

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria
per l'Ambiente e il Territorio

A.a. 2020/2021

Tesi di Laurea Magistrale



**Politecnico
di Torino**

Beta testing del servizio SimStream-Web per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM

Relatore

Prof. Paolo Vezza

Co-relatori

Ing. Riccardo Pellicanò

Ing. Roberto Arnesano

Candidato

André Comé

Estratto

Le numerose derivazioni e opere idrauliche presenti sui fiumi sono essenziali per le attività umane ma provocano un deterioramento della disponibilità di habitat per le specie acquatiche per via delle alterazioni idromorfologiche che si vengono a generare. Il conflitto tra le necessità di approvvigionamento idrico della nostra società e la salvaguardia degli ecosistemi fluviali, verrà probabilmente inasprito nei decenni a venire dall'aumento della domanda d'acqua e dal progredire dei cambiamenti climatici che, come sembra ormai assodato, andranno a modificare i deflussi idrici superficiali.

Al fine di operare una corretta gestione della risorsa idrica è necessario adoperare procedure che permettano la valutazione e modellazione dell'habitat fluviale. L'approccio MesoHABSIM (Meso-HABitat SIMulation Model) è al giorno d'oggi tra gli strumenti più utilizzati per la valutazione degli impatti causati dalle derivazioni idriche, viene impiegato sia in fase di pianificazione dei deflussi ecologici che per la progettazione di interventi di riqualificazione fluviale. La metodologia MesoHABSIM è stata adattata ed implementata per il territorio italiano dal Politecnico di Torino ed in particolare dal Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture. Nell'implementazione a livello nazionale, il gruppo di ingegneria idraulica del DIATI ha sviluppato un software per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM denominato SimStream. Il software SimStream opera come plugin dell'applicazione QGIS, ed è stato rilasciato nel 2017 attraverso la pubblicazione del Manuale e Linee Guida ISPRA 154/2017. A partire dal 2017 il software è stato utilizzato con successo da personale sia di enti pubblici sia di enti privati operanti nel settore della gestione delle risorse idriche. Dal momento che il plugin di QGIS avrebbe necessitato di un notevole rimaneggiamento per poter essere adoperato con le versioni 3.0 e successive di QGIS, si è deciso di creare una nuova versione di SimStream che operi come servizio web (SimStream-Web).

Il lavoro oggetto di tesi si è inserito all'interno dello sviluppo di SimStream-Web andando a svolgere il beta testing di tutte le funzionalità del servizio. A tal fine si sono effettuate le operazioni di collaudo del software in modo da verificarne l'effettivo funzionamento e la corretta generazione degli output. Questa procedura ha permesso di individuare i malfunzionamenti nell'algoritmo di calcolo che, una volta segnalati agli sviluppatori sono stati corretti tramite opportune operazioni di debugging.

Nel presente elaborato vengono presentati sia la metodologia MesoHABSIM sia il servizio SimStream-Web, successivamente vengono riportate nel dettaglio le operazioni di beta testing con uno specifico occhio di riguardo per il collaudo della nuova funzionalità del software che permette di effettuare le analisi per corsi d'acqua temporanei.

Abstract

The presence of water withdrawals and hydraulic works on rivers is essential for the development of the society. Yet this leads to hydromorphological alterations on water courses and it causes a deterioration of the freshwater ecosystem. The need to balance the water abstraction in order to preserve aquatic habitat is getting progressively a more common problem due to the increase of water demand combined with the action of climate change, which will modify the surface water cycle.

To implement a functional management of water resources, decision-makers have to use certain tools in order to model and evaluate the river habitat. The MesoHABSIM (Meso-HABitat SIMulation Model) approach is nowadays one of the most used methods for the evaluation of the environmental impact caused by water withdrawals. Not only is it applied for the determination of the ecological flows but also for planning and design operations of river requalification. The MesoHABSIM method has been adapted to the Italian territory by the Polytechnic University of Turin (Polito), in particular by the hydraulic engineering team of the Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering (DIATI). A software called SimStream was developed to encourage its application. The tool was released in 2017 with the publication of the Manuale e Linee Guida ISPRA 154/2017 and works on the open-source platform QGIS. As the software does not work with the 3.0 version of QGIS, a new version of SimStream operating as a web service has been developed with the aim of increasing the accessibility.

The beta testing carried out for this dissertation work has been part of the development of SimStream-Web. The beta testing operations were fundamental for checking on the correct execution of the software and the verification of the output. The testing was conducted in consistence with the MesoHABSIM approach. This operation allowed to identify some instabilities within the calculation process that were promptly eliminated with a debugging process carried out by the developers.

This report analyzes the MesoHABSIM method together with its new application tool SimStream-Web as an introduction to the beta testing work. The latter is then reported with a particular regard for the testing of a new functionality of SimStream-Web that allows the application of MesoHABSIM to temporary rivers.

Indice

Introduzione.....	4
1 La metodologia MesoHABSIM.....	6
1.1 Descrizione dell'habitat fluviale.....	7
1.2 Modelli biologici.....	10
1.3 Curve habitat-portata.....	11
1.4 Indice IH.....	14
1.4.1 Indice ISH.....	15
1.4.2 Indice ITH.....	15
1.4.3 Classi di integrità IH.....	18
1.5 Il software SimStream-Q.....	18
2 SimStream - Web.....	20
2.1 Perché la necessità di un nuovo applicativo?.....	20
2.2 Questionario agli utenti di SimStream – Q.....	21
2.3 Architettura del servizio SimStream – Web.....	22
2.4 Descrizione del caricamento dei dati.....	25
2.5 Input.....	29
2.6 Output.....	33
2.7 What's new.....	43
2.7.1 Inserimento diretto della relazione Habitat-Portata da progetti precedenti.....	43
2.7.2 Applicazione ai corsi d'acqua temporanei.....	45
3 Beta testing del servizio SimStream-Web.....	47

3.1	Calcolo degli output.....	48
3.1.1	Descrizione dei calcoli	48
3.2	Test incrociati tra SimStream-Q e SimStream-Web	55
3.2.1	Descrizione	55
3.2.2	Risultati ottenuti	56
3.3	Validazione della formattazione degli input.....	62
3.3.1	Descrizione	62
3.4	Test dei casi degeneri di ITH	65
3.4.1	Generazione degli input fittizi.....	67
3.4.2	Risultati ottenuti	76
3.5	Procedura standard di testing per i successivi deploy.....	77
4	Approfondimento per i fiumi temporanei.....	78
4.1	Normativa di riferimento	78
4.1	Idrodinamica e fasi di deflusso (flowing, ponding, drying)	79
4.2	Forma della relazione Habitat-Tempo-Portata	80
4.3	Dati richiesti in input: differenze rispetto ai fiumi perenni.....	81
4.4	Dati in output: differenze rispetto ai fiumi perenni	83
4.5	Beta testing dell'applicazione ai fiumi temporanei	85
4.5.1	Definizione del numero minimo di HMU per rilievo	85
4.5.2	Test progetti fittizi ed evidenziazione baco UCUT.....	87
5	Conclusioni.....	96
6	Bibliografia	100

Introduzione

Essendo l'acqua una delle risorse essenziali per le attività umane, i fiumi hanno da sempre svolto un ruolo importante per lo sviluppo della società e delle attività produttive ad essa connesse. L'acqua dei fiumi è oggi sfruttata ai fini agricoli, idroelettrici, industriali e potabili. I prelievi e le derivazioni idriche generano delle alterazioni al naturale deflusso delle acque e alla morfologia dell'alveo fluviale, provocando spesso un deterioramento qualitativo e quantitativo degli habitat disponibili per la fauna acquatica.

Al fine di tutelare o migliorare la funzionalità ecosistemica dei fiumi, recentemente sono stati sviluppati strumenti atti alla valutazione e modellazione dell'habitat fluviale. Questi strumenti permettono di determinare la disponibilità di habitat delle specie ittiche al variare della portata defluente e in funzione delle caratteristiche morfologiche dell'alveo.

In letteratura i modelli di simulazione dell'habitat si classificano in base alla loro risoluzione spaziale, i primi ad essere proposti sono stati i modelli alla micro scala, basati sullo studio delle variabili idrauliche in un punto preciso del corso d'acqua avendo un ordine di grandezza dell'ordine delle decine di centimetri. Nel tempo si sono sviluppati e evoluti nei modelli alla meso-scala, i quali analizzano l'habitat su unità spaziali più estese, dette unità morfologiche o meso-habitat, che presentano caratteristiche idrauliche e morfologiche uniformi. Come indicato nel Sistema di rilevamento e Classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (Rinaldi, et al., 2016), i mesohabitat coincidono con le unità idromorfologiche (UMI, Unita Morfologiche e sub-unità Idrauliche o in inglese HMU, Hydro Morphological Unit) che sono caratterizzate da estensioni spaziali comprese tra 10^{-1} e 10^3 metri. Tra i modelli a meso-scala più utilizzati attualmente in Italia vi è la metodologia denominata MesoHABSIM (MesoHABitat SIMulation Model), proposta dal Prof. Piotr Parasiewicz (Parasiewicz, 2001) a inizio millennio e oggi largamente diffusa in vari paesi Europei.

Il Politecnico di Torino ha adattato al contesto italiano la metodologia MesoHABSIM (Veza , et al., 2012a; Veza, et al., 2014) le cui linee guida sono contenute nel Manuale e Linee Guida ISPRA 154/2017 (Veza, et al., 2017). Per facilitare l'applicazione di MesoHABSIM è stato sviluppato il software SimStream che, rilasciato nel 2017 da ISPRA, opera come plugin in ambiente QGIS. Nel corso degli anni sono sorte alcune criticità legate alla natura di tale applicativo che ne hanno ridotto l'accessibilità. In primo luogo, essendo stato sviluppato per

la versione 2 di QGIS, il plugin SimStream non è disponibile per le versioni successive alla 3.0. L'utente che ha installato l'ultima versione di QGIS sul proprio computer deve provvedere allo scarico e all'installazione della versione precedente nel momento in cui vuole utilizzare il plugin SimStream. Nell'ottica di rendere più accessibile questo importante strumento si è dunque deciso di trasferire SimStream su un servizio web. Così facendo non sarà necessario installare nessun software sul proprio terminale, dal momento che l'accesso a SimStream-Web avviene attraverso l'uso di un browser. La nuova versione risulterà anche di più facile aggiornamento, permettendo una più snella implementazione delle interessanti possibilità di sviluppo future che la metodologia MesoHABSIM presenta. La creazione del nuovo software ha permesso inoltre di apportare una serie di migliorie sia attraverso un restyling dell'interfaccia utente che mediante l'implementazione di una serie di funzionalità che rendono il nuovo software maggiormente user friendly. Il servizio SimStream-Web è stato sviluppato a partire dal precedente plugin da Riccardo Pellicanò, Andrea Zanin, Erik Tiengo, Paolo Vezza e Piotr Parasiewicz e sarà rilasciato dall'ISPRA nel mese di settembre 2021.

Il lavoro oggetto di questa tesi di laurea è stato il collaudo e il test del nuovo servizio web tramite l'uso di alcuni casi studio, andando così alla ricerca di eventuali bug che potessero comprometterne il funzionamento. Nella prima parte del lavoro si è preso confidenza con la metodologia MesoHABSIM e con i calcoli che vengono svolti dal software. Dopo le prime applicazioni fatte sul plugin di QGIS si è poi passato al vero e proprio beta testing che è stato condotto attraverso quattro procedimenti principali:

- La verifica diretta dei calcoli eseguiti dal software;
- Il controllo incrociato tra gli output del plugin e gli output della versione beta del servizio web;
- L'applicazione di progetti degeneri fittizi;
- Il collaudo dell'applicazione ai corsi d'acqua temporanei.

Tale processo ha permesso di evidenziare la presenza di alcuni malfunzionamenti, correggerli di conseguenza e infine di verificare l'appropriato funzionamento della nuova applicazione. L'operazione di beta testing ha permesso di creare un software robusto in modo da offrire all'utente finale un prodotto affidabile e preciso.

Nel presente elaborato sono riportati due capitoli introduttivi che presentano la metodologia MesoHABSIM (Capitolo 1) e il servizio SimStream-Web (Capitolo 2), passaggi fondamentali per una chiara comprensione del lavoro di beta testing (Capitolo 3). Infine si è inserito un approfondimento sulla nuova funzionalità introdotta da SimStream-Web che permette l'applicazione di MesoHABSIM ai corsi d'acqua temporanei (Capitolo 4), quest'ultima opzione è stata oggetto di uno specifico beta testing.

1 La metodologia MesoHABSIM

I modelli di simulazione dell'habitat fluviale consentono di mettere in relazione le caratteristiche morfologiche e idrauliche di un tratto di corso d'acqua, con la presenza al suo interno di determinate specie acquatiche. Alla base dei modelli di habitat vi è la descrizione quantitativa della geometria del corso d'acqua, condotta attraverso la misura e l'osservazione sul campo di determinate grandezze fisiche e descrittori ambientali. I modelli biologici che permettono di stimare la disponibilità di habitat sono legati esclusivamente all'idromorfologia locale, non vengono considerati altri fattori che potrebbero risultare limitanti per la fauna acquatica come ad esempio la qualità dell'acqua o le attività umane.

La metodologia MesoHABSIM è stata sviluppata come strumento per la modellazione dell'habitat fluviale alla meso-scala. I mesohabitat corrispondono alle unità morfologiche o alle unità idrauliche con un'estensione compresa tra 10 m e 10^3 m. Tale approccio presenta notevoli vantaggi rispetto ai precedenti modelli alla micro scala, sia da un punto di vista teorico che applicativo. La fase di raccolta dati in campo è agile e adatta a qualsiasi morfologia di corso d'acqua, risultando idonea anche in contesti impervi, ciò si ripercuote sulla possibilità di campionamento e impiego di una quantità maggiore di descrittori ambientali che hanno permesso di affinare l'analisi biologica. Infine un notevole vantaggio risiede nell'assenza di modelli di simulazioni idraulica, che permette l'applicazione della metodologia anche su corsi d'acqua a regime torrentizio nei quali viene meno l'ipotesi di acqua bassa alla base dei modelli idraulici monodimensionali e bidimensionali. Per questa sua peculiarità, la metodologia

MesoHABSIM è stata applicata con successo a numerosi casi studio delle Alpi, degli Appennini e della Pianura Padana.

Le fasi della metodologia MesoHABSIM si possono schematizzare secondo i seguenti punti:

1. descrizione dell'habitat fluviale tramite rilievi idromorfologici;
2. applicazione dei modelli biologici;
3. analisi delle variazioni spazio-temporali dell'habitat e calcolo degli indici di integrità.

Ognuna di queste fasi necessita di un input, la successiva fase genera un output che a sua volta può costituire la base per i passaggi successivi (Figura 1.1).

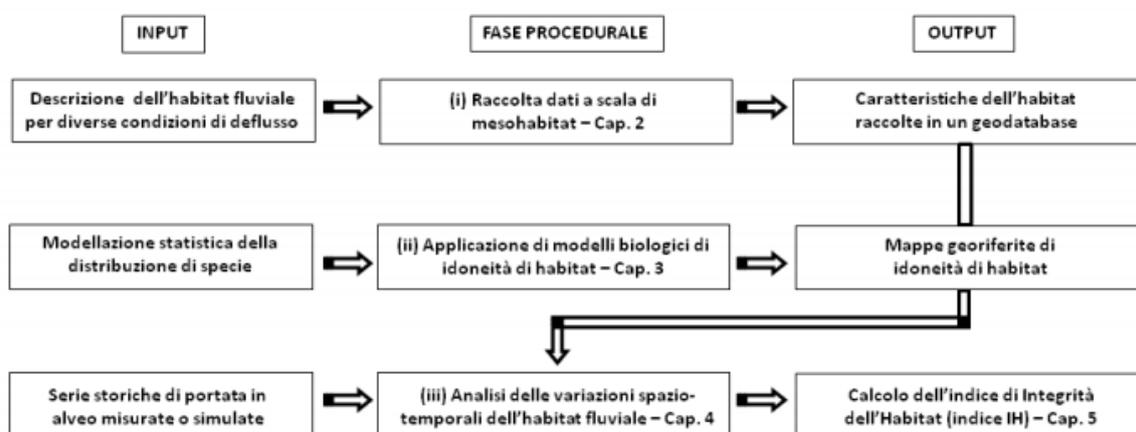


Figura 1.1 - Diagramma di flusso con indicazione delle fasi procedurali della metodologia MesoHABSIM (Veza, et al., 2017)

1.1 Descrizione dell'habitat fluviale

La prima fase per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM consiste nella descrizione dell'habitat fluviale attraverso il rilievo in campo che permette di mappare le unità morfologiche e sub unità idrauliche. Una volta definiti i contorni delle UMI, si vanno a rilevare all'interno delle stesse alcuni descrittori ambientali che influenzano la presenza e l'abbondanza delle specie.

Per garantire la rappresentatività della porzione di fiume oggetto di rilievo, la metodologia fa riferimento ad un sistema di suddivisione gerarchica multi scala del corso d'acqua secondo quanto riportato nel Manuale 132/2016 (Rinaldi, et al., 2016), una schematizzazione di questo approccio è riportata in Figura 1.2. Ogni livello è contenuto nel livello superiore e da esso è influenzato tramite un processo a cascata. L'unità spaziale superiore è delimitata dalla linea spartiacque ed è rappresentata dal bacino idrografico, al cui interno si identificano le unità fisiografiche o segmenti che sono omogenei da un punto di vista topografico, morfologico e

geologico. All'interno dei segmenti sono contenuti i tratti, identificabili in funzione della morfologia dell'alveo, del confinamento, delle variazioni di portata e in base alla presenza di alterazioni antropiche alla continuità longitudinale. Il rilievo fluviale viene svolto lungo un sotto-tratto, ovvero una porzione che ben rappresenta l'intero tratto di corso d'acqua da analizzare per omogeneità e caratteristiche idromorfologiche. Durante il rilievo si individuano nel sottotratto le unità morfologiche e sub-unità idrauliche (UMI) che sono forme fluviali create dall'erosione o dalla deposizione dei sedimenti e sono spesso in associazione con la vegetazione. In genere il rilievo deve essere effettuato su un tratto avente una lunghezza superiore a 10-20 volte la larghezza dell'alveo e deve contenere almeno 10 unità, nel caso di alveo a canali intrecciati o di notevoli dimensioni la lunghezza si può ridurre a 2 volte la larghezza dell'alveo.

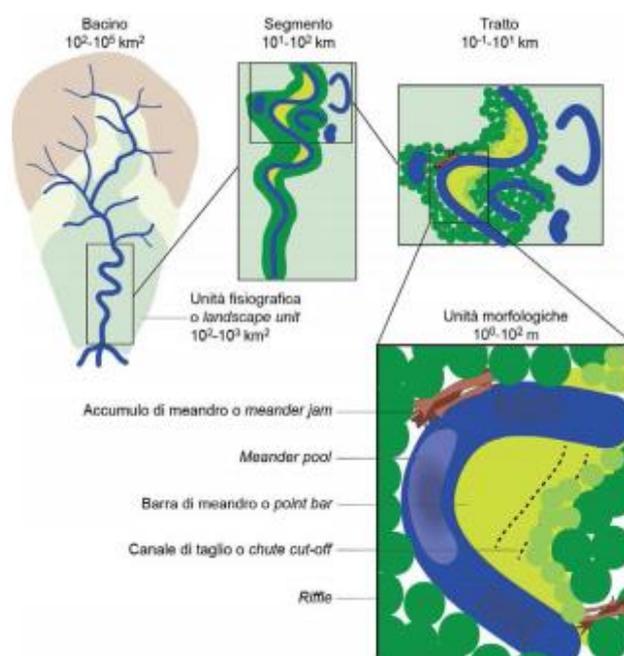


Figura 1.2 – Rappresentazione dell'approccio gerarchico multi-scala (Rinaldi, et al., 2016).

Dopo aver individuato il sottotratto oggetto di studio si devono mappare e classificare le UMI che si trovano al suo interno. Una volta completata la mappatura del perimetro delle UMI si deve procedere con il campionamento dei descrittori ambientali. Per certi descrittori si misura un valore medio sull'intera UMI mentre per altri si devono effettuare un certo numero di misure puntuali all'interno delle UMI stesse. I parametri da misurare su ogni UMI durante i rilievi in campo sono riportati in Tabella 1.1.

Tabella 1.1 - Caratteristiche dei descrittori utilizzati per i rilievi in alveo secondo la metodologia MesoHABSIM (Veza, et al., 2017)).

DESCRITTORE	TIPOLOGIA	CATEGORIE
Portata	Dato numerico	-
Codice dei nomi delle UMI	Testo	POTHOLE, CASCADE, RAPID, RIFFLE, STEP, POOL, GLIDE, DUNE, AQUAT_VEG, SEC_CHAN, FLOOD_LAKE, WETLAND, ARTIF_ELEM, WATERFALL, PLUNGE_POOL, BACKWATER, ROCK_GLIDE, ISOL_POND
Pendenza media in percentuale della superficie libera delle UMI	Dato numerico	-
Presenza di zone rifugio all'interno delle UMI	Testo (True/False)	BOULDER, CANOP_SHAD, OVERHA_VEG, ROOTS, SUBMER_VEG, EMERG_VEG, UNDERC_BAN, WOODY_DEBR, RIPRAP, SHALL_MARG,
Connettività longitudinale	Testo (True/False)	CONNECTIV
Tipologie di substrato	Testo	GIGALITHAL, MEGALITHAL, MACROLITHAL, MESOLITHAL, MICROLITHAL, AKAL, PSAMMAL, PELAL, DETRITUS, XYLAL, SAPROPEL, PHYTAL
Profondità	Dato numerico	-
Velocità della corrente	Dato numerico	-
Numero di Froude medio sull'area delle UMI	Dato numerico	-

Per la corretta applicazione di MesoHABSIM devono effettuarsi almeno tre distinti rilievi, ognuno dei quali in condizioni di portata diverse in modo tale da coprire il range di portate caratteristiche del tratto in questione.

1.2 Modelli biologici

Il cuore della modellazione fluviale è rappresentato dai modelli statistici di distribuzione della specie, dalla cui applicazione si può ricavare l'idoneità o meno del mesohabitat per una data specie acquatica. I modelli statistici sono specifici per la singola specie e per il singolo stadio vitale, vengono costruiti sulla base di dati biologici raccolti in campo in assenza di alterazioni antropiche.

I modelli utilizzati per MesoHABSIM si basano sulla tecnica statistica ad apprendimento automatico chiamata Random Forests (RF) che identifica tra i vari parametri quelli che più influenzano la specie in esame andando poi a determinare, per quest'ultima, la probabilità di presenza o di abbondanza alla scala della singola UMI. Il risultato dell'algoritmo RF è visualizzabile tramite i Partial Dependence Plot (PDP), che correlano la probabilità di presenza o di abbondanza con i singoli descrittori (Figura 1.3). Per meglio visualizzare l'andamento della probabilità, essa è riportata sotto forma di funzione logit assumendo perciò valori sia positivi che negativi.

