hydropeaking per il Fiume Noce interessi, nella maggior parte dei casi, periodi inferiori alle 24 ore. Una produzione di energia idroelettrica continua per più giorni consecutivi può essere quindi considerata un evento sporadico nel periodo storico analizzato.

Nel caso del tratto fluviale di Marilleva (Figura 78), gli effetti dell'hydropeaking sembrano essere meno influenti rispetto al tratto di Dimaro. Questa osservazione può anche essere derivata dalle relazioni habitat-portata per i due tratti analizzati riportate in Figura 72, in quanto a parità di portata defluente vi è una maggiore disponibilità di habitat nel tratto di Marilleva rispetto a quello di Dimaro. Secondo i modelli statistici di distribuzione di specie (Figura 19), la presenza di massi di diametro superiore ai 40 cm (anche denominati Macrolithal), e il conseguente aumento delle zone di rifugio caratterizzate da velocità ridotte, sembra infatti consentire un incremento della disponibilità di habitat per gli stadi giovanili. La riduzione degli eventi di stress di habitat sotto-soglia sia rari sia comuni è infatti inferiore per il tratto fluviale di Marilleva rispetto al tratto di Dimaro a parità di scenario considerato. Osservazioni simili possono essere fatte per i due tratti analizzati relativamente all'andamento delle curve riportate in Figura 77 e in Figura 78. Per il tratto di Marilleva, una riduzione tra il 30% e il 100% dell'hydropeaking porterebbe ad una riduzione tra il 12% e il 20% degli eventi di habitat raramente sotto-soglia e tra il 2 e il 12% per eventi di habitat comunemente sotto-soglia. La differenza osservata fra i due tratti, caratterizzati da differente morfologia fluviale, suggerisce inoltre l'importanza della morfologia dell'alveo nel regolare in modo non-lineare gli effetti delle alterazioni idrologiche.



## Bibliografia utilizzata

- Bovee KD (1982) A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Instream Flow Information Paper 12. U.S. Fish and Wildlife Service, Fort Collins, Colorado, USA.
- Breiman L (2001) Random Forest. *Machine Learning* **45**, 5-32
- Lobón-Cerviá, J. and Sanz N.(ed.). (2017). *Brown Trout: Biology, Ecology and Management*. John Wiley & Sons.
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A., & Erkinaro, J. (2008). Spawning habitat of Atlantic salmon and brown trout: general criteria and intragravel factors. *River Research and Applications*, **24**(3), 330-339.
- Milhous R, Bartholow J, Updike M, Moos A (1990) Reference Manual for Generation and Analysis of Habitat Time Series. U.S. Fish and Wildlife Services. 249 p.
- Parasiewicz P (2007) The MesoHABSIM model revisited. *River Res. Appl.* **23**: 893-903.
- Parasiewicz P, Rogers JN, Vezza P, Gortazar J, Seager T, Pegg M, Wiśniewolski W, Comoglio C (2013) Applications of the MesoHABSIM Simulation Model. In *Ecohydraulics: an integrated approach*, (Ed H. A. Maddock I., Kemp P. and Wood P.). John Wiley & Sons Ltd, 109-124 p.
- Petitguyot T, Bussetini M, Linsen M, Schmidt G, Arqued-Esquía VM, Smolar-Žvanut N, Skoulikidis N, Hernandez-Herrero E, Sanchez-Navarro R, Tanner K, Ureta-Maeso J, Helena-Alves M, Theodoropoulos C (2015). Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy (CIS) Guidance Document n°31. Luxembourg: European Union, 2015
- Petts GE (2009) Instream Flow Science For Sustainable River Management. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* **45**: 1071-1086.
- Rinaldi M, Belletti B, Comiti F, Nardi L, Mao L, Bussetini M (2016). Sviluppo di un sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM). Rome, Italy: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).
- Vezza P, Parasiewicz P, Rosso M, Comoglio C (2012) Defining minimum environmental flows at regional scale: application of mesoscale habitat models and catchments classification. *River Res. Appl.* **28**: 675-792.
- Vezza P, Bruno MC, Carolli M, Zolezzi G, Endrizzi S, Siviglia A, Spairani M (2013) Habitat time series analysis to develop flow management criteria in rivers affected by hydropeaking. In *International Society of Limnology, XXXII Congress, Budapest, Hungary*. ISBN: 978-963-89460-1-0, (Eds Z. Heiszler, R. Hohol).
- Vezza P, Goltara A, Spairani M, Zolezzi G, Siviglia A, Carolli M, Bruno MC, Boz B, Stellin D, Comoglio C, Parasiewicz P (2014a) Habitat indices for rivers: quantifying the impact of hydro-morphological alterations on the fish community. In *IAEG XII Congress, Torino, Italy*.
- Vezza P, Parasiewicz P, Calles O, Spairani M, Comoglio C (2014b) Modelling habitat requirements of bullhead (*Cottus gobio*) in alpine streams. *Aquat. Sci.* **76**: 1-15.
- Vezza P, Parasiewicz P, Spairani M, Comoglio C (2014c) Habitat modelling in high gradient streams: the meso-scale approach and application. *Ecol. Appl.* doi:10.1890/11-2066.1.





- 
- Veza P., Zanin A., Parasiewicz P. (2017) Manuale tecnico- operativo per la modellazione e la valutazione dell'integrità dell'habitat fluviale. ISPRA – Manuali e Linee Guida 154/2017. Roma, Maggio 2017
- Zolezzi, G., Bruno, MC., Siviglia, A., Carolli, M., Carolli, F., Maiolini, B., Cainelli, O., Veza, P., Spairani, M. (2013) Studio ambientale sul Fiume Noce. Quadro conoscitivo ambientale e identificazione di interventi volti alla realizzazione di un parco fluviale del fiume Noce in Val di Sole. Relazione Tecnica. Università degli Studi di Trento, 194p.