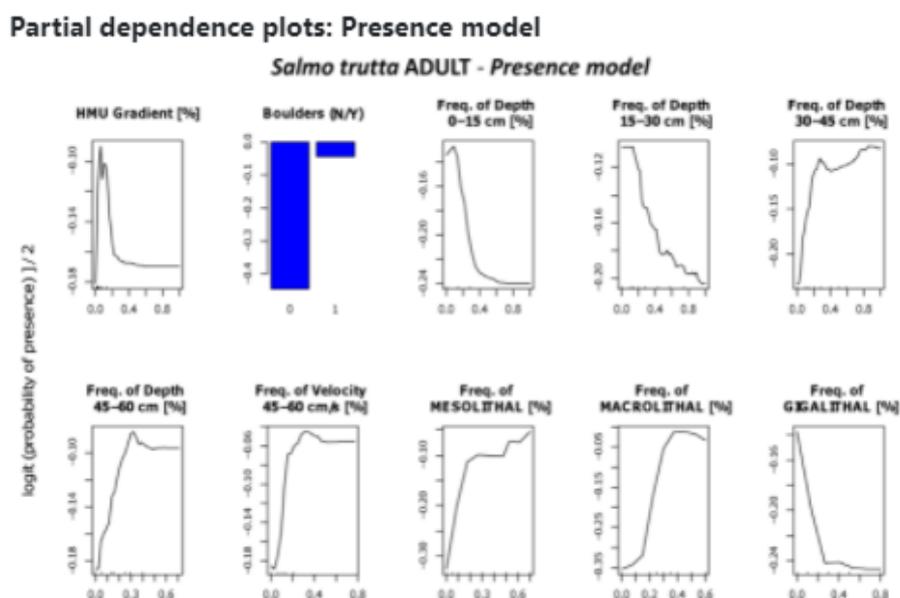


Figura 1.3 – Curve di preferenza per la specie *Salmo trutta* stadio adulto, modello presenza/assenza (SimStream).

Come si può notare in Figura 1.3, le relazioni tra la probabilità di presenza della specie e i descrittori sono in genere non lineari, possiamo individuare a titolo di esempio degli andamenti a campana (ad es. HMU Gradinet) o anche degli andamenti monotoni (ad es. nel caso di profondità comprese tra 15 cm e 30 cm).

Tramite l'applicazione dei modelli biologici si giunge alla classificazione delle UMI in tre diverse categorie:

- Non idoneo (Not Suitable)

- Idoneo (Suitable)
- Ottimale (Optimal)

Un mesohabitat viene classificato come non idoneo se la probabilità di presenza è inferiore a 0.5, se invece la probabilità è superiore a tale soglia esso sarà definito come idoneo. Un mesohabitat che oltre a risultare idoneo, ha anche una probabilità di abbondanza superiore a 0.5, viene definito ottimale.

1.3 Curve habitat-portata

Una volta applicati i modelli statistici binari e avendo così classificato i vari mesohabitat secondo le tre categorie di idoneità (non idoneo, idoneo, ottimale), si procede alla quantificazione dell'area disponibile a ospitare la fauna ittica per ogni condizione di deflusso analizzata (Tabella 1.2).

Tabella 1.2 - Quantità di habitat idoneo e ottimale per lo stadio adulto della trota fario nelle varie condizioni di portata, torrente Saint Marcel (Saint Marcel, AO).

PORTATA [l/s]	AREA BAGNATA [m²]	HABITAT IDONEO [m²]	HABITAT OTTIMALE [m²]
162	215.1	0.0	10.3
328	255.9	43.0	44.1
638	297.7	72.2	0.0
1216	338.1	67.5	0.0

Il passo successivo è la costruzione della relazione habitat-portata, che mette in relazione la portata defluente (espressa in l/s o m³/s) e l'habitat disponibile (espresso in m² o come percentuale dell'area bagnata misurata nel rilievo a portata maggiore). Secondo quanto riportato in letteratura (Parasiewicz, 2007; Vezza, et al., 2014), l'habitat disponibile (H_d) per il sottotratto analizzato è calcolato tramite la formula:

$$H_d = H_I * 0.25 + H_O * 0.75 \quad (1)$$

dove con H_I e H_O si indicano la quantità di habitat idoneo e ottimale. Tale formula permette di dare maggior peso alle aree ottimali rispetto a quelle ritenute solamente idonee. Per visualizzare al meglio l'andamento dell'area disponibile in funzione della portata defluente si può ricorrere ad un diagramma cartesiano avente sulle ascisse la portata e in ordinata l'area disponibile espressa in m² (asse di destra di Figura 1.4) o come percentuale rispetto al totale dell'area bagnata rilevata durante il rilievo effettuato a portata maggiore (asse di sinistra di Figura 1.4). Le curve riportate su un grafico come quello appena descritto vengono chiamate curve habitat-portata.

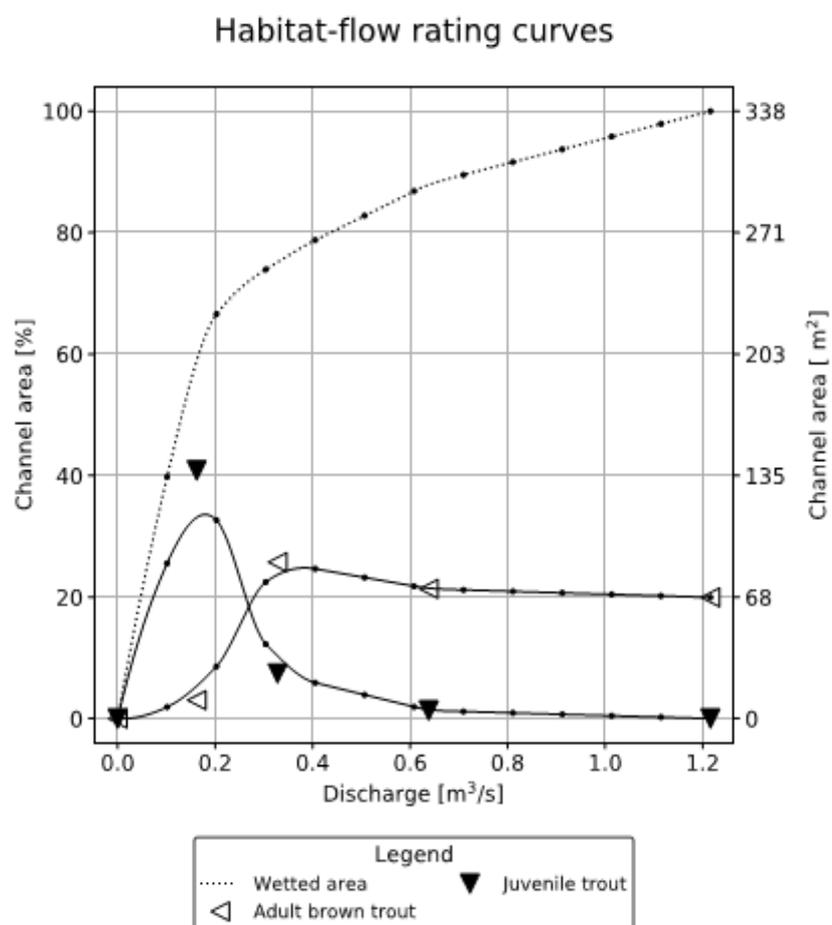


Figura 1.4 - Curve habitat-portata per il torrente Saint Marcel (AO) relative alla specie trota fario adulta (Adult brown trout) e trota fario giovane (Juvenile trout). È inoltre riportata (Wetted area) l'area bagnata al variare della portata. (SimStream)

Tabella 1.3 – Quantità di habitat disponibile nelle diverse condizioni di portata per il caso del torrente Saint Marcel riportato in Figura 1.4.

PORTATA [l/s]	AREA BAGNATA [m ²]	HABITAT DISPONIBILE TROTA FARIO ADULTA [m ²]	HABITAT DISPONIBILE TROTA FARIO GIOVANE [m ²]
0.162	215.108	10.281	138.144
0.328	255.92	87.111	25.106
0.638	297.695	72.233	4.483
1.216	338.147	67.498	0

Si può notare come per il caso in questione l'andamento della curva habitat-portata differisce tra i due stadi considerati. Per la trota fario allo stadio giovane si raggiunge la massima disponibilità di habitat per valori di portata prossimi a 200 l/s, la disponibilità di habitat diminuisce progressivamente fino ad annullarsi in corrispondenza del rilievo effettuato a 1216

l/s. L'andamento della trota fario allo stadio adulto presenta anch'esso un picco attorno ai 400 l/s, in questo caso però la disponibilità di habitat rimane quasi inalterata all'aumentare della portata. Si nota dal grafico come le portate basse siano più idonee per lo stadio giovane rispetto allo stadio adulto, la situazione si ribalta per le portate elevate.

Il fatto che un mesohabitat risulti non idoneo non deve essere interpretato come un'interruzione della continuità longitudinale del corso d'acqua ma è relativo alla possibilità di utilizzo dell'aera in questione da parte della specie nella propria routine giornaliera.

Una volta calcolate le curve habitat-portata si passa al calcolo delle serie di habitat, durante questo passaggio le serie di portata (Figura 1.5) vengono trasformate in serie di habitat (Figura 1.6) attraverso la relazione:

$$H_d(t) = H(Q(t)) \quad (2)$$

dove H rappresenta una relazione habitat-portata (ad esempio quella riportata in Figura 1.4), $Q(t)$ è la portata defluente per un dato giorno t e $H_d(t)$ è l'habitat disponibile al tempo t . Così facendo si traducono le serie di portata nelle serie di habitat che sono alla base delle analisi statistiche successive. Queste ultime prevedono lo studio dell'alterazione spaziale media degli habitat e degli eventi idrologici che generano disponibilità di habitat al di sotto di una determinata soglia, nel passaggio da una condizione idrologica di riferimento a una condizione alterata (ad es., a valle di una derivazione).

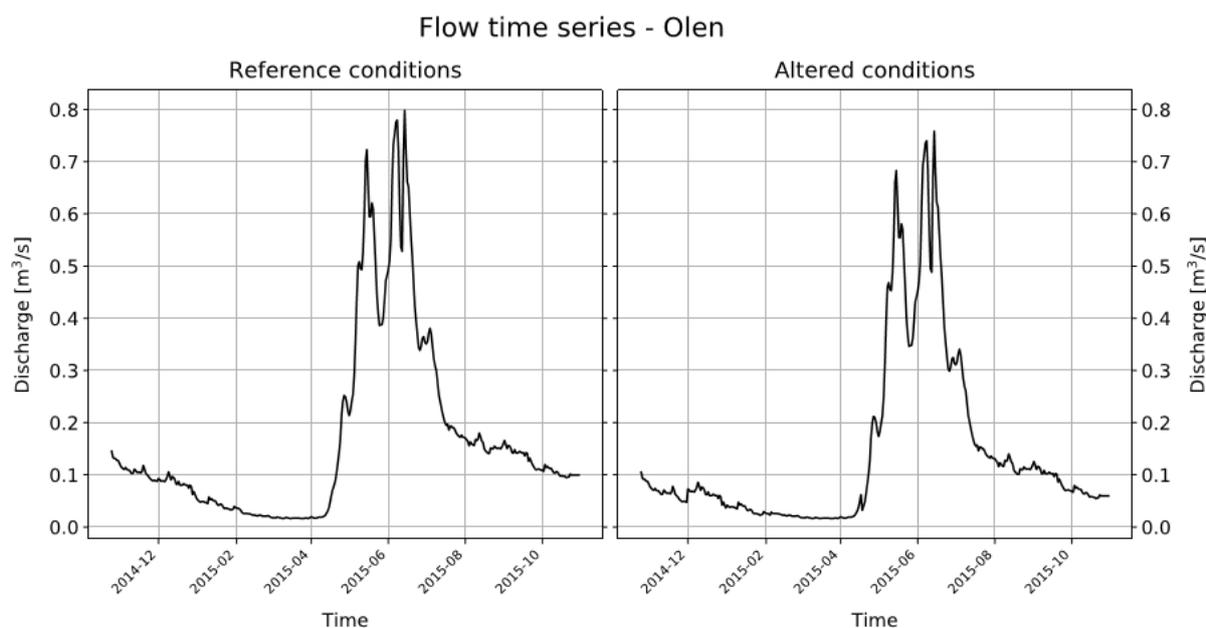


Figura 1.5 - Esempio di serie di portata refrence (a sinistra) e altered (a destra) generate dal software SimStream per il caso del torrente Olen (Valsesia).

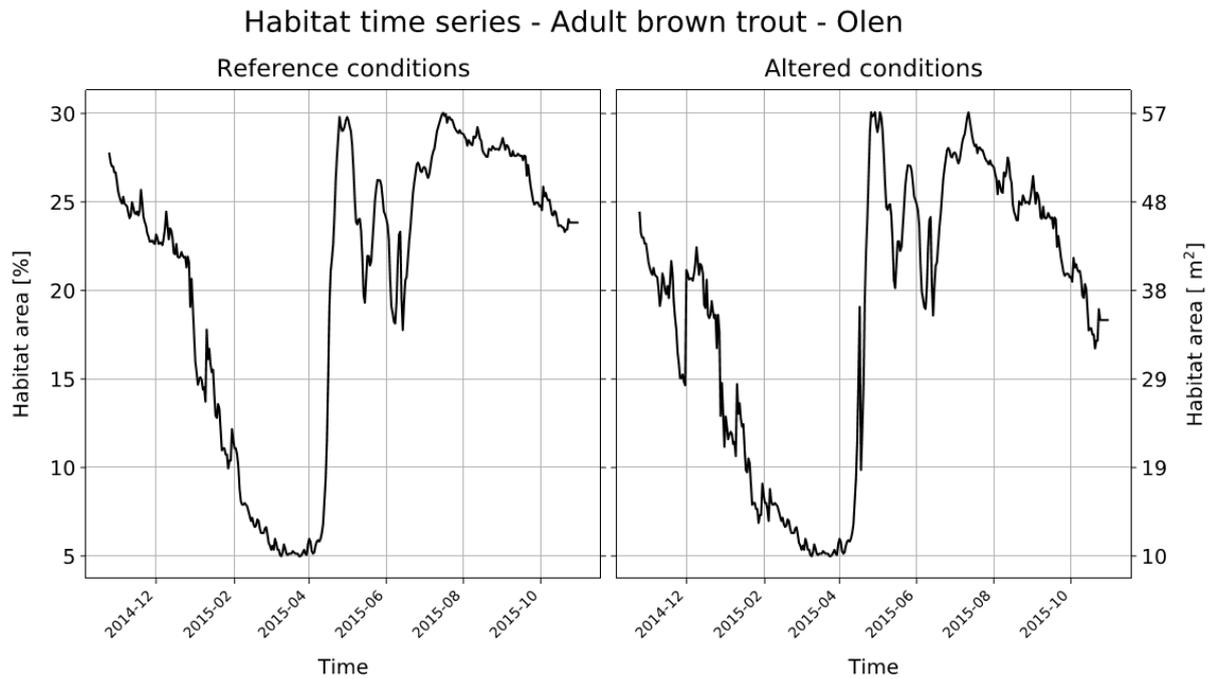


Figura 1.6 - Esempio di serie di habitat refrence (a sinistra) e altered (a destra) generate dal software SimStream per il caso del torrente Olen (Valsesia).

1.4 Indice IH

Le serie di habitat vengono adoperate dalla metodologia MesoHABSIM per quantificare la variazione di habitat tra una serie in condizioni idrologiche di riferimento (es., in assenza di derivazioni idriche) e un'altra serie in condizioni alterate (es., il tratto sotteso dall'opera di derivazione). A tale scopo viene calcolato l'indice di integrità dell'habitat fluviale (IH) che permette di valutare l'alterazione spazio-temporale dei mesohabitat nel tratto interessato dalla derivazione, permettendo così di definire le portate di prelievo atte a mantenere il più possibile integro l'habitat fluviale.

L'IH è definito tramite il calcolo di ulteriori due indici, l'Indice di disponibilità Spaziale dell'Habitat fluviale (ISH) e l'Indice di disponibilità Temporale dell'Habitat fluviale (ITH), entrambi assumono valori compresi tra 0 e 1. Il valore di IH è dato dal minimo tra ISH e ITH secondo la seguente formula:

$$IH = \min(ISH, ITH) \quad (3)$$

I due indici ISH e ITH vengono calcolati utilizzando le serie storiche di habitat (ad es., Figura 1.6) calcolandone l'alterazione spaziale e temporale, nei paragrafi seguenti vengono analizzati nel dettaglio i calcoli necessari alla determinazione dei due indici.

1.4.1 Indice ISH

L'Indice di disponibilità Spaziale dell'Habitat fluviale (ISH) permette di quantificare l'alterazione spaziale di habitat per un dato periodo di tempo. Per ogni specie viene confrontata la quantità di habitat media disponibile sul periodo oggetto di studio in condizioni idrologiche di riferimento ($A_{Hd,r}$) con quella in condizioni alterate (A_{Hd}):

$$ISH = \min \left(\begin{cases} 1 - \frac{|A_{Hd,r} - A_{Hd}|}{A_{Hd,r}}, & \frac{|A_{Hd,r} - A_{Hd}|}{A_{Hd,r}} \leq 1 \\ 0, & \frac{|A_{Hd,r} - A_{Hd}|}{A_{Hd,r}} > 1 \end{cases} \right) \quad (4)$$

Il valore di ISH globale per il tratto in questione è dato dal minimo valore di ISH tra tutte le specie che sono state considerate, si tratta dunque di una scelta cautelativa per tutelare l'intera comunità target.

1.4.2 Indice ITH

L'indice ITH è adoperato per la valutazione della variazione temporale degli eventi di stress per le specie ittiche. Un evento di stress è dato dal perdurare di limitate condizioni di disponibilità di habitat ed è caratterizzato dal numero di giorni consecutivi in cui il valore di habitat disponibile rimane sotto ad una determinata soglia. Nella metodologia MesoHABSIM, la soglia al di sotto della quale si verifica un evento di stress è definita dalla quantità di habitat corrispondente al 97° percentile di portata in condizioni di riferimento. Tale soglia viene denominata AQ_{97} .

Per analizzare da un punto di vista statistico gli eventi sotto-soglia, vengono realizzate le curve di durata continua sotto-soglia, nel seguito indicate con la dicitura UCUT (Uniform Continuous Under-Threshold curves) secondo la nomenclatura definita in letteratura (Parasiewicz, et al., 2013). Il primo passaggio per la costruzione delle curve UCUT è la definizione della soglia AQ_{97} (Figura 1.7) che viene successivamente arrotondata all'intero superiore. In seguito si vanno a calcolare, sia per la serie reference che per la serie altered, gli intervalli di durata continua sotto-soglia, ognuno dei quali è caratterizzato dal numero di giorni consecutivi al di sotto di AQ_{97} . A questo punto si costruiscono le curve UCUT che sono riportate su un grafico cartesiano avente in ascissa la durata cumulata continua sotto soglia (espressa in gironi all'anno oppure come percentuale sul totale della serie) e in ordinata la durata continua sotto-soglia espressa in giorni (Figura 1.8).

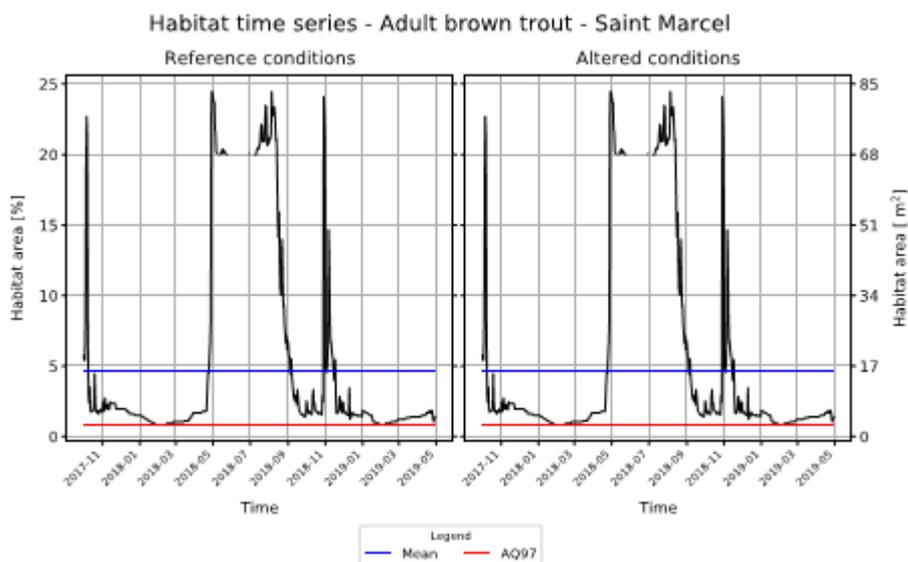


Figura 1.7 – Serie di habitat reference e altered generate da SimStream per la specie trota fario allo stadio adulto sul torrente Saint Marcel, in blu è riportato il valore medio di habitat mentre la linea rossa indica la disponibilità di habitat associata al 97° percentile della serie di portata reference (AQ97).

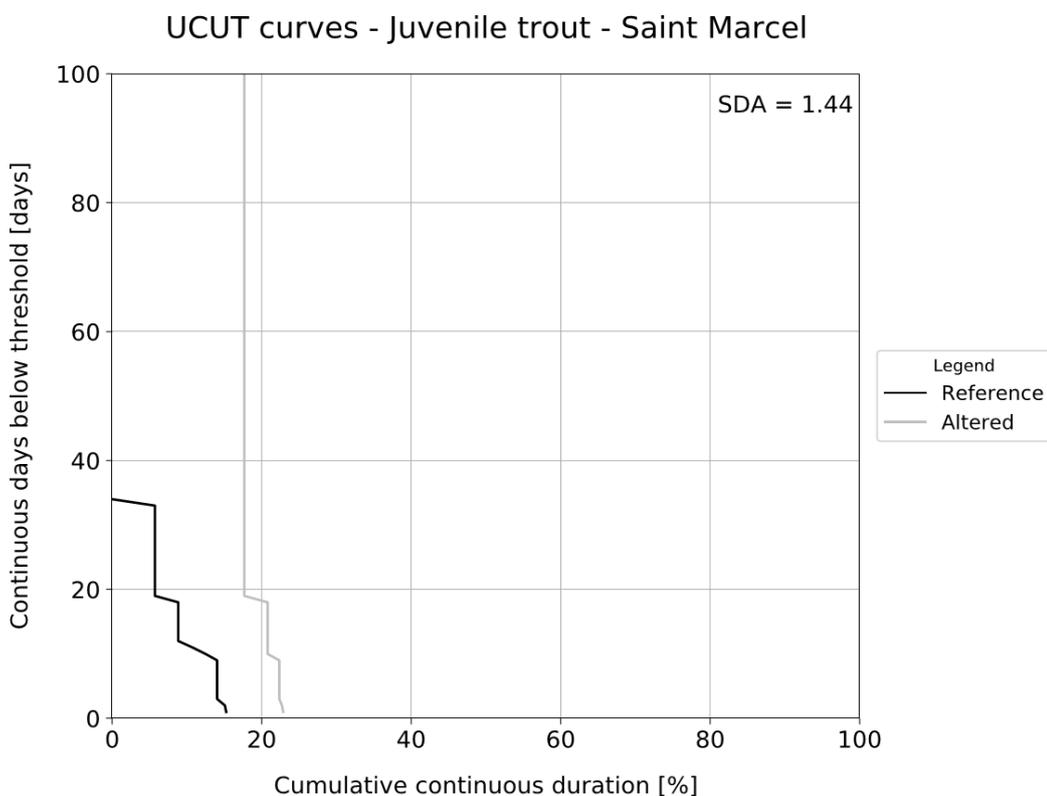


Figura 1.8 - Esempio di curve di durata continua sotto soglia (UCUT) generate dal software SimStream per la trota fario allo stadio giovanile nel caso studio sul torrente Saint Marcel.

Per la determinazione dell'alterazione nella durata degli eventi di stress viene calcolata la distanza media tra la curva UCUT in condizioni di riferimento e la curva in condizioni alterate. In pratica si valuta, per ogni valore di durata continua sotto-soglia (asse delle ordinate delle curve UCUT), la differenza relativa in valore assoluto tra il numero di giorni di durata cumulata continua della curva in condizioni alterate rispetto alla curva in condizioni di riferimento. Si giunge così alla determinazione dell'alterazione complessiva del numero di giorni di stress (AGS, oppure secondo la nomenclatura inglese SDA – Stress Days Alteration (Parasiewicz, et al., 2012b) che è calcolata come media sul codominio della UCUT in condizioni di riferimento, come riportato dall'equazione seguente:

$$AGS \text{ (o SDA)} = \frac{1}{d_{max,r}} \cdot \sum_{k=1}^{k=d_{max,r}} \left(\frac{|d_{c,AQ97} - d_{c,r,AQ97}|}{d_{c,r,AQ97}} \right) \quad (5)$$

Dove:

- $d_{max,r}$ è la massima durata continua sotto-soglia della curva in condizioni di riferimento;
- $d_{c,AQ97}$ è il numero di giorni di durata cumulata continua sotto-soglia in condizioni alterate;
- $d_{c,r,AQ97}$ è il numero di giorni di durata cumulata continua sotto-soglia in condizioni di riferimento.

L'indice ITH è calcolato a partire dal valore di SDA attraverso l'applicazione della seguente formula:

$$ITH = (e^{-0.38AGS}) \quad (6)$$

L'esponenziale negativo permette di dare un peso maggiore anche a piccole alterazioni nella durata degli eventi di stress come si evince dalla Figura 1.9.

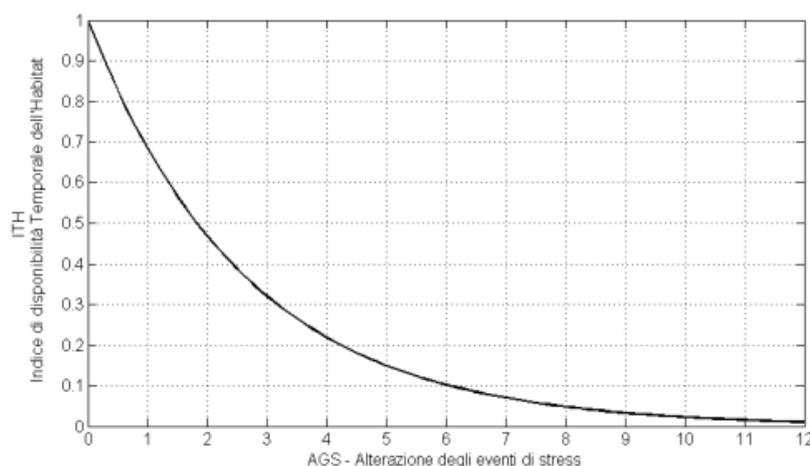


Figura 1.9 - Rappresentazione del valore di ITH in funzione di SDA (Veza, et al., 2017)

L'indice ITH complessivo del tratto in questione è assunto essere pari al minimo valore calcolato tra tutte le specie della comunità analizzata.

1.4.3 Classi di integrità IH

Una volta calcolato l'indice IH attraverso la formula (3), si può valutare la qualità dell'habitat facendo riferimento alla classificazione riportata in Tabella 1.4.

Tabella 1.4 - Classi di integrità dell'habitat fluviale in funzione del valore di IH (Veza, et al., 2017).

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

La soglia di separazione tra le varie classi è lineare in quanto la non linearità della variazione dell'habitat viene tenuta in conto durante la determinazione dei valori di ISH e ITH.

1.5 Il software SimStream-Q

Il software Sim Stream-Q è un plugin operante in QGIS (Figura 1.10) sviluppato per il territorio italiano a partire dalla versione messa a disposizione dal Rushing Rivers Institute. Sim Stream-Q è lo strumento utilizzato per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM. È stato reso disponibile nella versione 1.0.0 nel 2017, la sua dismissione è prevista per il mese di Settembre 2021 quando sarà resa operativa l'omonima versione operante come servizio web (nel seguito indicata come SimStream – Web).

Il software SimStream – Q ha un'interfaccia a navigazione condizionata, ogni pagina richiede un dato input correttamente formattato. Dopo il caricamento dei dati rilevati in campo tramite l'apposito software chiamato MapStream, i calcoli sono svolti attraverso una connessione in remoto con un server che esegue i vari passaggi attraverso QGIS e tramite una connessione con il software di statistica R.

Le varie schermate del software, i dati di input e gli output verranno analizzati nel dettaglio nel Capitolo 2 per SimStream-Web, l'evoluzione del software SimStream-Q di cui il presente lavoro di tesi ha costituito parte del beta testing.

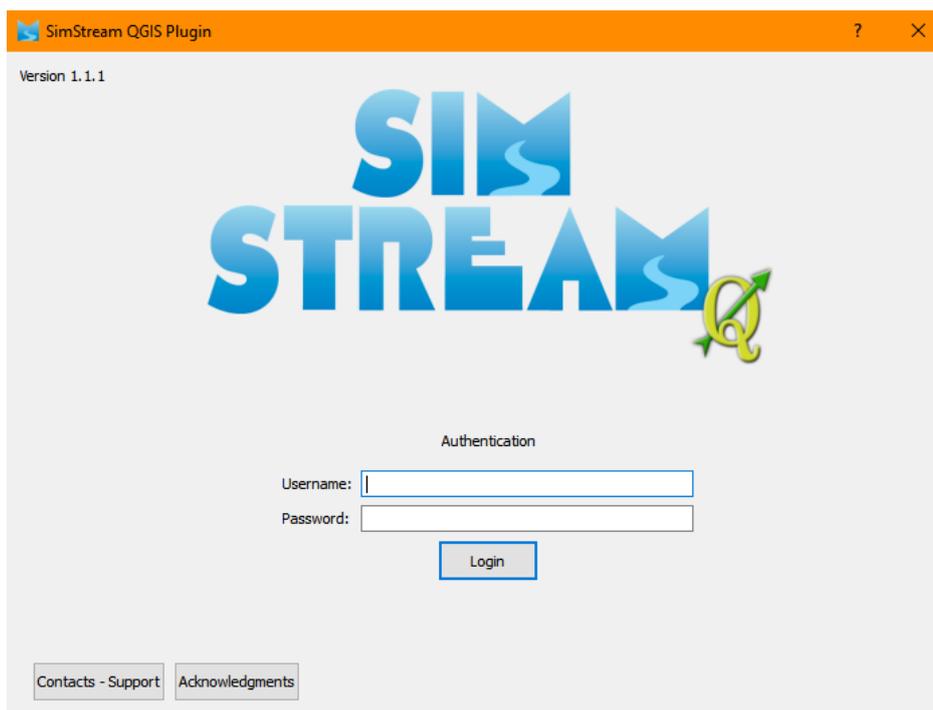


Figura 1.10 – Finestra di login del plugin SimStream-Q.

2 SimStream - Web

Dopo svariati mesi di sviluppo, è stata rilasciata la versione operante come servizio web del software SimStream (logo in Figura 2.1), nel seguito denominata SimStream-Web. Il nuovo servizio è stato sviluppato a partire dal precedente plugin da Riccardo Pellicanò, Andrea Zanin, Erik Tiengo, Paolo Vezza e Piotr Parasiewicz e sarà rilasciato dall'ISPRA a Settembre 2021.

L'oggetto del lavoro di questa tesi di laurea è stato il beta testing del nuovo software, operazione che verrà analizzata nel dettaglio nel Capitolo 3. In questo capitolo viene presentato SimStream-Web, concentrandosi in particolare sull'analisi dei dati di input e di output, la cui comprensione, assieme all'analisi dettagliata del processo di calcolo, è essenziale per una corretta esecuzione del beta testing.



Figura 2.1 - Logo di SimStream-Web.

2.1 Perché la necessità di un nuovo applicativo?

SimStream-Web è stato creato per prendere il posto di SimStream-Q, la precedente versione che opera come plugin in ambiente QGIS. Questo sviluppo si è reso necessario per rendere l'applicazione della metodologia MesoHABSIM più accessibile e user-friendly nei confronti dei professionisti cui essa si rivolge. Il nuovo servizio web infatti non viene più lanciato tramite l'applicazione desktop di QGIS ma è accessibile mediante l'uso di un browser tramite il link <https://mesohabsim.isprambiente.it/>. In questo modo si può accedere al software in modo agile e da qualsiasi computer. Inoltre SimStream-Q non è utilizzabile sulle ultime versioni di QGIS (3.0 e successive), fatto che costringeva gli utenti a dover installare una versione precedente quale ad esempio la 2.18.18 denominata Las Palmas. Oltre all'installazione di QGIS, si doveva effettuare l'installazione del plugin dopo averlo scaricato. SimStream-Web non necessita di nessuna delle precedenti operazioni in quanto è sufficiente digitare l'URL del servizio in un browser e si può procedere immediatamente al caricamento dei file di input.

Un'altra delle motivazioni che ha spinto allo sviluppo del nuovo servizio è data dal fatto che quest'ultimo risulta essere più facile da aggiornare, permettendo così agli sviluppatori di implementare in modo più veloce nuove funzionalità.

2.2 Questionario agli utenti di SimStream – Q

Nell'autunno del 2020 gli utenti di SimStream-Q hanno ricevuto, sulla mail adoperata in fase di registrazione al servizio, un invito a compilare un questionario da parte del team di sviluppatori. L'obiettivo era quello di raccogliere pareri e opinioni che potessero aiutare nella creazione di SimStream-Web.

Il questionario era diviso in varie sezioni. La prima richiedeva agli utenti un parere sulla fruibilità del servizio, nello specifico si chiedeva un giudizio sulla facilità di accesso allo scarico del software tramite l'FTP di ISPRA e sulla praticità della successiva installazione del plugin sulla propria macchina. La seconda sezione riguardava l'utilizzo del software e la procedura di inserimento dei dati, veniva richiesto all'utente un giudizio circa la rapidità di apprendimento nell'utilizzo, un secondo giudizio era incentrato sulla procedura di inserimento dei dati di input. Per quanto riguarda gli output, veniva richiesto un giudizio sulla qualità, la quantità e la ricchezza di dettaglio dei file generati da SimStream-Q. Per ognuna di queste sezioni, veniva richiesto all'utente di inserire un aspetto positivo e una possibile modifica sulla fruibilità del servizio. Il questionario si concludeva con la possibilità di inserire fino ad un massimo di tre nuove funzionalità, o nuovi moduli del software, che l'utente ritenesse utili per le future applicazioni.

Per quanto riguarda la fruibilità del servizio SimStream-Q, si sono riscontrati giudizi mediamente buoni e in nessun caso negativi, tuttavia alcuni utenti suggeriscono l'implementazione del servizio tramite un software stand alone che non necessiti di QGIS. La procedura di inserimento dei dati ha ricevuto dagli utenti un punteggio medio prossimo a quattro su una scala di cinque (Figura 2.2). Gli utenti hanno suggerito a tal proposito l'inserimento di messaggi che guidino le modifiche agli input nel momento in cui il processo di validazione non ne consente il caricamento. Un altro interessante spunto suggerisce di inserire una funzionalità che permetta di richiamare i dati dei rilievi di progetti precedenti in modo da non dover effettuare nuovamente il caricamento. Anche per quanto riguarda gli output il giudizio è stato positivo (Figura 2.2), allo stesso tempo sono state espresse alcune richieste per migliorare la loro visualizzazione e le successive analisi. In particolare alcuni utenti lamentano la frammentazione e dispersione dei dati di output suggerendo la creazione di un file di sintesi dei principali risultati, soprattutto nell'ottica di agevolare la lettura dei progetti che presentano numerose serie in condizioni alterate. Viene inoltre richiesto l'inserimento di un file contenente i valori delle serie di habitat in tabella, questo poiché nel caso in cui le serie di input siano particolarmente lunghe, la loro visualizzazione tramite i grafici generati da SimStream risulta essere poco chiara.

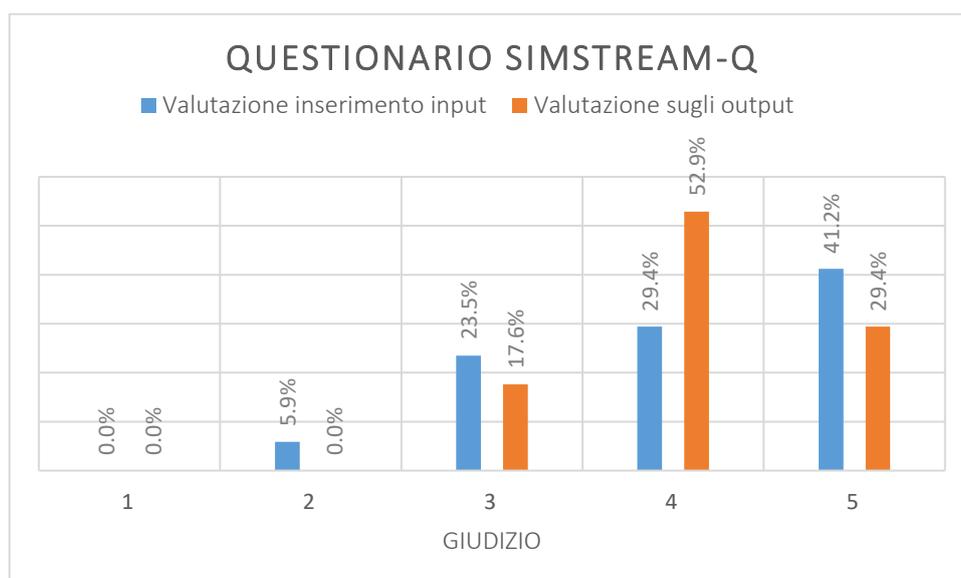


Figura 2.2 - Rappresentazione grafica dei risultati del questionario agli utenti per la valutazione sulla procedura guidata di inserimento dei dati di input e sulla qualità, quantità e ricchezza di dettaglio dei file consegnati in output. Il giudizio varia da 1 (scarso) a 5 (elevato).

Le considerazioni espresse dagli utenti sono state molto utili agli sviluppatori e, come si vedrà in seguito, le modifiche suggerite sono state inserite in SimStream-Web.

2.3 Architettura del servizio SimStream – Web

Il servizio SimStream-Web è accessibile agli utenti abilitati attraverso l'uso di un comune browser dal proprio computer tramite protocollo https. SimStream-Web sarà ospitato su un server di proprietà di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Il servizio di applicazione della metodologia IH si compone di una fase di caricamento dei dati di input da parte dell'utente, seguita dalla produzione dei risultati lato server. Viene infine fornita all'utente la possibilità di accedere ai risultati prodotti tramite una pagina di download dedicata. Le fasi di sviluppo e di UAT (User Acceptance Testing), e dunque anche l'operazione di beta testing, sono state svolte su versioni beta del software ospitate su un server del DIATI (Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente, il Territorio e Infrastrutture). Il servizio di produzione verrà montato su un server di ISPRA andando di fatto a sostituire l'attuale versione di SimStream-Q (QGIS based).

I passaggi principali dell'applicativo SimStream-Web possono quindi essere riassunti attraverso i seguenti punti (Figura 2.3):

- 1) Caricamento da parte dell'utente dei file di input;
- 2) Validazione degli input;
- 3) Processo di calcolo;

- 4) Generazione dei file di output;
- 5) Scarico degli output da parte dell'utente.

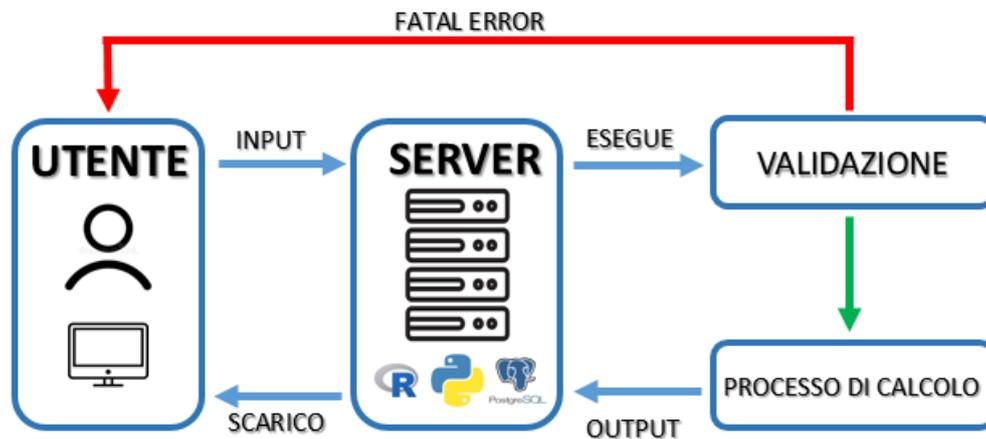


Figura 2.3 - Schematizzazione delle fasi di elaborazione di un progetto caricato su SimStream-Web.

Il server, in ambiente Linux, monta una proxy nginx che implementa un'immagine Docker del codice sorgente dell'applicativo. Questa tecnologia permette un rapido dispaccio e riproducibilità del codice in diversi ambienti, incluso ad esempio il sopracitato ambiente di testing.

Il framework Django/Django Rest Framework è l'orchestratore del servizio web. È esso infatti che implementa il sistema di autenticazione e autorizzazione degli utenti, genera le pagine web, sottende ad esse delle funzionalità di ispezione, scrittura e aggiornamento del database, e istruisce i task di validazione dei dati di input e di esecuzione dell'algoritmo di calcolo della metodologia MesoHABSIM (SimStream Root). La tecnologia Celery è il sistema che permette la gestione e la distribuzione del carico di lavoro dei suddetti task, in maniera asincrona.

Il database PostgreSQL consente di archiviare in modo sistematico i dati e i metadati dei progetti, gli utenti, i modelli biologici e le features proprie della metodologia. PostgreSQL è un software open source che permette la creazione, la manipolazione e l'interrogazione efficiente delle entità in esso contenute. Tali entità non sono direttamente accessibili all'utente ma sono invece mediate da istruzioni di ispezione (query lookups) da parte di Django.

L'algoritmo di calcolo (SimStream Root) che permette di eseguire le operazioni previste dalla metodologia MesoHABSIM è stato scritto nel linguaggio informatico Python. In particolare, i moduli OGR/gdal permettono di compiere analisi sui dati geospaziali, mentre il software R viene adoperato per l'applicazione dei modelli biologici random forest. Si rimanda al Capitolo 1 per l'esposizione dettagliata dei passaggi di calcolo eseguiti dai moduli Python.

In Figura 2.4 è riportata una rappresentazione grafica del workflow appena descritto per l'applicazione di SimStream.

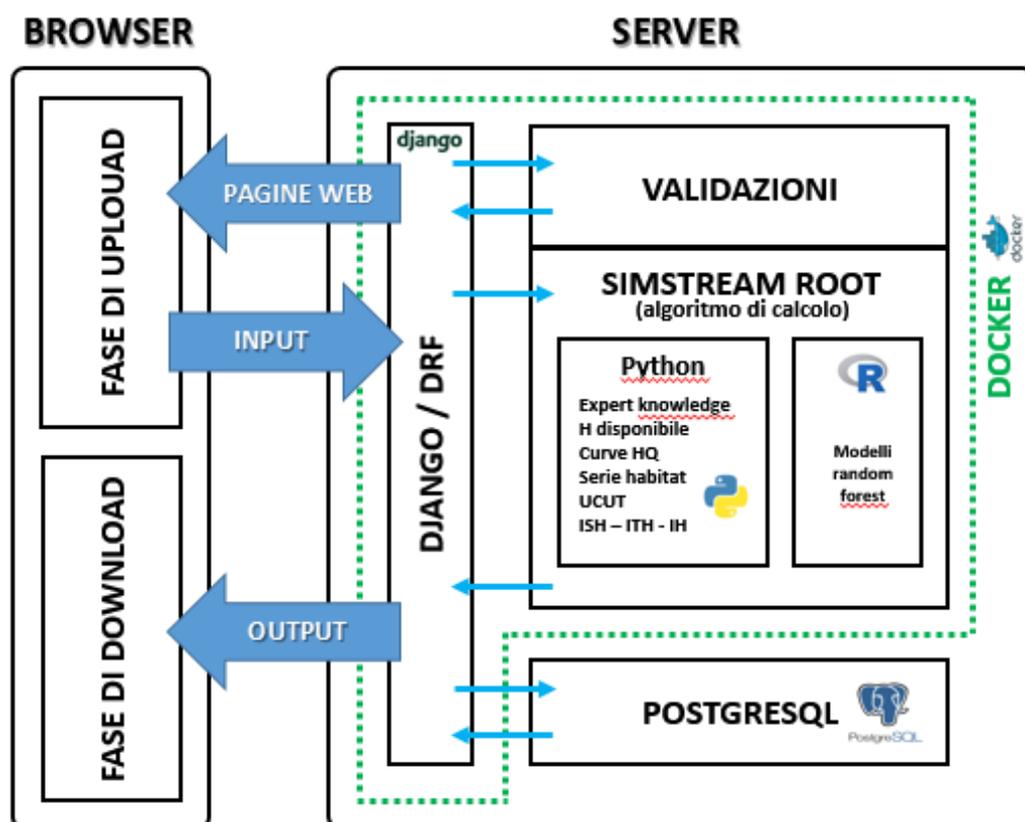
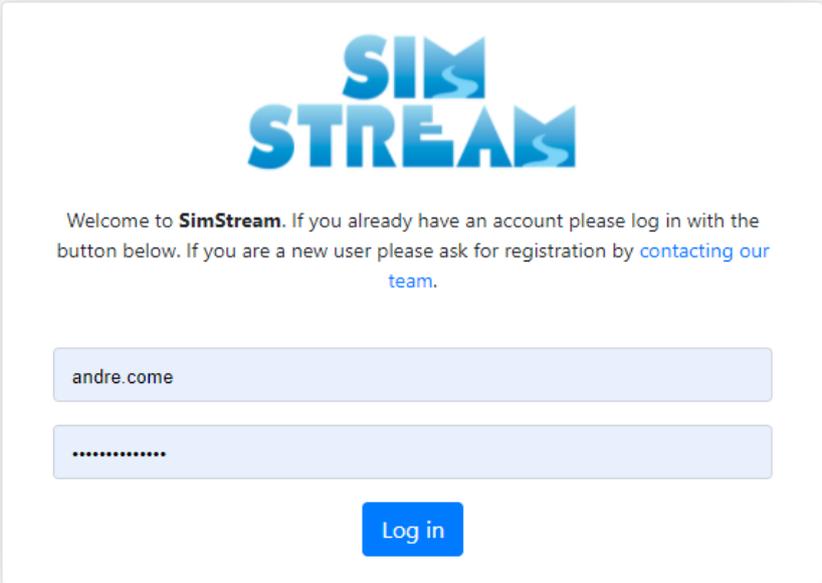


Figura 2.4 - Schematizzazione del processo di calcolo e delle componenti presenti all'interno del server.

2.4 Descrizione del caricamento dei dati

In questo sotto-capitolo viene approfondita la procedura di inserimento dei dati di input. Questa fase è uno dei punti su cui si è concentrato maggiormente il beta testing, in quanto il software esegue una validazione dei file di input che vengono accettati solo se formattati in modo corretto.

Il servizio SimStream-Web è accessibile online tramite l'indirizzo <https://mesohabsim.isprambiente.it/>. Per prima cosa è necessario effettuare il login (Figura 2.5) inserendo le proprie credenziali.



**SIM
STREAM**

Welcome to **SimStream**. If you already have an account please log in with the button below. If you are a new user please ask for registration by [contacting our team](#).

andre.come

.....

Log in

Figura 2.5 - Schermata di login del servizio SimStream-Web.

SI giunge alla homepage (Figura 2.6) dove cliccando sull'opzione "Calculate session" e successivamente su "New project" (Figura 2.7) si giunge al caricamento degli input.

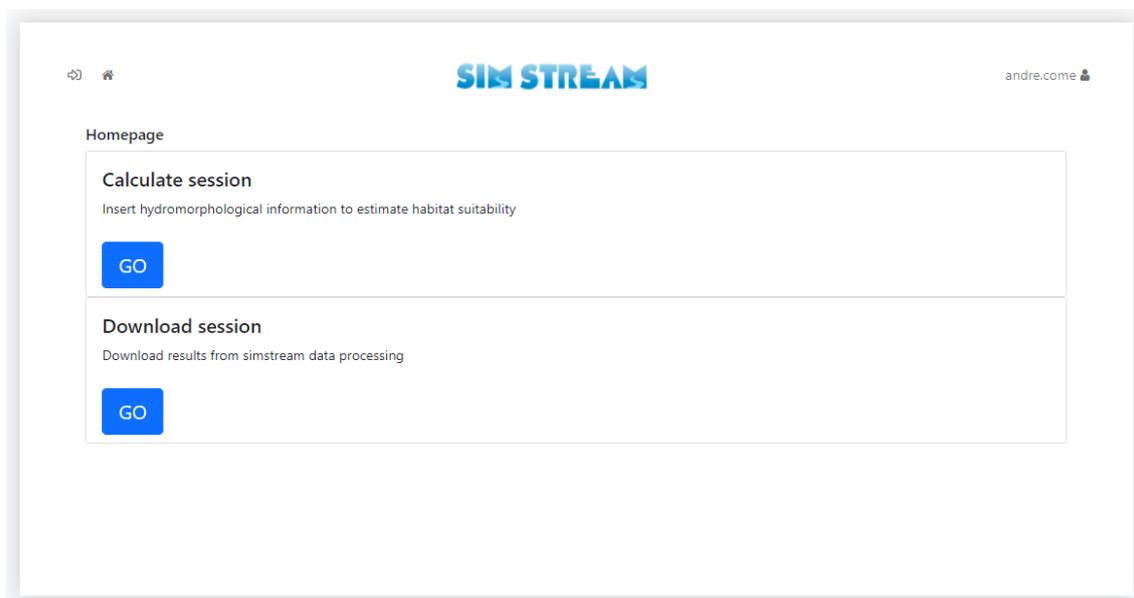


Figura 2.6 - Schermata di 'Homepage' del servizio SimStream-Web.

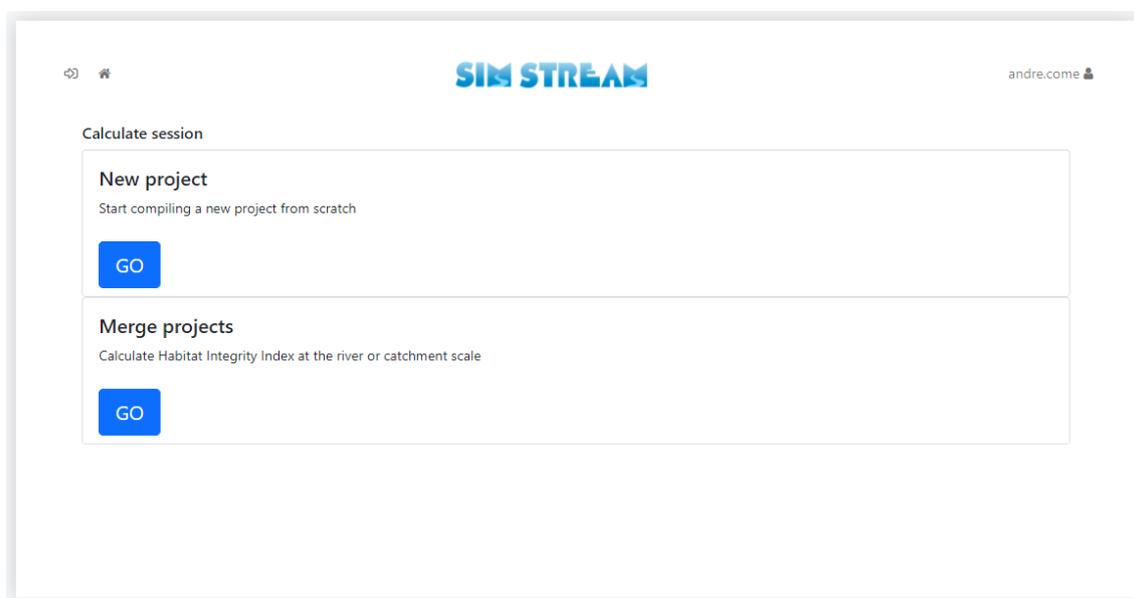


Figura 2.7 - Schermata 'Calculate session' del servizio SimStream-Web.

Per prima cosa si devono inserire nella sezione "Site data" le generalità del progetto (Figura 2.8), alcuni dati (nome del progetto, nome del sito e nome del corso d'acqua) sono da inserire obbligatoriamente. Si deve inoltre indicare se il corso d'acqua in questione è perenne (opzione

di default) oppure temporaneo. In questo paragrafo viene analizzato un esempio di caricamento di fiume perenne, dal momento che i corsi d'acqua temporanei saranno analizzati in un capitolo dedicato.

Figura 2.8 - Sezione 'Site data' del servizio SimStream-Web per il caricamento delle generalità del progetto. I campi obbligatori sono indicati tramite l'asterisco tra parentesi tonda.

Nella sezione "Surveys" viene richiesto il caricamento dei dati dei vari rilievi effettuati sul corso d'acqua in questione (Figura 2.9). Per ogni rilievo si devono indicare la data in cui è stato effettuato, la portata defluente durante il rilievo, lo shape file con le mappe di habitat (4 file con estensioni .shp, .prj, .shx e .dbf) e il file di testo con le misure puntuali. I rilievi, nel numero minimo di tre, vanno tassativamente inseriti in ordine crescente di portata.

Figura 2.9 - Sezione 'Surveys' del servizio SimStream-Web per il caricamento dei rilievi.

Nella sezione “Series” si devono caricare le serie di portata, oltre alla serie di riferimento si deve caricare almeno una serie di portata alterata che sarà utilizzata per il calcolo dell’alterazione apportata dalla derivazione oggetto di studio (Figura 2.10).

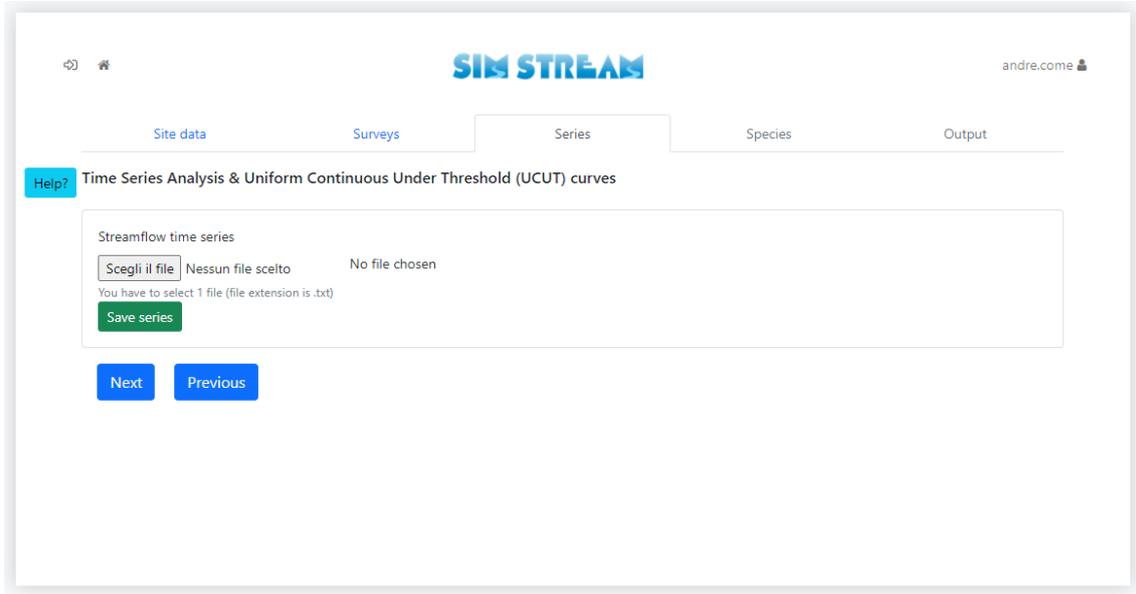


Figura 2.10 - Sezione ‘Series’ del servizio SimStream-Web per il caricamento delle serie di portata.

Nella sezione “Species” si devono indicare le specie per cui si intende effettuare l’analisi di habitat e, per le specie che lo prevedono, anche lo stadio vitale (Figura 2.11). Una volta selezionata la specie, è possibile visualizzarne i Partial Dependence Plot sia per il modello presenza/assenza (Figura 1.3) che per il modello presenza/abbondanza.

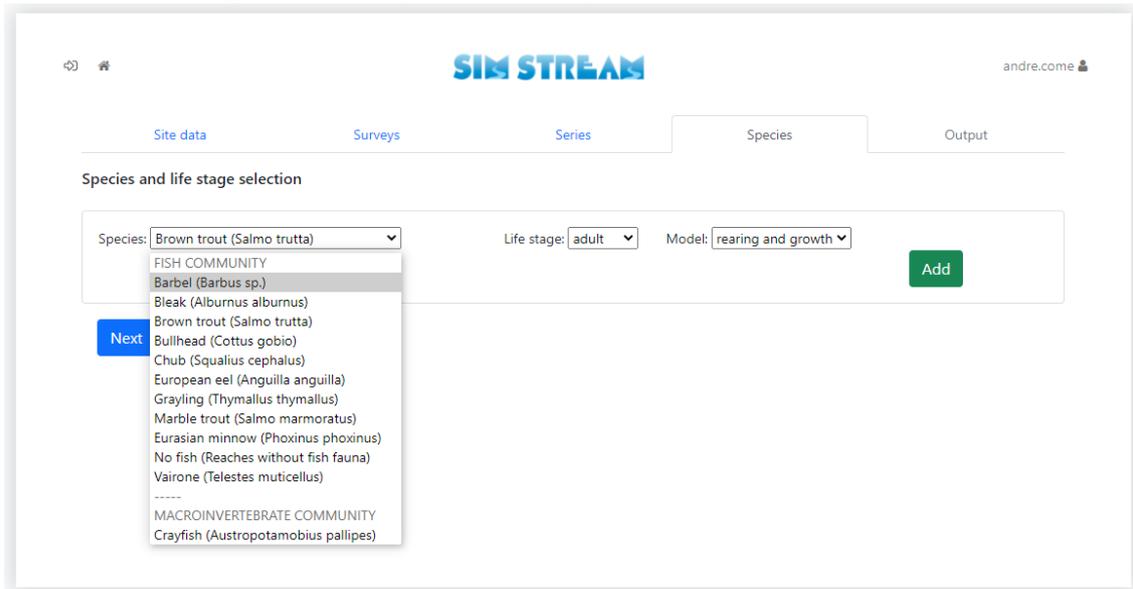


Figura 2.11 – Sezione ‘Species’ del servizio SimStream-Web per la scelta delle specie da sottoporre all’analisi biologica.

Nella sezione “Output” si devono indicare gli output che si intendono calcolare per il progetto (Figura 2.12). Si rimanda al seguito per l’analisi di dettaglio degli output.

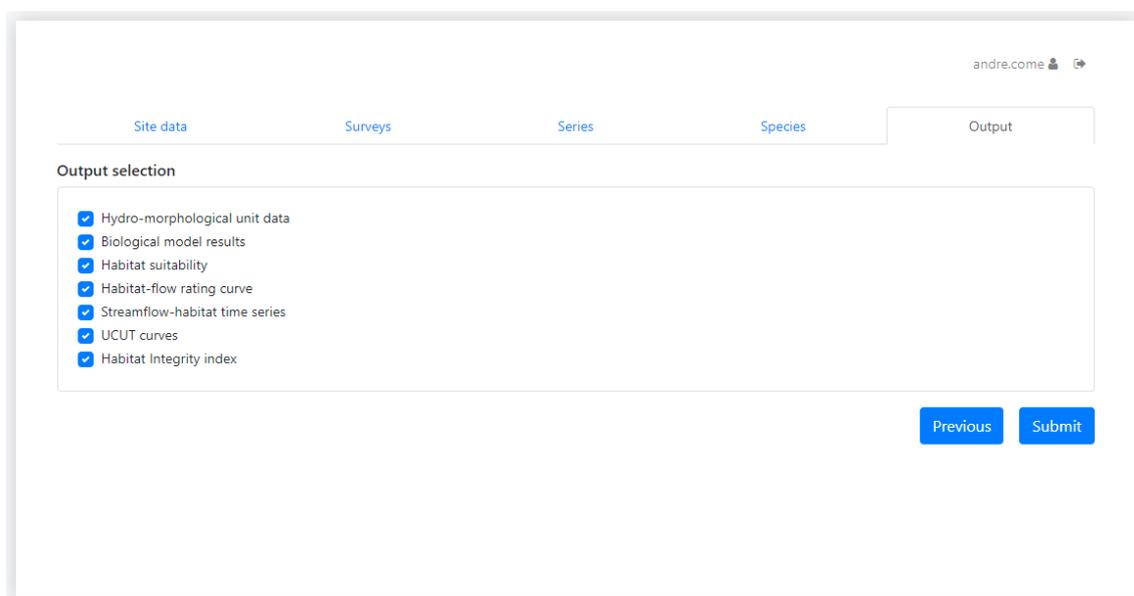


Figura 2.12 – Sezione ‘Output’ del servizio SimStream-Web.

Una volta che il progetto è stato caricato, i dati vengono elaborati dal server e alla fine del processo di calcolo l’utente riceve una mail che annuncia che i risultati del sono scaricabili tramite l’apposita pagina “Download session” accessibile dalla homepage dove sono anche archiviati tutti i progetti precedentemente calcolati.

2.5 Input

Come visto in precedenza, SimStream-Web necessita di tre tipologie di file di input correttamente formattati:

- Uno shape file per ogni rilievo contenente le informazioni sulle UMI del sottotratto oggetto di studio;
- Un file .txt per ogni rilievo contenente le informazioni sulle misurazioni puntuali;
- Il file .txt con le serie di portata.

Per la mappatura delle unità idromorfologiche è consigliato l’utilizzo di un software di registrazione dei dati provenienti da un telemetro laser come ArcPad o MapStream. Il secondo è particolarmente adatto a questo genere di analisi poiché è stato sviluppato appositamente

per essere integrato nell'applicazione del metodo MesoHABSIM. MapStream opera come plugin di QGIS e permette di generare file pronti ad essere inseriti in SimStream.

Lo shape file contenente le UMI deve essere di tipo Polygon ZM (Figura 2.13), la rispettiva tabella degli attributi deve presentare una serie di descrittori ordinati correttamente e con l'intestazione corretta. Oltre al numero dell'unità e alla sua tipologia, sono riportate le indicazioni sulla quota minima e sulla quota massima che serviranno al calcolo della pendenza media e tutta una serie di descrittori delle unità la cui presenza o assenza viene indicata con la dicitura True o False.

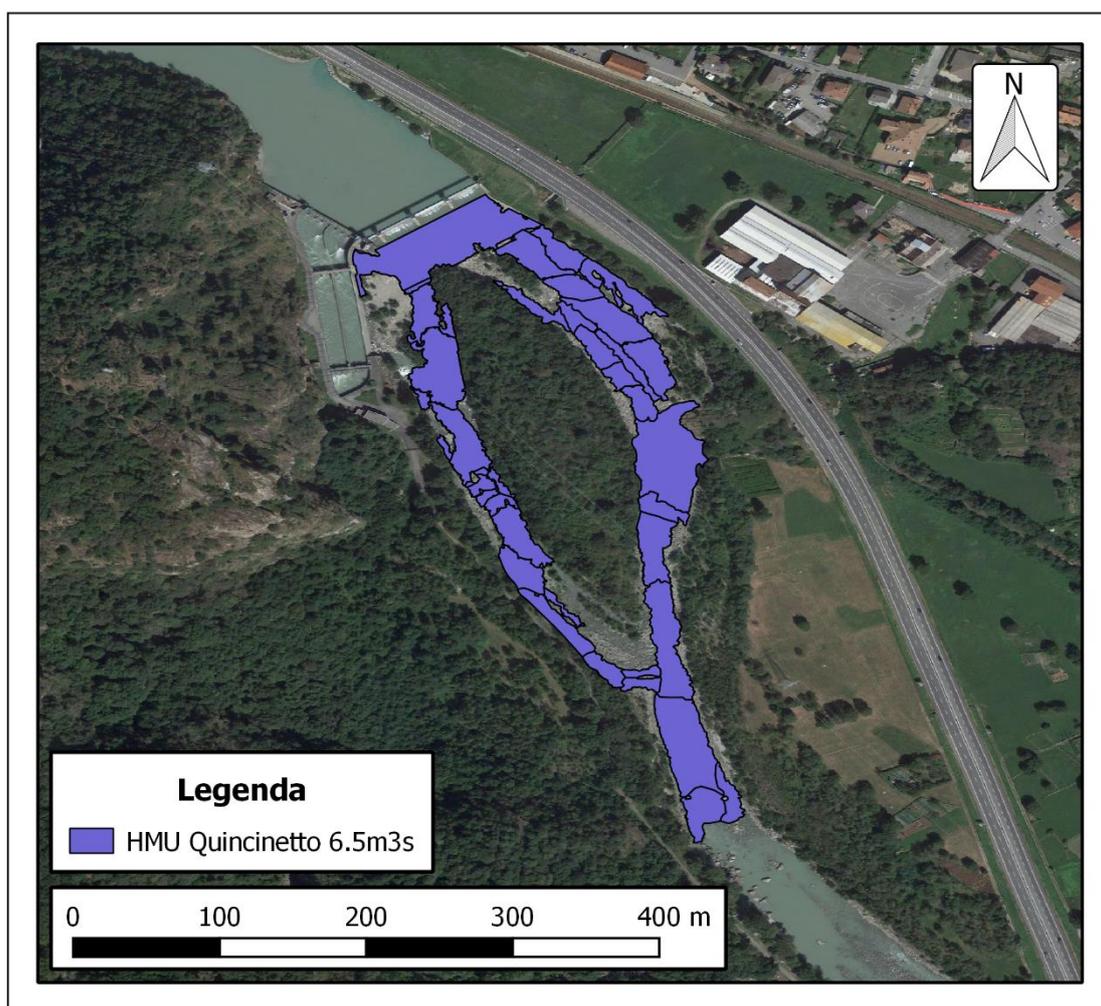


Figura 2.13 - Esempio di mappatura delle HMU per un sottotratto del fiume Dora Baltea situato a Quincinetto (TO). Il rilievo è stato effettuato alla portata di $6.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per ogni rilievo si deve caricare, di pari passo con lo shape file delle HMU, anche un file di testo contenente le informazioni ricavate dai campionamenti puntuali di velocità, profondità e substrato effettuati in ogni unità. In Tabella 2.1 è riportato a titolo di esempio una parte di

un file con i campionamenti puntuali per le prime due HMU di un rilievo svolto sul torrente Saint Marcel (AO).

Tabella 2.1 - Esempio di tabella dei rilievi puntuali.

HMU_NUM	HMU_TYPE	PNTNUM	DEPTH	VELOCITY	SUBSTRATE
1	RAPID	1	0.76	0.1	MEGALITHAL
1	RAPID	2	0.61	0.1	MEGALITHAL
1	RAPID	3	0.46	0.1	MEGALITHAL
1	RAPID	4	0.55	0.1	MEGALITHAL
1	RAPID	5	0.54	0.1	MEGALITHAL
1	RAPID	6	0.65	0.1	MEGALITHAL
1	RAPID	7	0.49	0.1	MEGALITHAL
2	RIFFLE	1	0.16	0.1	PSAMMAL
2	RIFFLE	2	0.18	0.1	MICROLITHAL
2	RIFFLE	3	0.17	0.1	MESOLITHAL
2	RIFFLE	4	0.16	0.1	MESOLITHAL
2	RIFFLE	5	0.27	0.1	MEGALITHAL
2	RIFFLE	6	0.26	0.1	MACROLITHAL
2	RIFFLE	7	0.18	0.1	MESOLITHAL
...

Deve esserci corrispondenza tra i valori di HMU_NUM e HMU_TYPE riportati nella tabella dei rilievi puntuali e nello shape file, il numero dei rilievi puntuali in ogni HMU (PNTNUM) deve essere in ordine crescente e i valori di substrato, così come le intestazioni delle varie colonne, devono essere correttamente riportati secondo la dicitura standardizzata.

In caso di formattazione sbagliata dei file caricati, il sistema è in grado di avvertire l'utente dell'errore attraverso la comparsa a schermo di un messaggio di warning (Figura 2.14). In molti casi viene anche riportata, annessa al messaggio di errore, una breve descrizione del problema rilevato, in modo da facilitare l'individuazione da parte dell'utente delle modifiche necessarie per poter effettuare correttamente il caricamento.

Survey 1 not valid

stmarcel_a_HMU_03102017_162ls.shp - columns not allowed: Area, COMMENT

Figura 2.14 - Esempio di fatal error che avverte l'utente del fatto che lo shape file con i rilievi non rispetta la formattazione richiesta.

Tramite il tasto “Help?” l’utente può inoltre accedere a un riepilogo del formato dei dati di input (Figura 2.15).

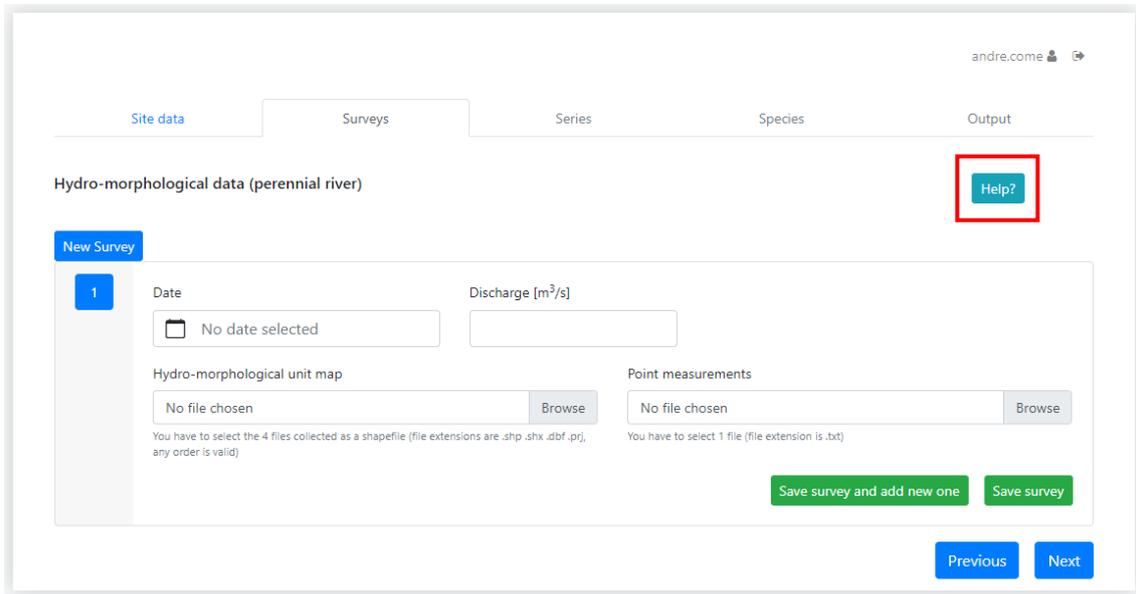


Figura 2.15 – Indicazione del tasto ‘Help?’ nella sezione “Surveys del servizio SimStream-Web.

L’ultimo input necessario per il caricamento del progetto è il file di testo contenente le serie di portata da sottoporre ad analisi. Il file deve presentare almeno tre colonne. Nella prima colonna è riportata la data in formato DD/MM/YYYY, nella seconda è riportata la portata in m³/s in condizioni di riferimento, dalla terza colonna si riportano invece le serie di portata in m³/s in condizioni alterate. In Tabella 2.2 è riportato a titolo esemplificativo parte di un file di portate correttamente formattate.

Tabella 2.2 - Esempio di serie di portata correttamente formattate.

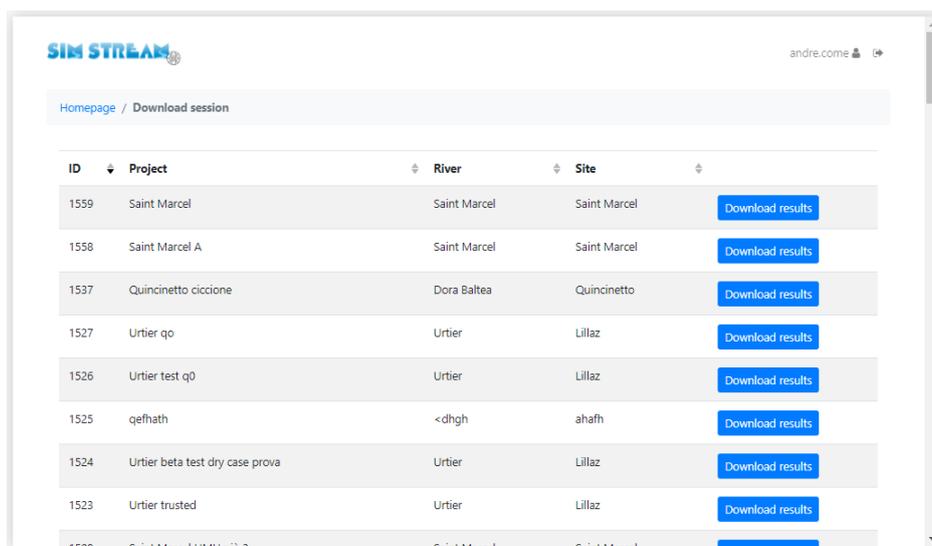
DATE	REFERENCE	ALTERED_1	ALTERED_2
1/5/2018	0.49	0.39	0.49
2/5/2018	0.59	0.39	0.51
3/5/2018	0.69	0.39	0.51
4/5/2018	0.89	0.39	0.51
5/5/2018	1.09	0.39	0.51
6/5/2018	1.14	0.39	0.51
7/5/2018	1.14	0.39	0.51
8/5/2018	1.19	0.39	0.51
9/5/2018	1.24	0.39	0.51
10/5/2018	1.24	0.39	0.51
11/5/2018	1.29	0.39	0.51

2.6 Output

Gli output sono i file che permettono agli utenti di osservare le analisi di habitat effettuate dal software SimStream. In fase di caricamento del progetto, l'interfaccia di SimStream permette di selezionare tra sette diversi output:

- Hydro-morphological unit data;
- Biological model results;
- Habitat suitability;
- Habitat-flow rating curve;
- Streamflow-habitat time series;
- UCUT curves;
- Habitat Integrity index.

All'utente viene reso disponibile nell'apposita sezione (Figura 2.16), il download di una cartella compressa denominata `project_ID_download`, al cui interno è contenuta una sottocartella per ognuna delle tipologie di output immesse in fase di caricamento.



ID	Project	River	Site	
1559	Saint Marcel	Saint Marcel	Saint Marcel	Download results
1558	Saint Marcel A	Saint Marcel	Saint Marcel	Download results
1537	Quincinetto ciccione	Dora Baltea	Quincinetto	Download results
1527	Urtier q0	Urtier	Lillaz	Download results
1526	Urtier test q0	Urtier	Lillaz	Download results
1525	qefhath	<dhgh	ahafh	Download results
1524	Urtier beta test dry case prova	Urtier	Lillaz	Download results
1523	Urtier trusted	Urtier	Lillaz	Download results
1522	Saint Marcel Urtier q0	Saint Marcel	Saint Marcel	Download results

Figura 2.16 - Schermata "Download" del servizio SimStream-Web.

Sono nel seguito analizzati i vari tipi di output relativi ad un caso studio nel comune di Quincinetto sulla Dora Baltea (TO).

Nella cartella "Hydro_morphological_unit_data" sono contenuti 9 file per ogni rilievo effettuato. Si trovano i file vettoriali riportanti le mappe delle UMI caricate dall'utente che sono state rielaborate dal software e colorate secondo una precisa classificazione (Figura 2.17).

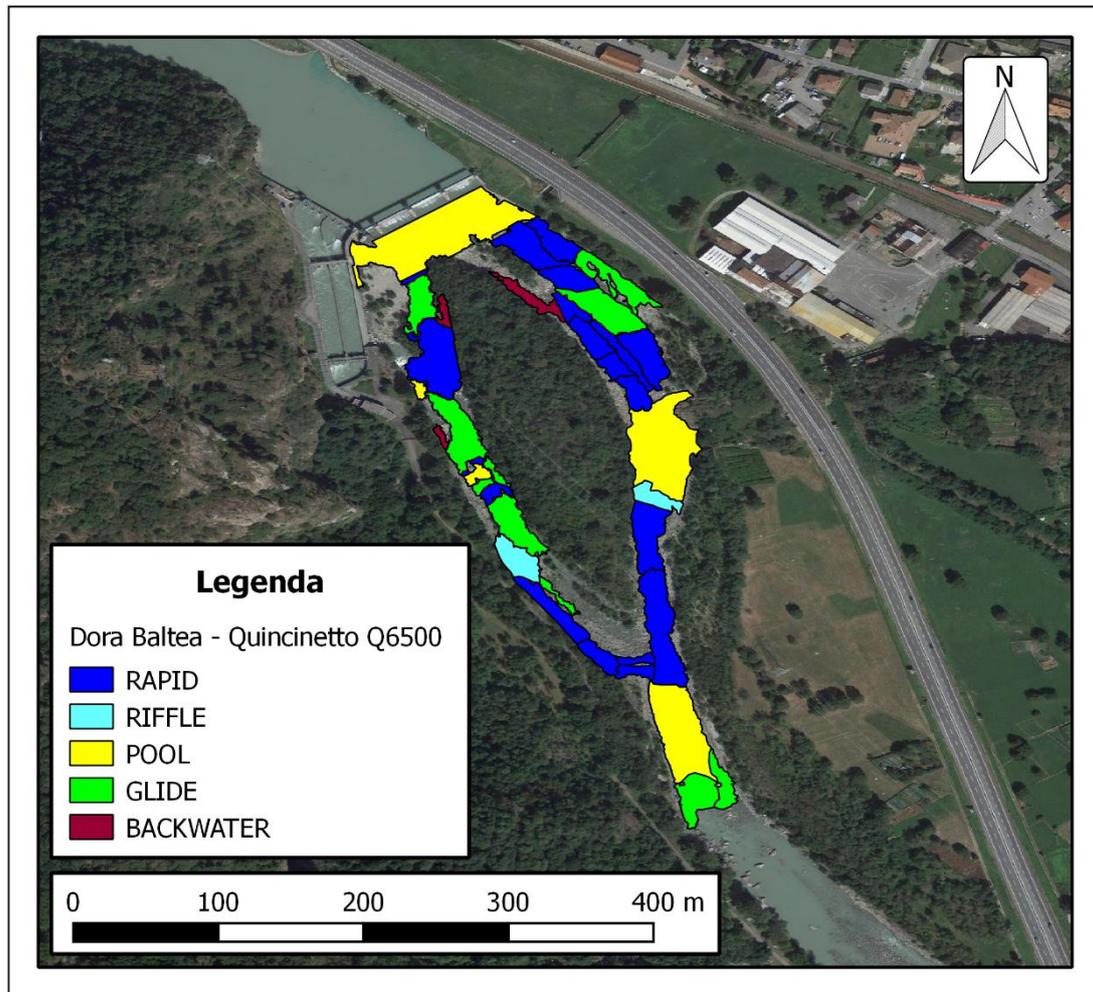


Figura 2.17 - Mappa generata come output da SimStream-Web del mosaico di UMI rilevate alla portata di $6.5 \text{ m}^3/\text{s}$ per il sottotratto della Dora Baltea oggetto di studio..

Nelle tabelle degli attributi sono riportate una serie di analisi statistiche e di calcoli effettuati a partire dai rilievi puntuali e dalle UMI di partenza. Sono riportate le aree, la pendenza media e il numero di Froude oltre ai dati puntuali di profondità, velocità e substrato che sono stati classificati secondo intervalli prestabiliti. La tabella degli attributi è anche riportata in un file di testo separato. I valori ricavati dall'analisi statistica dei dati puntuali sono anche riassunti su un istogramma riportato in formato PDF (Figura 2.18) i cui valori numerici vengono inseriti anche in una tabella su un file di testo. Confrontando gli istogrammi per le varie portate a cui corrispondono i rilievi si noterà uno spostamento verso valori maggiori di velocità e

profondità, ovvero uno spostamento verso destra, passando da portate minori a portate maggiori.

Nella medesima cartella vi è inoltre un file di testo chiamato WarningLog dove sono elencati i messaggi di warning rilevati dal software.

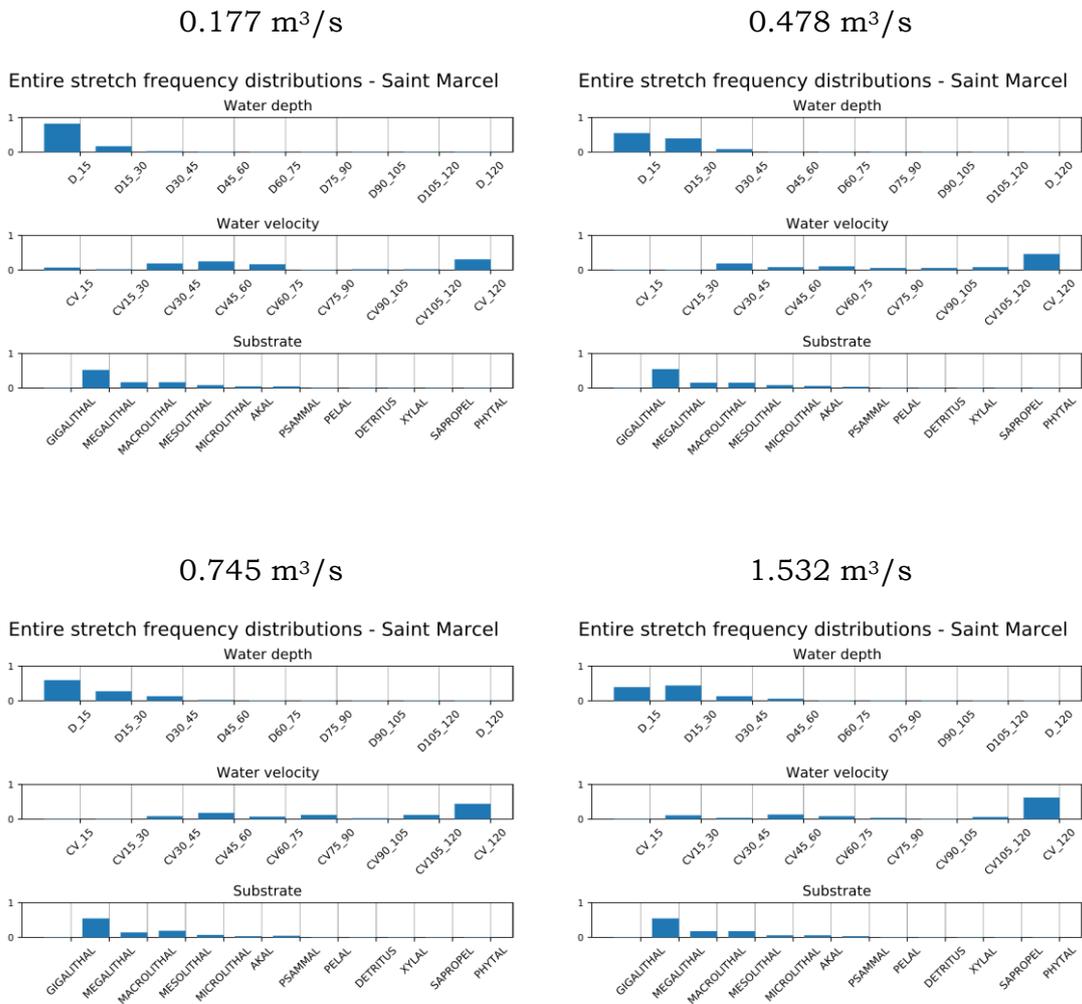


Figura 2.18 - Istogrammi di distribuzione dei rilievi puntuali per il progetto sul torrente Saint Marcel.

Nella cartella "Biological_models" vengono riportati 12 file per ogni rilievo e per ogni specie inserita, metà dei quali riguardanti la probabilità di presenza e la restante metà per la probabilità di abbondanza. Si tratta di file vettoriali contenenti i risultati dell'applicazione dei modelli binari. E' resa disponibile all'utente una mappa con il mosaico di UMI classificate in base alla probabilità di presenza, se tale probabilità è inferiore a 0.5, la relativa UMI è colorata in rosso, se la probabilità è superiore a 0.5 la sua colorazione è gialla (Figura 2.19). Nella tabella degli attributi viene riportata una colonna con i valori della probabilità di presenza e una

colonna per ogni descrittore che viene adoperato dall'algoritmo per il calcolo della stessa probabilità (Tabella 2.3).

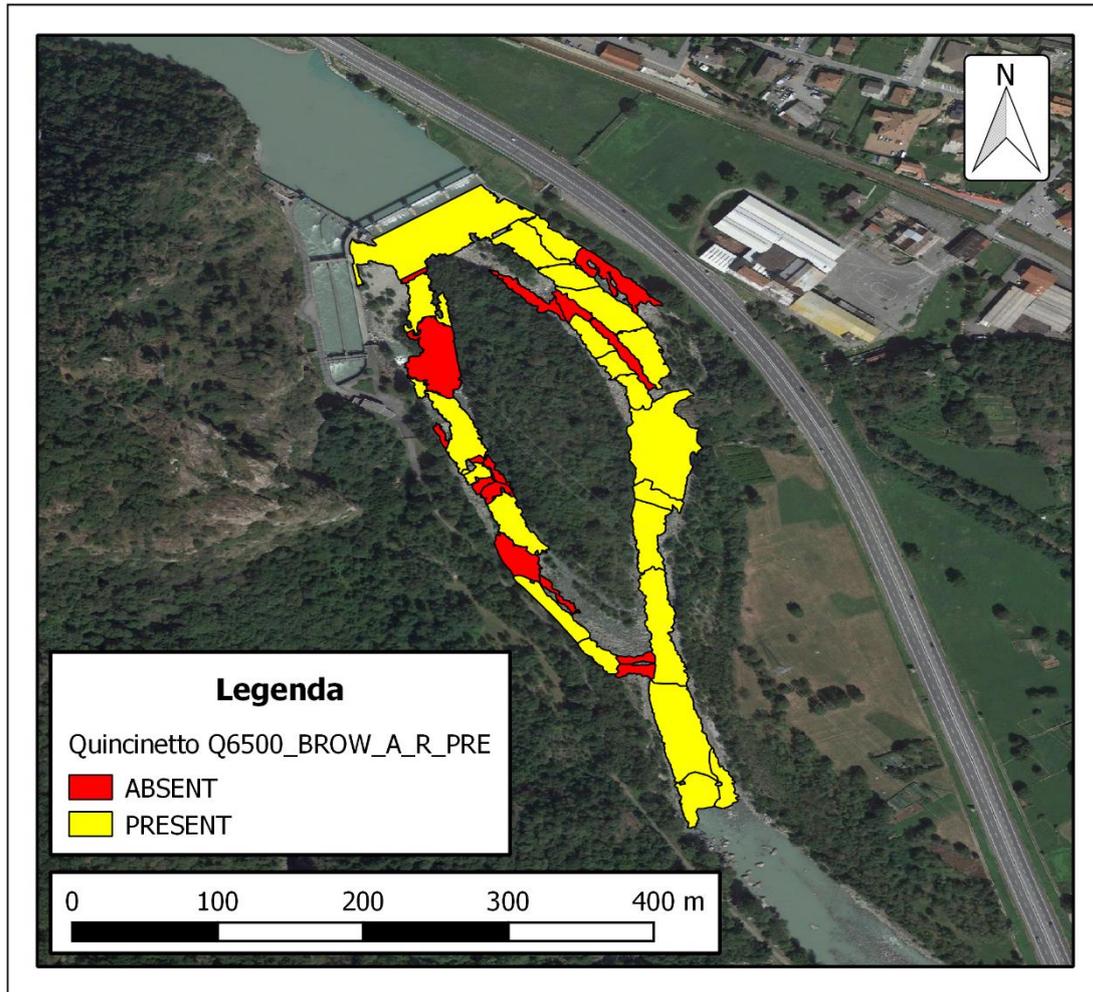


Figura 2.19 - Mappa con la classificazione della probabilità di presenza alla portata di 6.5 m³/s per il sottotratto della Dora Baltea oggetto di studio.

Tabella 2.3 - Tabella degli attributi per le mappe ricavate dall'applicazione dei modelli binari di presenza per la specie Adult Brown Trout sul torrente Saint Marcel alla portata di 0.745 m³/s.

HMU_NUM	HMU_TYPE	PROB	GRADIENT	BOULDER	D_15	D15_30	D30_45	D45_60	CV45_60	MACROLITHA	MESOLITHAL	GIGALITHAL
1	RAPID	0.572	0.102	1	0.111	0.667	0.222	0.000	0.000	0.111	0.667	0.000
2	POOL	0.114	0.019	0	0.000	0.571	0.429	0.000	0.143	0.143	0.000	0.000
3	RIFFLE	0.368	0.130	0	0.571	0.429	0.000	0.000	0.571	0.571	0.429	0.000
4	RAPID	0.088	0.221	1	0.429	0.571	0.000	0.000	0.000	0.143	0.000	0.000
5	RAPID	0.572	0.130	1	0.000	0.429	0.429	0.143	0.143	0.286	0.000	0.000
6	STEP	0.346	0.200	1	1.000	0.000	0.000	0.000	0.571	0.143	0.714	0.000
7	WATERFALL	0.059	0.457	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	WATERFALL	0.059	0.788	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	CASCADE	0.093	0.325	0	0.714	0.286	0.000	0.000	0.000	0.000	0.429	0.000
10	RAPID	0.572	0.146	1	0.000	0.286	0.571	0.143	0.143	0.143	0.000	0.000
11	RIFFLE	0.166	0.114	0	0.571	0.429	0.000	0.000	0.571	0.143	0.143	0.000
12	WATERFALL	0.059	0.460	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	RAPID	0.303	0.228	1	1.000	0.000	0.000	0.000	0.286	0.286	0.000	0.000
14	RAPID	0.059	0.378	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

In modo analogo ai precedenti, sono costruiti i file della probabilità di abbondanza (Figura 2.20) che però viene calcolata solo per le UMI la cui probabilità di presenza è risultata superiore a 0.5. In questo caso i possibili colori per le UMI sono tre:

- Il verde viene usato per le UMI che hanno la probabilità di abbondanza superiore a 0.5, di conseguenza anche la loro probabilità di presenza è risultata superiore al medesimo valore;
- Il giallo viene usato per le UMI che hanno la probabilità di abbondanza inferiore a 0,5;
- Il bianco viene usato per le UMI di cui non è stata calcolata la probabilità di abbondanza, ovvero per cui la probabilità di presenza è risultata inferiore a 0,5 (sono le UMI che nelle mappe con la probabilità di presenza erano riportate in rosso).

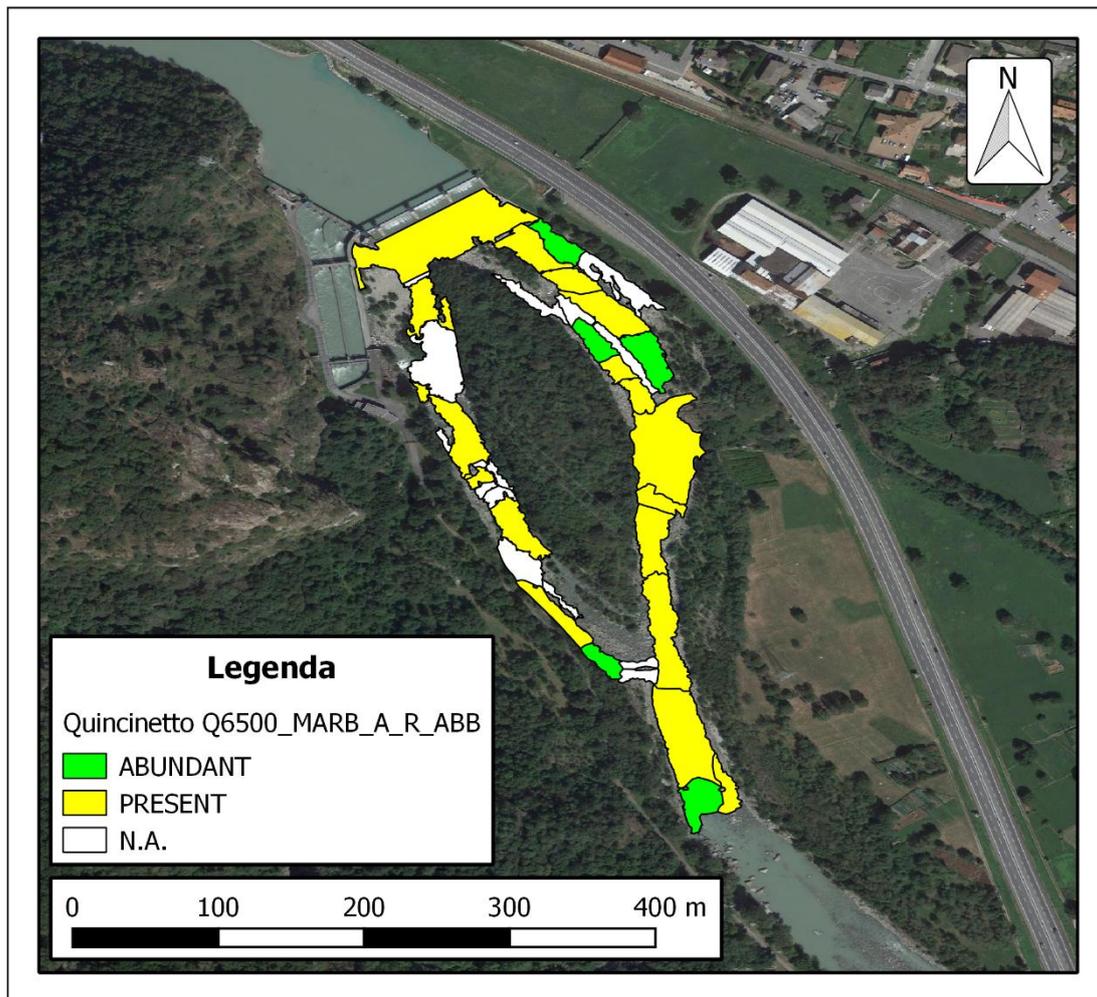


Figura 2.20 - Mappa con la classificazione della probabilità di abbondanza alla portata di $6.5 \text{ m}^3/\text{s}$ per il sottotratto della Dora Baltea oggetto di studio.

Nella cartella "Habitat_suitability" sono contenute le mappe delle UMI classificate e colorate secondo i risultati dei modelli biologici in ottimali, idonee e non idonee (Figura 2.210). Nella stessa cartella si trova un file di testo denominato <nome fiume>_Area_Values composto da tre tabelle di sintesi dei risultati ottenuti dalle analisi statistiche. Per ogni rilievo viene calcolata l'area disponibile attraverso la somma pesata dell'area idonea e dell'area ottimale (Tabella 2.4).

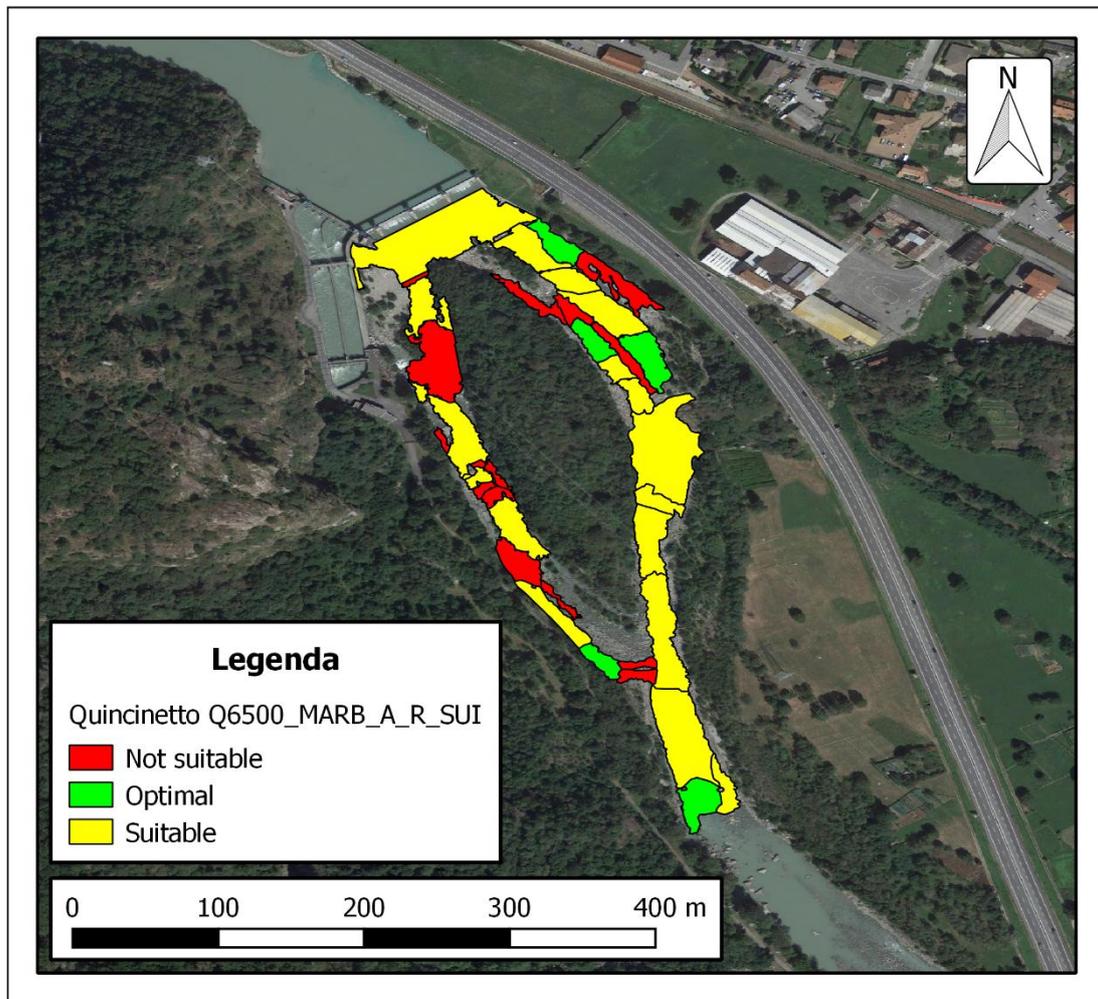


Figura 2.210 – Mappa con la classificazione delle UMI per il rilievo effettuato alla portata di 6.5 m³/s per il sottotratto della Dora Baltea oggetto di studio.

Tabella 2.4 - Tabelle del file Saint Marcel_Area_Values per il progetto sul torrente Saint Marcel.

Available area [sqm]		
DIS	WET	BROW_A_R
0.177	180.816	0
0.478	195.129	0
0.745	214.378	29.822
1.532	296.787	8.888

Suitable area [sqm]		
DIS	WET	BROW_A_R
	0.18	180.82
	0.48	195.13
	0.74	214.38
	1.53	296.79

Optimal area [sqm]		
DIS	WET	BROW_A_R
	0.18	180.82
	0.48	195.13
	0.74	214.38
	1.53	296.79

Nella cartella "Habitat_flow_rating_curves" sono riportate le curve habitat-portata. I valori delle curve habitat-portata sono ricavati a partire dai dati contenuti nel file <nome fiume>_Area_Values, attraverso un'interpolazione effettuata in corrispondenza di 13 punti equidistanziati nell'intervallo che va dalla portata nulla alla massima portata riscontrata durante i rilievi. SimStream restituisce un file in formato PDF (Figura 2.22) con il grafico contenente l'area disponibile in percentuale (asse di sinistra) e in m² (asse di destra). Viene fornito un file, omonimo al precedente, in formato txt contenente due tabelle con i valori numerici delle curve habitat-portata, nella prima espressi in percentuale e nella seconda espressi in metri quadrati.

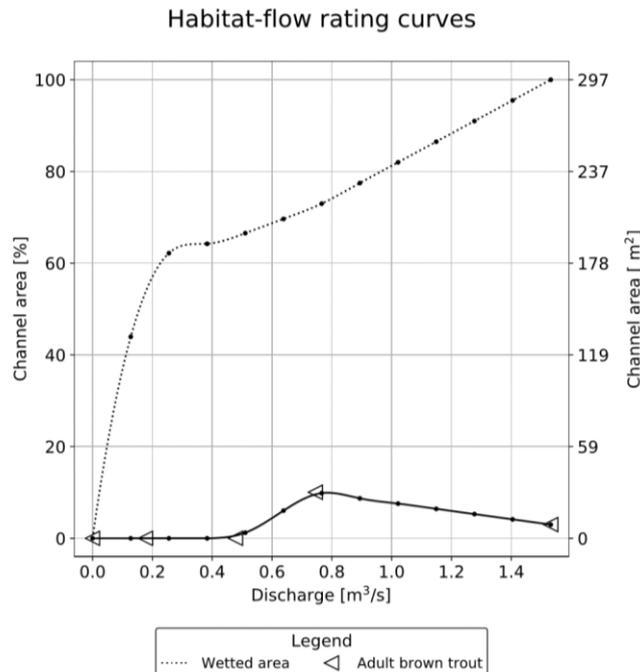


Figura 2.22 - Curva habitat-portata per la specie Adult Brown Trout sul sottotratto in questione del torrente Saint Marcel. Viene riportata anche l'area totale (Wetted area).

Nella cartella "Streamflow_habitat_time_series" sono presenti tante cartelle quanti i diversi scenari alterati che si sono definiti in fase di caricamento delle serie di portata. Ognuna di queste sottocartelle contiene un PDF con le serie di portata di riferimento e alterata (Figura 2.23). Per ogni specie considerata si trovano un file .txt con le serie di habitat e un file PDF raffigurante le medesime serie (Figura 2.24).

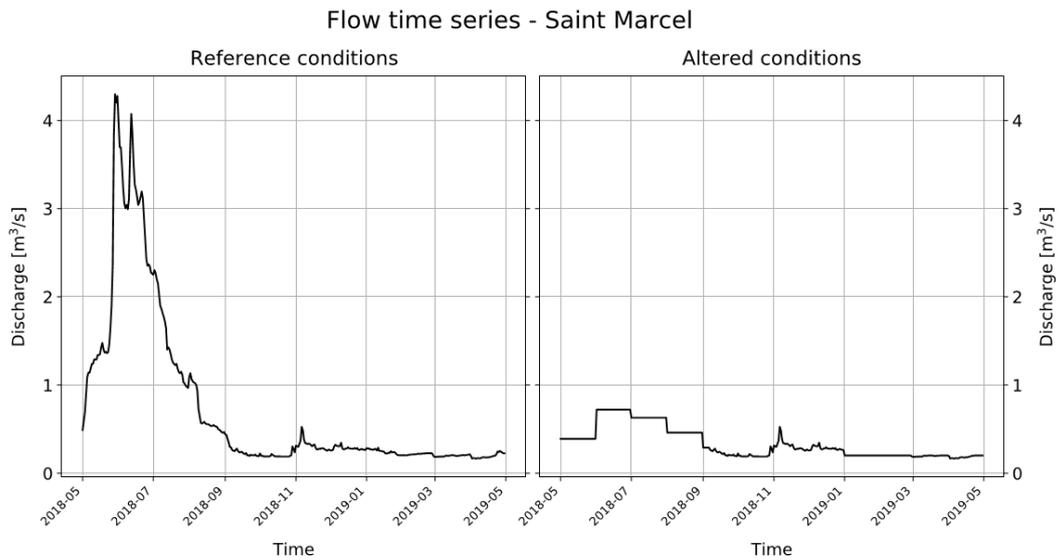


Figura 2.23 – Esempio di rappresentazione delle serie di portata del torrente Saint Marcel.

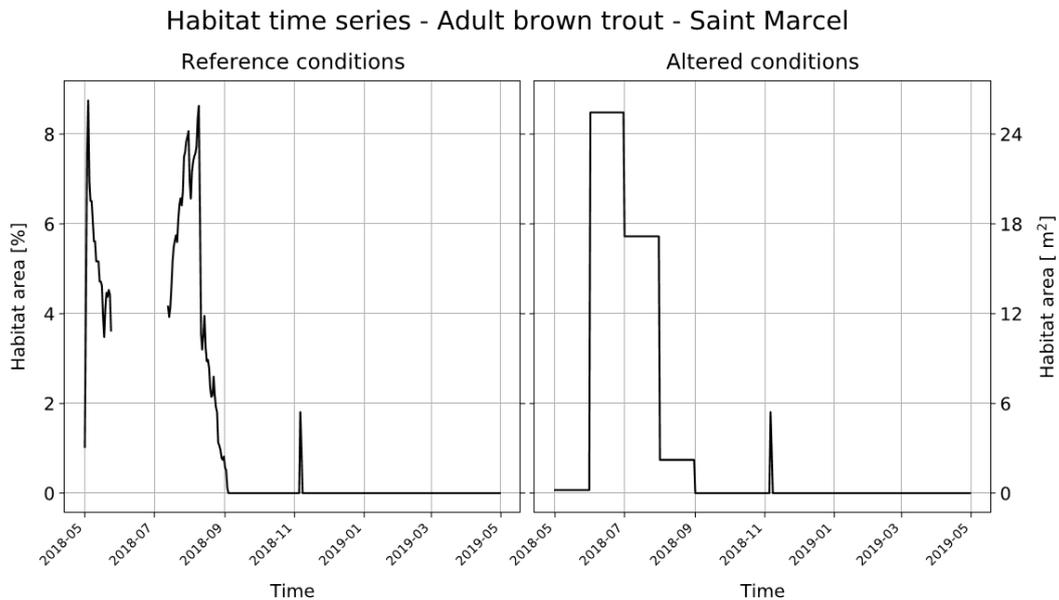


Figura 2.24 - Esempio di rappresentazione delle serie di habitat (torrente Saint Marcel). L'assenza di dati per le condizioni di riferimento durante l'estate del 2018 è da imputarsi all'elevata portata che supera la massima portata misurata durante i rilievi.

Nella cartella “UCUT_curves” è presente una sotto-cartella per ogni scenario alterato all’interno delle quali sono contenute tre file per ogni specie che si è inserita. Due file di testo riportano in tabella i valori delle curve UCUT, in un caso reference e nell’altro altered, calcolate per tutte le soglie di habitat intere e non degeneri, un file PDF raffigura le medesime UCUT (Figura 2.25).

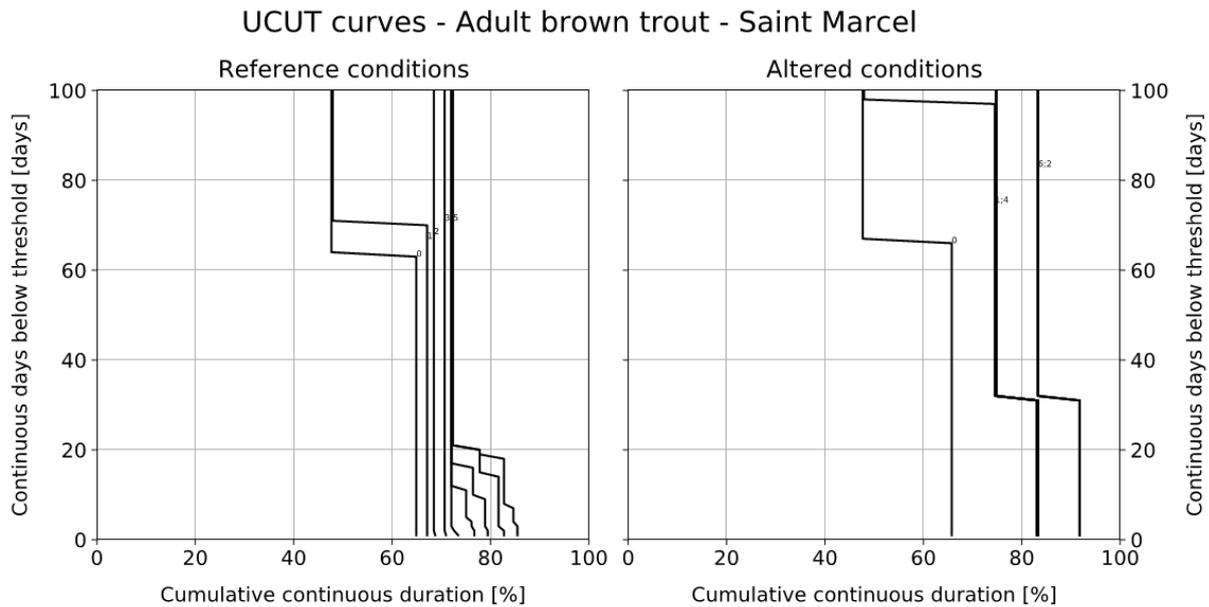


Figura 2.25 – Esempio di rappresentazione delle curve UCUT (torrente Saint Marcel).

Nella cartella “Habitat_integrity_index” sono presenti tre file di sintesi che riportano i valori degli indici definiti dalla metodologia MesoHABSIM. Un file di testo riassume in tabella gli indici ISH e ITH per ognuna delle specie inserite e per ognuno degli scenari alterati definiti in fase di caricamento. I valori di IH sono disponibili in un file txt la cui rappresentazione grafica tramite istogramma è contenuta in un PDF. Una sotto-cartella per ognuno degli scenari alterati contiene nel dettaglio i risultati dell’analisi statistica sulle serie. Nello specifico esse contengono:

- Un file PDF con la rappresentazione grafica delle serie di habitat in condizioni di riferimento e alterate con l’indicazione su ognuna della media e della soglia AQ97 arrotondata all’intero superiore (Figura 2.26);
- Un file PDF con la rappresentazione grafica delle UCUT corrispondenti alla soglia AQ97 (Figura 2.27);
- Un file di testo che riassume i parametri calcolati per lo scenario in questione (Figura 2.28).

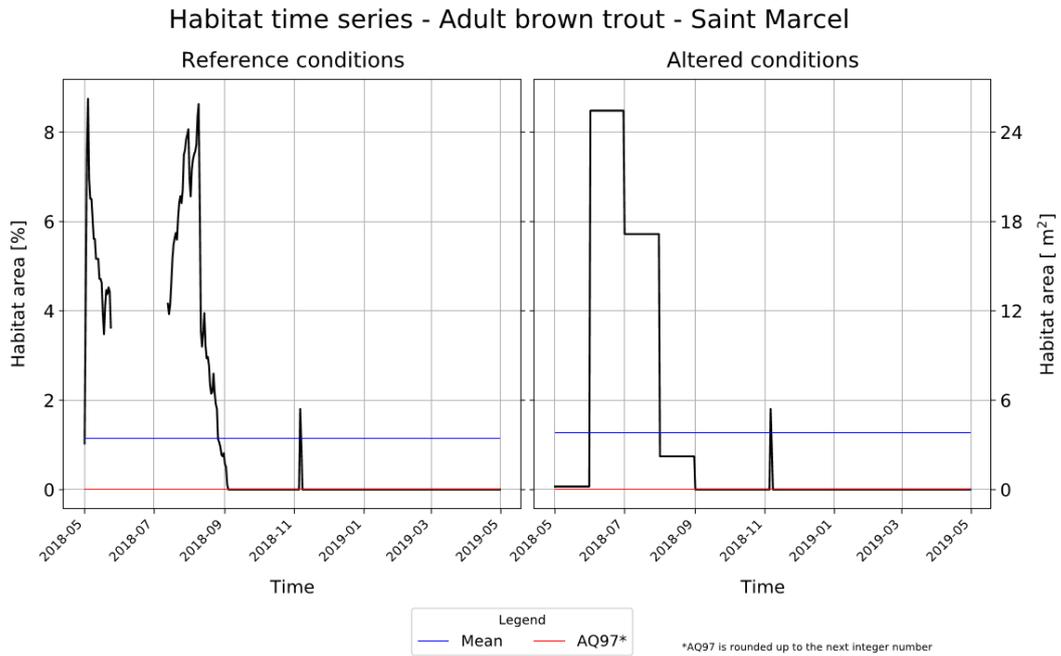


Figura 2.26 - Esempio di rappresentazione delle serie di habitat con indicazione della media e della soglia AQ97arrotondata all'intero superiore (torrente Saint Marcel).

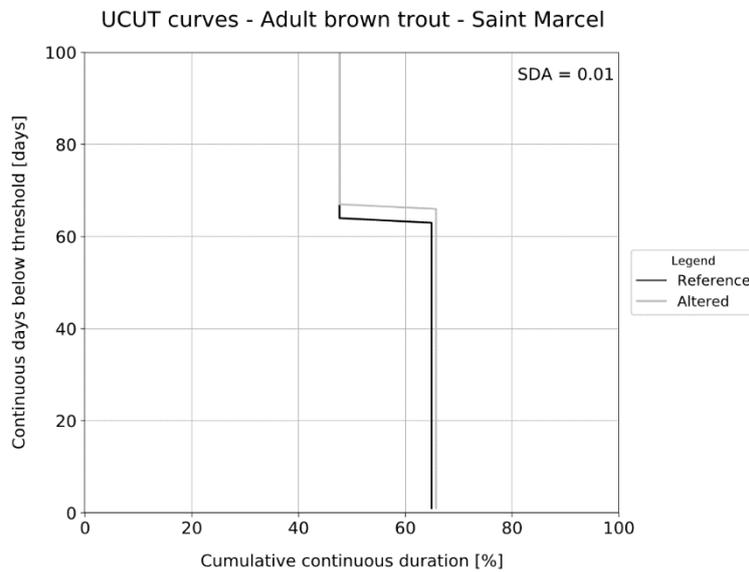


Figura 2.27 - Esempio di rappresentazione delle curve UCUT associate alla soglia AQ97 (torrente Saint Marcel).

```

River      Saint Marcel
Q97 [m3/s] 0.18
IH        0.9
-----
The Index of Spatial Habitat availability (ISH)
describes the average amount of habitat loss
due to a particular pressure.

The Index of Temporal Habitat availability (ITH)
measures the increase of continuous duration of
events below AQ97 [%]. To build UCUT curves and
to calculate ITH, AQ97 is rounded up to the next
integer number (rounded value is shown in brackets).
-----

Adult brown trout
AHdr [%]   1.15
AHd [%]   1.26
ISH       0.9
AQ97 [%]  0.0 - (0)
SDA [-]   0.01
ITH       1.0
    
```

Figura 2.28 - Esempio di file di sintesi dei risultati ottenuti tramite l'uso di SimStream-Web (torrente Saint Marcel).

2.7 What's new

2.7.1 Inserimento diretto della relazione Habitat-Portata da progetti precedenti

Con SimStream-Web è stata introdotta una nuova funzionalità che permette agli utenti di risparmiare tempo nel caso in cui si debba effettuare un'analisi con nuove serie di portata per un sottotratto che è già stato analizzato in un precedente progetto. Questa funzionalità consente di evitare il caricamento dei file relativi ai rilievi idromorfologici e di adoperare le curve habitat-portata calcolate in precedenza.

Per usare questa funzionalità è sufficiente selezionare per la voce "Habitat-flow rating curve available?" nella sezione "Site data", l'opzione "Yes, take the curve from a previous MesoHABSIM project" (Figura 2.29).

The screenshot shows the 'Site data and project settings' form in the SimStream web application. The form includes several input fields: (*) Project, (*) River, (*) Site, Country, Municipality, Region, and Province. There are also two dropdown menus: 'Temporary river?' with the selected option 'No, the stream flows continuously during the year (perennial river)', and 'Habitat-flow rating curve available?' which is highlighted with a red box and shows the selected option 'No previous MesoHABSIM project available'. A green 'Create Project' button is located at the bottom left, and a blue 'Help?' button is at the top right. A small note '(*) Mandatory fields' is visible at the bottom right of the form area.

Figura 2.29 - Indicazione dell'opzione "Habitat-flow rating curve available?" nella sezione "Site data" di SimStream-.Web.

A questo punto compaiono a schermo due ulteriori campi che permettono di scegliere il progetto del quale si intende adoperare la curva habitat-portata (Figura 2.30).

This screenshot shows the same 'Site data and project settings' form as Figure 2.29, but with different selections. The 'Habitat-flow rating curve available?' dropdown is now set to 'Yes, take the curve from a previous MesoHABSIM project'. Below it, a new dropdown menu 'Choose a project (perennial river)' is visible, with the selected option 'Please select an option'. The 'Temporary river?' dropdown remains the same. The 'Create Project' button and 'Help?' button are still present. The '(*) Mandatory fields' note is also visible.

Figura 2.30 - Opzioni di caricamento delle curve habitat-portata precedentemente calcolate.

A questo punto si può cliccare su Create Project e, se l'operazione va a buon fine, compare a schermo il tasto next che conduce alla sezione "Surveys" nella quale è riportata la dicitura:

“Hydro-morphological data not needed: they are already present in the project. Please skip to next step.” Si prosegue dunque con il caricamento delle serie di portata senza dover passare per l’upload dei file riguardanti i rilievi idromorfologici.

Per gli utenti trusted è disponibile un’ulteriore opzione di caricamento che prevede l’inserimento del file di testo denominato <nome torrente>_Area_Values generato come output da SimStream e contenuto nella cartella Habitat_suitability (Tabella 2.4). Il file in questione deve essere opportunamente modificato eliminando la prima riga e le due tabelle Suitable area e Optimal area (Figura 2.31).

Habitat-flow rating curve input

Direct upload of the habitat-flow rating curve txt file

Habitat-flow rating curve from a .txt file

No file chosen Browse

Tip: You can find the data among project results, in Habitat_suitability folder. Data for the curve are reported in the habitat_suitability folder, in the first table of the <rivername>_Area_Values.txt file. Please note that the first description line of that file must be deleted, as well as the last two tables.

Figura 2.31 - Opzioni di caricamento del file di testo contenente le curve habitat-portata.

Questa nuova feature è molto utile nel caso in cui si vogliano calcolare gli indici di integrità dell’habitat fluviale su tratti di fiume già analizzati ma con nuove serie di portata per le condizioni alterate. Tale operazione è alla base delle analisi svolte in fase di pianificazione dei deflussi minimi, operazione nella quale è necessario bilanciare le esigenze dei prelievi con la necessità biologiche della comunità ittica locale. Si può infatti procedere per tentativi inserendo di volta in volta serie di portate opportunamente modificate in base alle esigenze dei prelievi e agli output precedenti.

2.7.2 Applicazione ai corsi d’acqua temporanei

Con il lancio di SimStream-Web è stata introdotta una nuova importante funzionalità che permette l’applicazione della metodologia MesoHABSIM anche al caso di fiumi temporanei. Nella precedente versione si potevano analizzare solamente sotto-tratti di corsi d’acqua perenni, ovvero in cui il deflusso è continuo e non è soggetto a periodi di magra in cui il tratto in questione è privo di acqua corrente. I fiumi temporanei sono invece caratterizzati dall’assenza di deflusso superficiale in determinati periodi dell’anno, durante i quali l’alveo può tuttavia ospitare alcuni ristagni di acqua che possono risultare idonei ad ospitare una comunità animale. Nel caso in cui tali ristagni non siano in diretto contatto con la falda acquifera, essi tendono ad evaporare e quindi a prosciugarsi. Data l’importanza della nuova

feature e la novità introdotta nell'algoritmo, si è dovuto ricorrere a un beta testing approfondito per l'applicazione ai fiumi temporanei. Si è nel seguito dedicato un capitolo all'applicazione ai corsi d'acqua temporanei (Capitolo 4).

3 Beta testing del servizio SimStream-Web

Il beta testing è la fase dello sviluppo di un software in cui una versione non definitiva dello stesso viene sottoposta a delle prove di collaudo in modo da poterne verificare il funzionamento. Questa fase consiste nella ricerca di eventuali bug, ovvero funzionamenti errati del software, che potranno così esseri corretti attraverso un'opportuna attività di debugging prima del rilascio al pubblico del software. L'attività del beta tester consiste dunque nell'uso del software e, nel caso in cui si riscontrassero problematiche relative al suo funzionamento, nella tempestiva comunicazione dei bug agli sviluppatori.

Anche il software SimStream-Web ha richiesto un'opportuna fase di beta testing che andasse a verificare le varie parti del processo di calcolo, in modo da evidenziare la corretta applicazione della metodologia MesoHABSIM. Il processo di beta testing del servizio SimStream-Web effettuato nell'ambito del presente lavoro di tesi può essere schematizzato secondo quanto riportato in Figura 3.1.

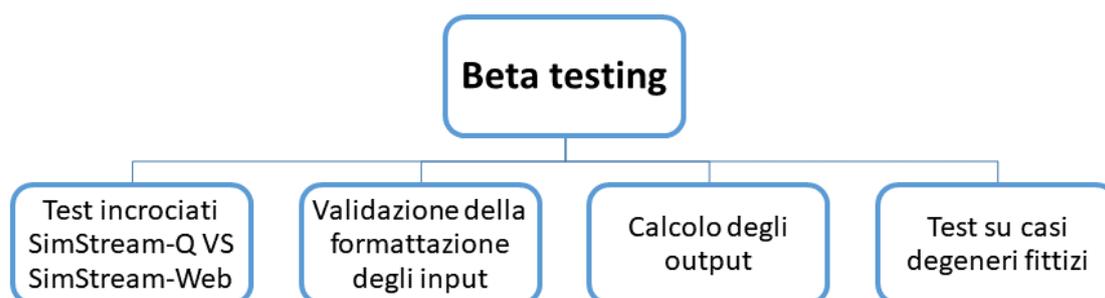


Figura 3.1 – Schematizzazione delle varie fasi di cui si compone il beta testing del servizio SimStream-Web.

Ad ognuna delle varie fasi elencate nella precedente immagine è in seguito dedicato un sottocapitolo, nel quale vengono trattati nel dettaglio la procedura utilizzata e i risultati ottenuti dalla sua applicazione.

Durante le fasi dello sviluppo, il servizio SimStream-Web è stato reso disponibile, nelle sue versioni beta, ad un ristretto numero di persone attraverso un server del Politecnico di Torino all'indirizzo web <https://idraulici-wks2.polito.it/app/home/>. Le persone aventi accesso al server hanno così potuto testare il software, in modo da fornire importanti indicazioni agli sviluppatori.

In prossimità del rilascio del software, l'attività di beta testing si è intensificata grazie alla collaborazione di più persone facenti parte del team del Politecnico di Torino. Partendo dalle indicazioni degli sviluppatori si è giunti alla definizione di un processo di testing standardizzato che verrà eseguito ad ogni rilascio degli aggiornamenti futuri. In questo modo si è creata una gerarchizzazione del processo di collaudo in modo che ogni membro del team

abbia una determinata funzione e un determinato caso da testare. Così facendo il processo di collaudo risulta essere più snello e la procedura più rigorosa.

3.1 Calcolo degli output

Come attività preliminare al beta testing vero e proprio, si sono sviluppati i calcoli che sono svolti dal software SimStream per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM. Oltre alla funzione di validazione degli output, questa operazione ha permesso di comprendere nei dettagli i vari passaggi della metodologia. Il calcolo degli output è stato condotto tramite l'uso di fogli di calcolo in Excel e la creazione di script in Python. Gli script in questione sono stati adoperati nelle successive fasi del collaudo per indagare sulla possibile causa di anomalie riscontrate su determinati output dei progetti caricati su SimStream.

In questa fase si è proceduti spaccettando l'algoritmo di calcolo in vari passaggi, ognuno dei quali caratterizzato da determinati input che dopo essere elaborati dal processo di calcolo generano gli output. I file di output dei vari passaggi costituiscono gli input di quello successivo. Questo processo a cascata comincia dai file di input richiesti da SimStream e finisce con la determinazione del valore degli indici di disponibilità di habitat.

3.1.1 Descrizione dei calcoli

Nel seguito è riportata la descrizione sintetica dei vari passaggi di calcolo. Non viene riportata, poiché al di fuori del lavoro oggetto di tesi, la procedura relativa all'applicazione statistica dei modelli biologici che per il beta testing in questione è stata assunta per corretta. Una volta definiti, gli script per i calcoli sono stati testati tramite l'uso di file di output di progetti correttamente eseguiti su SimStream-Q, in modo da verificarne l'effettivo funzionamento.

3.1.1.1 Calcolo degli istogrammi di frequenza

Il calcolo degli istogrammi di distribuzione di frequenza ha come file di input le misurazioni puntuali di velocità, profondità e substrato. I valori che sono riportati nella tabella dei rilievi devono essere classificati in base alle categorie definite dalla metodologia. Uno stralcio dello script relativo agli istogrammi è riportato nel seguito, nello specifico viene riportata la parte relativa al calcolo degli istogrammi per la tipologia di substrato, il processo è analogo per gli altri due campionamenti.

```
#creazione delle liste vuote per le 3 categorie
depth = []
vel = []
sub = []

#lettura del file e inserimento dei valori nelle 3 liste vuote
with open(r'D:/Poli/Tesi/04_calcoli/Input/Q15/Olen-meas-11-04-2015-15ls.csv', newline='') as data_csv:
```

```
data_reader = csv.DictReader(data_csv)
for row in data_reader:
    prof = (row['DEPTH'])
    depth.append(float(prof))
    v = (row['VELOCITY'])
    vel.append(float(v))
    s = (row['SUBSTRATE'])
    sub.append((s))

#definizione delle classi
classi_sub = ['GIGALITHAL', 'MEGALITHAL', 'MACROLITHAL', 'MESOLITHAL',
'MICROLITHAL', 'AKAL', 'PSAMMAL', 'PELAL', 'DETRITUS', 'XYLAL',
'SAPROPEL', 'PHYTAL']
classi_vel = ['CV_15', 'CV15_30', 'CV30_45', 'CV45_60', 'CV60_75',
'CV75_90', 'CV90_105', 'CV105_120', 'CV120']
classi_depth = ['D_15', 'D15_30', 'D30_45', 'D45_60', 'D60_75',
'D75_90', 'D90_105', 'D105_120', 'D120']

#creazione liste vuote per istogrammi
istogramma_vel = [0] * len(classi_vel)
istogramma_sub = [0] * len(classi_sub)
istogramma_depth = [0] * len(classi_depth)

istogramma_vel_rel = []
istogramma_sub_rel = []
istogramma_depth_rel = []

#calcolo istogramma substrato
for x in sub:
    for classi in classi_sub:
        if x == classi:
            indice = classi_sub.index(classi)
            istogramma_sub[indice] += 1

for x in istogramma_sub:
    istogramma_sub_rel.append(x / len(depth))
```

3.1.1.2 Calcolo della disponibilità di habitat

Partendo dai file generati dall'applicazione dei modelli statistici di presenza e abbondanza si è applicata la formula per il calcolo dell'area disponibile sui vari rilievi. Lo script per questa determinata fase è il seguente:

```
aree = []
with open('Saint Marcel_03_10_2017_Q162_DATA.csv', newline='') as
data_csv:
    data_reader = csv.DictReader(data_csv)
    for row in data_reader:
        area = (row['AREA'])
        aree.append(float(area))

tot_area = sum(aree)

prob_pre = []
```

```
with open('Saint Marcel_03_10_2017_Q162_BROW_A_R_PRE.csv', newline='')
as data_csv:
    data_reader = csv.DictReader(data_csv)
    for row in data_reader:
        if row['PROB'] == '':
            prob_pre.append(float(0))
        else:
            prob_pre.append(float(row['PROB']))

print(type(prob_pre[1]))
print(type(prob_pre[6]))

prob_abb = []

with open('Saint Marcel_03_10_2017_Q162_BROW_A_R_ABB.csv', newline='')
as data_csv:
    data_reader = csv.DictReader(data_csv)
    for row in data_reader:
        prob = row['PROB']
        prob_abb.append(float(prob))

print(type(prob_abb[1]))

i = 0
area_suit = 0
area_opt = 0
soglia = 0.5
while i < len(aree):
    if prob_pre[i] < soglia:
        i = i + 1
    else:
        if prob_pre[i] > soglia:
            if prob_abb[i] > soglia:
                area_opt = area_opt + aree[i]
            else:
                area_suit = area_suit + aree[i]
        i = i + 1

area_disp = area_opt * 0.75 + area_suit * 0.25
area_disp_perc = area_disp / tot_area * 100

print(area_disp)
print(area_disp_perc)
```

3.1.1.3 Calcolo delle curve habitat-portata e delle serie di habitat

Le curve habitat-portata sono calcolate attraverso un'interpolazione a partire dai valori di disponibilità di habitat ricavati al punto precedente. L'intervallo di portata tra zero e il massimo valore di portata misurato durante i rilievi è suddiviso in dodici intervalli di uguale estensione per quanto riguarda il caso di corsi d'acqua perenni. Su ognuno dei tredici punti che suddividono il range di portate viene calcolata l'area disponibile attraverso un'interpolazione lineare sui valori di portata corrispondenti ai rilievi. Al valore di portata

nullo è associato una disponibilità di habitat nulla. Per quanto concerne i corsi d'acqua temporanei, per la definizione delle curve habitat-tempo-portata si suddivide l'intervallo in ascissa in sedici parti.

Nel seguito è riportato l'estratto di codice che, partendo dalla lettura dei file con la disponibilità di area, permette di ricavare i valori delle curve habitat-portata nel caso di fiumi perenni.

```
#crazione delle liste vuote
portate_rilievi = []
wet_rilievi = []
brow_rilievi = []
marb_rilievi = []

#lettura di area values (lista portate, lista wet, liste specie)
with
open(r'C:\Users\andero\Desktop\Calcoli\Output\3_Habitat_suitability\0
len_Area_Values.csv', newline='') as data_csv:
    data_reader = csv.DictReader(data_csv)
    for row in data_reader:
        x = (row['DIS'])
        portate_rilievi.append(float(x))
        x = (row['WET'])
        wet_rilievi.append(float(x))
        x = (row['BROW_A_R'])
        brow_rilievi.append(float(x))
        x = (row['MARB_A_R'])
        marb_rilievi.append(float(x))

passo_portate = max(portate_rilievi) / 12
portate = []
i = 0
while i < 13:
    portate.append(passo_portate * i) #valori di portata in cui
    calcolare le flow rating curves
    i += 1

portate_rilievi_zero = [0]
brow_rilievi_zero = [0]
for x in portate_rilievi:
    portate_rilievi_zero.append(x)
for x in brow_rilievi:
    brow_rilievi_zero.append(x)

area_sqm_brow = [0]
#i = 0
for portata in portate:
    i = 0
    while i < len(portate_rilievi):
        if portata == portate_rilievi[i]:
            area_sqm_brow.append(brow_rilievi[i])
        if portata > portate_rilievi[i] and portata < portate_rilievi[i
+ 1]:
            inferiore = i
            superiore = i + 1
```

```

        slope = (brow_rilievi[superiore] -
brow_rilievi[inferiore]) / (portate_rilievi[superiore] -
portate_rilievi[inferiore])
        area_sqm_brow.append((brow_rilievi[inferiore]) + (portata
- portate_rilievi[inferiore]) * slope)
        i += 1
    else:
        i += 1

```

Con un procedimento analogo a quanto mostrato nello script precedente, si interpolano i singoli valori delle serie di portata sulle curve appena calcolate, giungendo così alla creazione delle serie di habitat. Nel caso in cui ci siano nelle serie di portata dei giorni dove si superi il valore massimo di portata misurato durante i rilievi, il processo di calcolo non esegue un'estrapolazione e si assegna a questi giorni il valore NaN (Not a Number).

3.1.1.4 Calcolo delle curve UCUT

Sebbene in output vengano riportate tutte le curve UCUT associate a valori di soglia interi che non generino curve degeneri, per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM basterebbe calcolare le UCUT associate alla soglia AQ97 arrotondata all'intero superiore. AQ97 è definita come la soglia di habitat corrispondente al 97° percentile di portata in condizioni di riferimento. Il processo di calcolo delle curve UCUT può essere schematizzato come segue:

- 1) calcolare il valore di portata corrispondente al 97° percentile della serie di riferimento (Q97) ordinando le portate in ordine crescente;
- 2) calcolare la soglia AQ97 associata a Q97 attraverso un'interpolazione sui valori delle habitat flow rating curves;
- 3) arrotondare AQ97 all'intero superiore (AQ97 ceiled);
- 4) generare un vettore contenente la durata in giorni consecutivi sottosoglia della serie di habitat;
- 5) ordinare in ordine decrescente il vettore generato al punto precedente;
- 6) generare un vettore in cui ogni valore è la cumulata degli intervalli sottosoglia del vettore precedentemente definito;
- 7) calcolare la percentuale della cumulata sul totale della serie;
- 8) generare il vettore finale della UCUT in questione facendo la differenza tra i valori di cumulata successivi e generando un numero di valori nella lista pari al passo aventi valore identico a quello della cumulata percentuale associata al dato intervallo sottosoglia.

Nel caso in cui nella serie di riferimento non ci siano valori su alcune giornate della serie, l'eventuale periodo sotto soglia che li racchiude viene considerato interrotto da essi.

3.1.1.5 Calcolo dell'indice ISH

L'indice di alterazione spaziale dell'habitat è calcolato a partire dalle serie di habitat in condizioni di riferimento e alterate e quantifica la differenza relativa tra la media di habitat delle due serie. I file di input sono le due serie di habitat definite precedentemente. Lo script riguardante l'ISH è riportato di seguito.

```
serie_habitat_rif = []
serie_habitat_alt = []

#importazione delle serie di habitat (riferimento e alterata)
with
open(r'C:\Users\andero\Desktop\Calcoli\Output\5_Streamflow_habitat_time_series\Scenario_ALTERED_1\Habitat_time_series_Adult_marble_trout_0len.csv', newline='') as data_csv:
    data_reader = csv.DictReader(data_csv)
    for row in data_reader:
        rif = (row['HAB_REF [sqm]'])
        alt = (row['HAB_ALTER [sqm]'])
        try:
            serie_habitat_rif.append(float(rif))
        except:
            continue
        try:
            serie_habitat_alt.append(float(alt))
        except:
            continue

#calcolo delle medie in condizioni di riferimento e alterate
somma_rif = sum(serie_habitat_rif)
somma_alt = sum(serie_habitat_alt)
AHdr = somma_rif / len(serie_habitat_rif)
AHd = somma_alt / len(serie_habitat_alt)

#calcolo ISH
rapporto = abs(AHdr - AHd) / AHdr
if rapporto <= 1:
    ish = 1 - rapporto
else:
    ish = 0
```

3.1.1.6 Calcolo dell'indice ITH

L'indice di alterazione temporale dell'habitat fluviale è calcolato, come visto nel primo capitolo, attraverso la definizione dell'alterazione complessiva nel numero di giorni di stress. Il calcolo dell'ITH ha come dati di input le curve UCUT associate alla soglia AQ97 ceiled, il processo è riportato nello script seguente.

```
#importazione dei valori UCUT di riferiemnto
col_num = 11
col_s6_rif = []
rif = []
```

```
with
open(r"D:\Poli\Tesi\valori_degeneri_ITH\project_1211_download\UCUT_curves\Scenario_ALTERED_1\Reference_UCUT_curves_Juvenile_trout_Saint_Marcel.txt") as riferimento:
    dati = riferimento.readlines() #tabella
    print(dati)
    for line in dati:
        col_s6_rif.append(line.strip().split('\t')[1])
        #strip to remove the \n
        #split at every interval of comma
        #second element is indexed 1

#importazione dei valori UCUT alterati S-6
col_num = 1 #indice colonna di interesse
col_s6_alt = [] #vettore con dati s6
rif = []
with open("Altered_UCUT_curves_Adult_brown_trout_Olen.txt") as riferimento:
    dati = riferimento.readlines() #tabella
    print(dati)
    for line in dati:
        col_s6_alt.append(line.strip().split('\t')[2])
        #strip to remove the \n
        #split at every interval of comma
        #second element is indexed 1

col_s6_alt.pop(0) #tolgo il primo valore (intestazione excel)
col_s6_rif.pop(0)

#cambio dei valori delle liste da str a float
i = 0
s6_alt = []
s6_rif = []
for item in col_s6_alt:
    s6_alt.append(float(item))
for item in col_s6_rif:
    s6_rif.append(float(item))

#calcolo massima durata in condizioni di riferimento, tempi su cui si fa la sommatoria
i = 0
count = 0 #dmagr: massima durata in condizioni riferimento
rapporti = []
for num in s6_rif:
    if num != 0:
        count = count + 1

#calcolo del rapporto nella sommatoria
while i < count:
    numeratore = s6_alt[i] - s6_rif[i]
    denominatore = s6_rif[i]
    rapporto = numeratore / denominatore
    rapporti.append(rapporto)
    i = i + 1
sommatoria = sum(rapporti)
sda = sommatoria / count

ith = math.exp(-0.38 * sda)
```

3.2 Test incrociati tra SimStream-Q e SimStream-Web

Il servizio SimStream-Web ha come base il suo predecessore, ovvero il software operante come plugin in ambiente QGIS. Entrambi portano alla definizione degli indici di integrità dell'habitat fluviale secondo la medesima procedura definita dalla metodologia MesoHABSIM. Anche il servizio SimStream-Q era stato sottoposto a un beta testing prima del suo rilascio, durante il periodo in cui è rimasto operativo è stato più volte migliorato attraverso una serie di successivi aggiornamenti. Nelle prime fasi in cui la versione beta di SimStream-Web è stata resa disponibile, si sono provveduti a testare una serie di progetti che in precedenza erano già stati usati sul plugin SimStream-Q. Verificando che gli output ricavati tramite il servizio SimStream-Web e il plugin coincidessero si è effettuata una prima validazione sugli output della nuova versione.

Una differenza importante tra le due versioni del software risiede nella procedura di validazione degli input che, per il servizio SimStream-Web è più stringente. In alcuni casi non è stato possibile caricare gli stessi identici file di input. I file che non sono accettati dalla validazione di SimStream-Web devono essere modificati secondo i messaggi di errore che compaiono a schermo all'atto del caricamento. Così facendo si è potuto testare anche l'accuratezza dei messaggi di errore e non solo il funzionamento della validazione. In virtù di quanto appena riportato, il caricamento per SimStream-Web dei progetti in questione ha richiesto alcune modifiche agli input che però non hanno riguardato i valori numerici dei file, i risultati mostrati negli output dovrebbero dunque essere assimilabili nei due casi.

Le operazioni di beta testing descritte in questo sotto-capitolo sono riassumibili come segue:

- 1) caricamento di un progetto su SimStream-Q;
- 2) caricamento del medesimo progetto su SimStream-Web, opportunamente modificato per superare la validazione più stringente;
- 3) confronto tra i risultati ottenuti tramite SimStream-Q e quelli ottenuti tramite SimStream-Web.

Nei paragrafi seguenti sono riportate le descrizioni dei progetti adoperati e i risultati ottenuti dalla loro applicazione.

3.2.1 Descrizione

Per i test incrociati tra plugin e servizio web si sono adoperati due distinti progetti riferiti al torrente Saint Marcel (AO) denominati "Saint Marcel A" e "Saint Marcel B". Ognuno di questi progetti è composto da quattro differenti rilievi effettuati a portate diverse secondo quanto riportato in Tabella 3.1. Le serie di portata prevedono invece l'analisi di 5 serie in condizioni alterate per il caso A e di 2 serie in condizioni alterate per il caso B. Il file di testo con le serie di portata ha richiesto una lieve modifica per poter essere caricato su SimStream-Web in

quanto presentava simboli di tabulazione dopo l'ultima colonna che con il nuovo processo di validazione non sono più accettati dal sistema.

Tabella 3.1 - Indicazione delle portate associate ai rilievi effettuati per i casi Saint Marcel A e Saint Marcel B.

Rilievo	Portata [m ³ /s]	
	Saint Marcel A	Saint Marcel B
1	0.162	0.177
2	0.328	0.478
3	0.638	0.745
4	1.216	1.532

Il caricamento dei file è proceduto senza ulteriori problemi. Per l'analisi in questione si è adoperata la specie trota fario, sia allo stadio adulto che allo stadio giovane. Si è dunque proceduto all'analisi di eventuali discrepanze tra i file di output delle due versioni.

3.2.2 Risultati ottenuti

Tramite l'applicazione della procedura appena descritta è stato possibile individuare la presenza di differenze tra l'algoritmo di SimStream-Web e quello di SimStream-Q per alcune tipologie di output. Nei seguenti paragrafi sono riportate nel dettaglio le analisi effettuate e gli output che hanno permesso di individuare alcuni malfunzionamenti.

3.2.2.1 Baco calcolo probabilità

Per prima cosa si sono analizzati i valori degli indici ISH e ITH che costituiscono gli output finali del software. Per il caso Saint Marcel B non si sono riscontrate differenze mentre per il caso Saint Marcel A si notano alcune discrepanze tra i valori di ISH per quattro dei cinque scenari (Tabella 3.2).

Tabella 3.2 - Riassunto dei valori di ISH e ITH per il caso Saint Marcel A, nella tabella sotto sono riportati gli output di SimStream-Web mentre nella tabella alla pagina seguente quelli relativi a SimStream-Q. In rosso sono evidenziati i valori degli indici che differiscono tra le due versioni.

SimStream-Web	Scenario	BROW_A_R_ISH	BROW_A_R_ITH	TROU_J_R_ISH	TROU_J_R_ITH
	ALTERED_1	1	1	1	1
	ALTERED_2	0.79	1	0.86	0.58
	ALTERED_3	0.75	1	0.77	0.78
	ALTERED_4	0.72	1	0.93	0.58
	ALTERED_5	0.72	1	0.93	0.58

SimStream-Q	Scenario	BROW_A_R_ISH	BROW_A_R_ITH	TROU_J_R_ISH	TROU_J_R_ITH
	ALTERED_1	1	1	1	1
	ALTERED_2	0.82	1	0.86	0.58
	ALTERED_3	0.79	1	0.77	0.78
	ALTERED_4	0.75	1	0.93	0.58
	ALTERED_5	0.75	1	0.93	0.58

Per andare a ricercare la fonte della discrepanza riscontrata si sono analizzate le curve habitat-portata ricavate dalle due versioni (Figura 3.2).

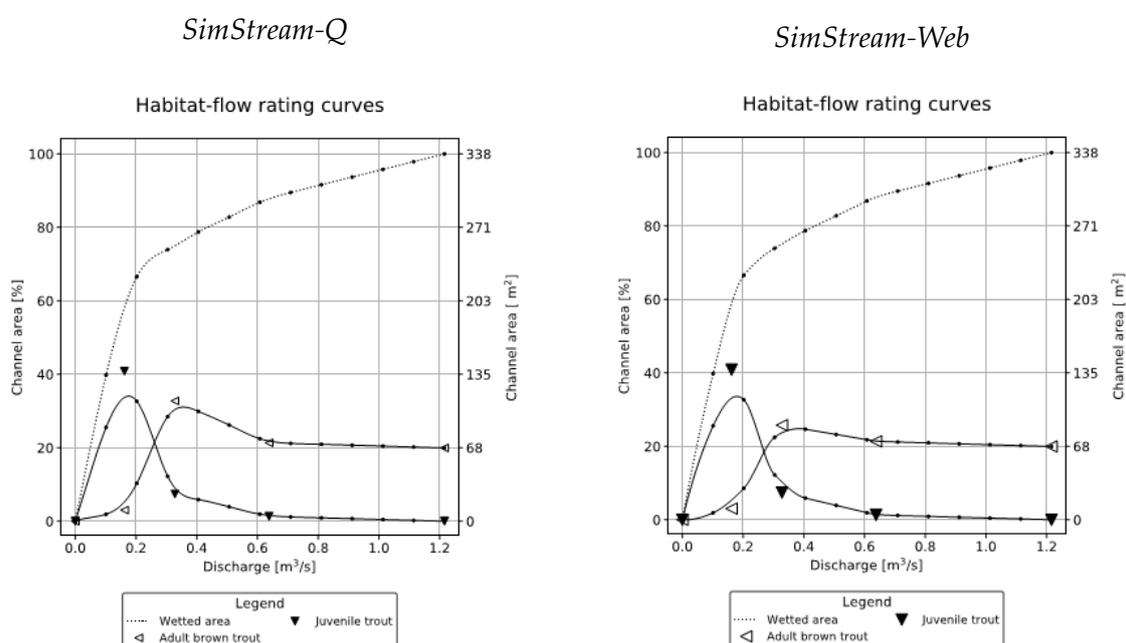


Figura 3.2 - Confronto tra le curve habitat-portata per il progetto Saint Marcel A ricavate dall'applicazione tramite SimStream-Q (sinistra) e SimStream-Web (destra).

Le due curve relative alla trota fario adulta differiscono in corrispondenza del valore di portata associato al secondo rilievo, quello effettuato a $0.328 \text{ m}^3/\text{s}$. La disponibilità di habitat risulta essere inferiore per gli output di SimStream-Web. I valori di disponibilità di habitat sono consultabili nelle apposite tabelle, per SimStream-Web il valore incriminato vale 87.11 m^2 mentre per SimStream-Q è pari a 110.77 m^2 . Osservando le medesime tabelle si è riscontrata una differenza nel numero di cifre significative riportate per il valori di area che in alcuni casi presentano tre cifre dopo la virgola e in altri solamente due, l'anomalia è stata segnalata e corretta.

L'indagine è proceduta a ritroso andando a confrontare i file DBF contenenti le indicazioni sull'idoneità di habitat delle varie UMI relativi al rilievo incriminato (Tabella 3.3).

Beta testing del servizio SimStream-Web

Tabella 3.3 - Confronto tra i risultati dell'analisi di idoneità di habitat effettuata con le due versioni di SimStream per il progetto Saint Marcel A per il rilievo a 0.328 m³/s. In rosso sono indicate le differenze.

HMU_NUM	HMU_TYPE	SUI Q	SUI WEB
1	RAPID	Not suitable	Not suitable
2	POOL	Not suitable	Not suitable
3	RIFFLE	Not suitable	Not suitable
4	RAPID	Not suitable	Not suitable
5	POOL	Optimal	Optimal
6	RAPID	Not suitable	Not suitable
7	CASCADE	Not suitable	Not suitable
8	RIFFLE	Not suitable	Not suitable
9	STEP	Not suitable	Not suitable
10	CASCADE	Not suitable	Not suitable
11	RIFFLE	Suitable	Suitable
12	RIFFLE	Optimal	Suitable

La sola differenza riscontrata è imputabile alla UMI numero 12 che SimStream-Q classifica come habitat ottimale mentre SimStream-Web classifica come habitat idoneo. A questo punto si sono analizzati i valori di probabilità calcolati tramite l'applicazione del modello binario presenza/abbondanza. Osservando i file DBF con i valori in questione si è notata la presenza di numerose differenze per quanto concerne la probabilità di abbondanza e la pendenza, per le colonne contenenti le classi dei descrittori ambientali adoperate dall'algoritmo non vi sono differenze tra le due versioni. I valori di probabilità e pendenza sono riportati in Tabella 3.4.

Tabella 3.4 - Confronto tra i valori di probabilità di presenza/abbondanza e di pendenza per il rilievo a 0.328 m³/s del progetto Saint Marcel A ricavati dall'applicazione tramite SimStream-Web e SimStream-W.

HMU_NUM	HMU_TYPE	SimStream-Web		SimStream-Q	
		PROB	SLOPE	PROB	SLOPE
1	RAPID	0.233	0.078	0.233	0.077
2	POOL	0.516	0.049	0.508	0.048
3	RIFFLE	0.415	0.041	0.415	0.041
4	RAPID	0.410	0.139	0.410	0.139
5	POOL	0.546	0.026	0.613	0.032
6	RAPID	0.233	0.072	0.233	0.072
7	CASCADE	0.704	0.088	0.708	0.080
8	RIFFLE	0.797	0.065	0.797	0.064
9	STEP	0.216	0.196	0.216	0.195
10	CASCADE	0.393	0.181	0.393	0.210
11	RIFFLE	0.705	0.104	0.549	0.138
12	RIFFLE	0.322	0.017	0.627	0.054

Nella tabella sono evidenziate le celle i cui valori differiscono tra i due casi, in rosso è messa in risalto la probabilità di presenza della UMI numero 12. Tale unità assume nella versione di SimStream-Web un valore minore della soglia fissata a 0.5 mentre per la versione SimStream-Q il valore è superiore alla soglia. Si è dunque trovata l'origine della differenza nella curva habitat-portata.

La discrepanza è stata segnalata agli sviluppatori che hanno indicato come fonte della differenza una modifica dei calcoli che portano alla definizione della pendenza delle unità. Le differenze riscontrate non sono da attribuirsi a un errore del software ma ad un'evoluzione dell'algoritmo nel passaggio dalla versione SimStream-Q alla versione SimStream-Web.

Dall'osservazione della Tabella 3.4 e della Tabella 3.3 si è notata un'altra situazione anomala. Si prenda ad esempio la UMI numero 8 di tipo riffle. Essa viene classificata come non idonea (Not suitable) e pertanto il valore calcolato per la probabilità di presenza è inferiore a 0.5. Si osserva però che per la stessa UMI viene calcolata la probabilità di abbondanza che risulta superiore alla soglia critica pari a 0.5. Questa situazione è anomala in quanto se una UMI non supera il test della probabilità di presenza è inutile e fuorviante calcolare e riportare in output il valore di probabilità di abbondanza. Si sono fatte notare agli sviluppatori queste considerazioni e il software è stato aggiornato. Vengono ora riportate in output le probabilità di presenza di tutte le UMI dei vari rilievi e le probabilità di abbondanza sono riportate per le sole UMI che hanno superato il test di presenza ($PROB\ PRE > 0.5$), in Tabella 3.5 è riportato a titolo di esempio un confronto tra le probabilità di presenza e abbondanza di uno stesso rilievo.

Tabella 3.5 - Confronto tra i valori di probabilità di presenza e abbondanza calcolati per il medesimo rilievo.

HMU_NUM	HMU_TYPE	PROB PRESENZA	PROB ABBONDANZA
1	RAPID	0.572	0.413
2	POOL	0.114	
3	RIFFLE	0.368	
4	RAPID	0.088	
5	RAPID	0.572	0.316
6	STEP	0.346	
7	WATERFALL	0.059	
8	WATERFALL	0.059	
9	CASCADE	0.093	
10	RAPID	0.572	0.338
11	RIFFLE	0.166	
12	WATERFALL	0.059	
13	RAPID	0.303	
14	RAPID	0.059	

3.2.2.2 Baco entire stretch frequency distribution

Il team di sviluppatori ha posto l'attenzione su un baco riguardante il calcolo degli istogrammi di distribuzione di frequenza dei tre parametri misurati tramite i rilievi puntuali (velocità, profondità e substrato). È stata infatti riscontrata una differenza nei file PDF (Figura 3.3) degli istogrammi tra gli output di SimStream-Web e quelli di SimStream-Q. I file in questione sono contenuti nella cartella "Hydro_morphological_unit_data".

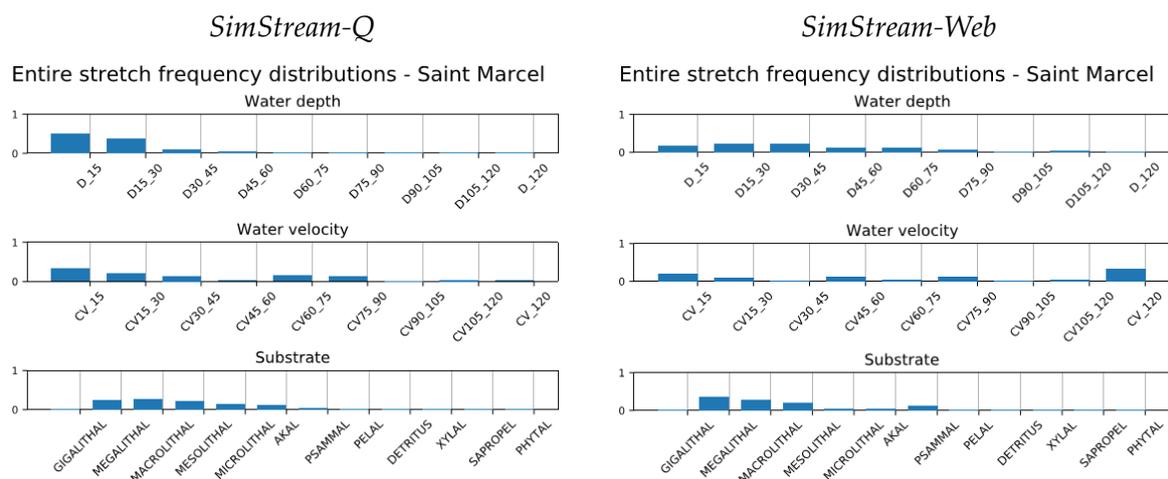


Figura 3.3 - Confronto tra gli istogrammi di distribuzione di frequenza ottenuti tramite Simstream-Q (a sinistra) e tramite la versione beta di SimStream-Web (a destra) per il rilievo effettuato a $0.162 \text{ m}^3/\text{s}$ del progetto Saint Marcel A.

L'incongruenza è stata riscontrata anche su altri rilievi dei casi testati. In alcuni casi gli istogrammi presentavano una frequenza di probabilità unitaria per una data classe nonostante i valori misurati fossero distribuiti in modo eterogeneo (Figura 3.4).

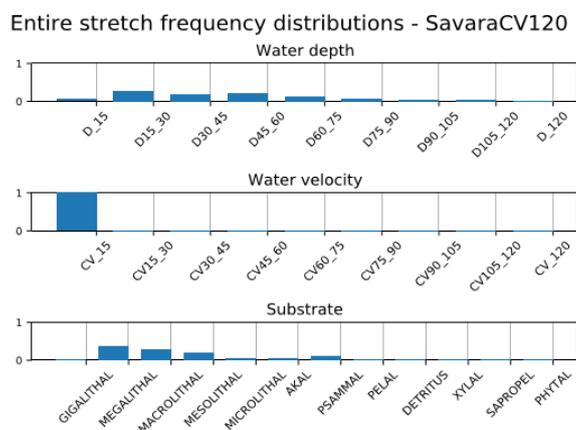


Figura 3.4 - Istogramma di distribuzione di probabilità erroneamente calcolato dalla versione beta di SimStream-Web. La distribuzione di velocità è tutta sbilanciata nella classe CV_15 corrispondente a velocità rilevate sempre inferiori a 0.15 cm/s .

Gli istogrammi in questione riportano su grafico i valori misurati e classificati sugli stessi intervalli sia per SimStream-Web che per SimStream-Q. I valori numerici di partenza sono riportati nei file DBF, dall'osservazione di questi ultimi non si è trovata alcuna differenza tra le due versioni. Si è giunti alla conclusione che le discrepanze dei grafici sono da attribuirsi al processo di stampa e non al calcolo delle frequenze.

Si è proceduto al calcolo della distribuzione di frequenza attraverso la creazione di uno script in Python il quale ha confermato che a operare correttamente è il processo di stampa dei grafici della versione SimStream-Q. Tuttavia i valori numerici calcolati sono difficilmente confrontabili con quanto contenuto negli istogrammi, in questi ultimi infatti la scala delle ordinate risulta molto schiacciata e le informazioni ottenibili non sono accurate. Per ovviare a questo problema si è deciso di inserire tra gli output di SimStream-Web, un file di testo contenente le tabelle con i valori numerici delle distribuzioni di frequenza (Tabella 3.5).

Tabella 3.5 - Esempio di tabella contenente la distribuzione di frequenza della profondità ottenuta come output di SimStream-Web.

Water depth	
D_15	0.82
D15_30	0.16
D30_45	0.02
D45_60	0
D60_75	0
D75_90	0
D90_105	0
D105_120	0
D_120	0

3.3 Validazione della formattazione degli input

La validazione dei file di input è una delle componenti fondamentali del servizio SimStream. Come detto in precedenza, il software ha bisogno di dati formattati secondo uno standard ben definito per poter operare correttamente le successive fasi di calcolo e di generazione degli output. La validazione dei file di input ha subito un'evoluzione nel passaggio da SimStream-Q a SimStream-Web, in modo da essere più stringente.

La validazione è essenziale poiché permette di non immettere nel processo di calcolo file non correttamente formattati che potrebbero generare errori nel sistema. La maggiore accuratezza del sistema di validazione permette di non incorrere in problematiche quali il caricamento di file di input che l'algoritmo non riconosce e che di conseguenza non è in grado di gestire. La validazione è effettuata tramite un test sulla formattazione degli input al momento del caricamento degli stessi. Nel caso in cui un file non superi la validazione, il software mostra all'utente un messaggio di warning che indica la fonte dell'errore (Figura 3.5).

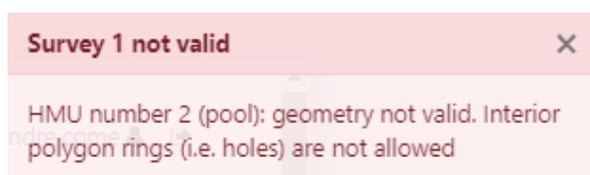


Figura 3.5 - Esempio di messaggio di errore mostrato a seguito del processo di validazione degli shape file contenenti i rilievi.

Se il file di input supera il processo di validazione, viene mostrato all'utente un messaggio che comunica dell'avvenuto caricamento (Figura 3.6).

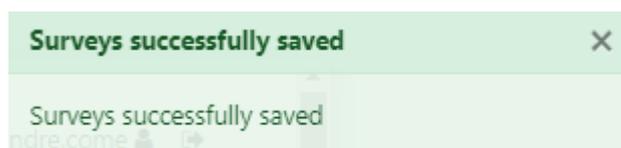


Figura 3.6 - Box contenente il messaggio che comunica all'utente dell'avvenuto caricamento del file di input.

Il problema nasce nel momento in cui viene caricato un file contenente un errore di formattazione che non è gestito dal sistema di validazione. Il file viene eseguito dall'algoritmo che però può bloccarsi e non dare origine a nessun output. Questa fase del beta testing è stata condotta tramite il caricamento di file di input non formattati correttamente, in modo da verificare il corretto funzionamento del processo di validazione.

3.3.1 Descrizione

Il beta testing dell'algoritmo di validazione è stato portato avanti attraverso la creazione di una serie di input corrotti generati modificando input formattati a dovere. Il successivo test

dei nuovi input ha permesso di verificare che il sistema di validazione funzionasse a dovere. I casi provati durante questa fase sono i seguenti:

- Caricamento di soli due rilievi al posto dei tre richiesti dalla metodologia. In questo caso la validazione funziona a dovere e, giungendo nella sezione di caricamento delle portate, viene indicato all'utente che non è possibile effettuare analisi sulle serie temporali. L'utente può tuttavia proseguire limitando la propria analisi allo studio delle disponibilità di habitat per i soli rilievi caricati.
- Caricamento di shape file dei rilievi aventi diciture errate nella riga di intestazione delle tabelle degli attributi;
- Caricamento di shape file dei rilievi aventi UMI intersecanti;
- Caricamento di shape file dei rilievi aventi UMI a forma di anello (Figura 3.7);
- Caricamento di shape file dei rilievi aventi i valori della colonna HMU_NUM in ordine non crescente;
- Caricamento di shape file dei rilievi aventi i nomi della tipologia di UMI (HMU_TYPE) non standardizzati;
- Caricamento di shape file dei rilievi aventi indicazione dei valori binari True/False non correttamente formattati (ad es.: Trou al posto di True);
- Caricamento di shape file dei rilievi aventi l'ordine delle colonne non conforme;
- Caricamento di rilievi in ordine di portata non crescente;
- Caricamento di rilievi a portata nulla in un caso di corso d'acqua perenne;
- Caricamento di file di testo dei rilievi puntuali avente tabulazione non conforme allo standard Tab-separated values;
- Caricamento di file di testo dei rilievi puntuali avente l'ordine dei codici delle UMI non crescente;
- Caricamento di file di testo dei rilievi puntuali avente numerazione e tipologia di UMI non conforme con quanto riportato negli shape file del medesimo rilievo;
- Caricamento di file di testo dei rilievi puntuali avente valori di profondità nulli;
- Caricamento di file di testo dei rilievi puntuali avente valori di HMU_TYPE non standardizzati;
- Caricamento di serie temporali in cui la colonna con l'indicazione della data presenti una formattazione non congrua oppure dei vuoti nel calendario;
- Caricamento di serie temporali per il caso di corso d'acqua perenne in cui è presente nella colonna delle condizioni di riferimento un valore di portata nullo;
- Caricamento di serie temporali per il caso di corso d'acqua perenne in cui le intestazioni delle colonne non rispettano la formattazione standardizzata.

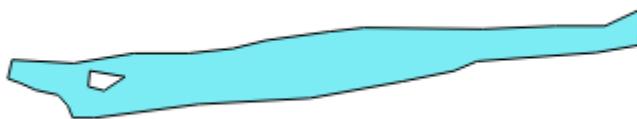


Figura 3.7 - Esempio di singola UMI con la presenza di un vuoto al suo interno. Uno shape file contenente una UMI del genere non viene accettato dalla validazione.

I test elencati hanno dato esito positivo in quanto non sono stati accettati dal servizio SimStream-Web. Ad ogni nuovo aggiornamento futuro dell'algoritmo sarà necessario un controllo per verificare il funzionamento del sistema di validazione, sia per il caso di fiume perenne che temporaneo.

3.4 Test dei casi degeneri di ITH

Nel corso di analisi statistiche come quelle relative al calcolo dell'indice ITH, è possibile imbattersi in una serie di casi che vengono definiti degeneri. Per il calcolo del valore numerico dell'alterazione complessiva del numero di giorni di stress (SDA), si prendono in considerazione le curve UCUT associate alla soglia AQ97 arrotondata all'intero superiore (AQ97 ceiled), sia per le condizioni di riferimento che per quelle alterate. Per determinare i valori delle curve UCUT si devono calcolare gli intervalli temporali in cui le serie di habitat sono sotto la soglia AQ97 ceiled. I casi degeneri nascono nel momento in cui le serie di habitat sono in tutta la loro interezza, o sotto o sopra la soglia in questione. In altre parole, se la serie reference e/o la serie altered sono sempre sotto soglia o mai sotto soglia si ricade in un caso degenero, dalla combinazione di queste due casistiche nascono 8 diversi casi degeneri

I casi degeneri che possono sorgere durante il calcolo del valore di SDA sono trattati dal servizio SimStream-Web tramite l'estratto di codice riportato nel seguito.

```
# REF = 0 and ALT = 0
    if (TSH_AQ97 < _min_ucut_ref) and (TSH_AQ97 <
_min_ucut_alter):
        AGS, ITH = .0, 1.

# REF = 0 and ALT = 100
    elif (TSH_AQ97 < _min_ucut_ref) and (TSH_AQ97 >
_max_ucut_alter):
        AGS, ITH = "Inf", .0

# REF = 100 and ALT = 0
    elif (TSH_AQ97 > _max_ucut_ref) and (TSH_AQ97 <
_min_ucut_alter):
        AGS, ITH = 1., math.exp(_RATIO * 1.)

# REF = 100 and ALT = 100
    elif (TSH_AQ97 > _max_ucut_ref) and (TSH_AQ97 >
_max_ucut_alter):
        AGS, ITH = .0, 1.

# REF = 0 and ALT != 0
    elif (TSH_AQ97 < _min_ucut_ref) and (TSH_AQ97 >=
_min_ucut_alter):
        AGS, ITH = "Inf", .0

# REF != 0 and ALT = 0
    # elif (TSH_AQ97 > _min_ucut_ref) and (TSH_AQ97 <
_min_ucut_alter): # BUG proj 883
    elif (TSH_AQ97 >= _min_ucut_ref) and (TSH_AQ97 <
_min_ucut_alter): # BUG proj 883
        AGS, ITH = 1., math.exp(_RATIO * 1.)

# REF != 0 and ALT = 100
    elif (TSH_AQ97 >= _min_ucut_ref) and (TSH_AQ97 >
_max_ucut_alter):
```

```

x_97 = x_UCUT_ref[TSH_AQ97][1:] # excluding the
starting 0
# AGS_lst = map(lambda x: abs(100. - x) / (1 if 0 == x
else x), x_97) # handling zeros
AGS_lst = map(lambda x: abs(100. - x) / x, x_97)
AGS = np.mean(AGS_lst)
ITH = math.exp(_RATIO * AGS)

# REF = 100 and ALT != 0
elif (TSH_AQ97 > _max_ucut_ref) and (TSH_AQ97 >=
_min_ucut_alter):
x_97 = x_UCUT_alter[TSH_AQ97][1:]
AGS_lst = map(lambda x: abs(x - 100.) / 100., x_97)
AGS = np.mean(AGS_lst)
ITH = math.exp(_RATIO * AGS)

else:
# skip initial 0
x_97_ref, x_97_alter = x_UCUT_ref[TSH_AQ97][1:],
x_UCUT_alter[TSH_AQ97][1:]

# AGS_lst = tuple(abs(a - r) / r for r, a in
zip(x_97_ref, x_97_alter))
AGS_lst = tuple(abs(a - r) / r for r, a in
zip(sorted(x_97_ref, reverse=True), sorted(x_97_alter, reverse=True)))
AGS = np.mean(AGS_lst)
ITH = math.exp(_RATIO * AGS)

```

Ognuna delle sezioni del codice riportato è in grado di riconoscere un determinato caso degenerare attraverso il confronto tra il valore di AQ97 ceiled e le soglie minime e massime associate alle curve UCUT non degeneri. Nel momento in cui un progetto rientra in una di queste casistiche, l'algoritmo calcola attraverso una specifica procedura il valore di SDA (indicato con la dicitura inglese AGS nel codice) da cui poi viene definito l'indice ITH. L'elenco dei casi degeneri è riportato in Tabella 3.6.

Tabella 3.6 - Schematizzazione dei casi degeneri trattati dall'algoritmo per il calcolo dell'indice ITH. Con il numero 100 viene indicata una serie che è tutta sotto-soglia, con lo 0 viene indicata una serie che è sopra soglia in tutta la sua interezza. Con la dicitura !=0 si indicano le serie che hanno delle parti sia sopra che sotto-soglia.

	REFERENCE	ALTERED
1	100	0
2	100	100
3	100	!= 0
4	0	0
5	0	100
6	0	!= 0
7	!= 0	0
8	!= 0	100

Una specifica fase del beta testing del servizio SimStream-Web ha avuto come obiettivo la validazione della parte di algoritmo che tratta i casi degeneri in questione. A tal fine si sono creati degli appositi casi fittizi che sono stati in seguito processati dal software.

3.4.1 Generazione degli input fittizi

Per l'analisi in questione si è scelto di adoperare come base di partenza il progetto Saint Marcel A, la cui curva habitat-portata viene rappresentata in Figura 3.8.

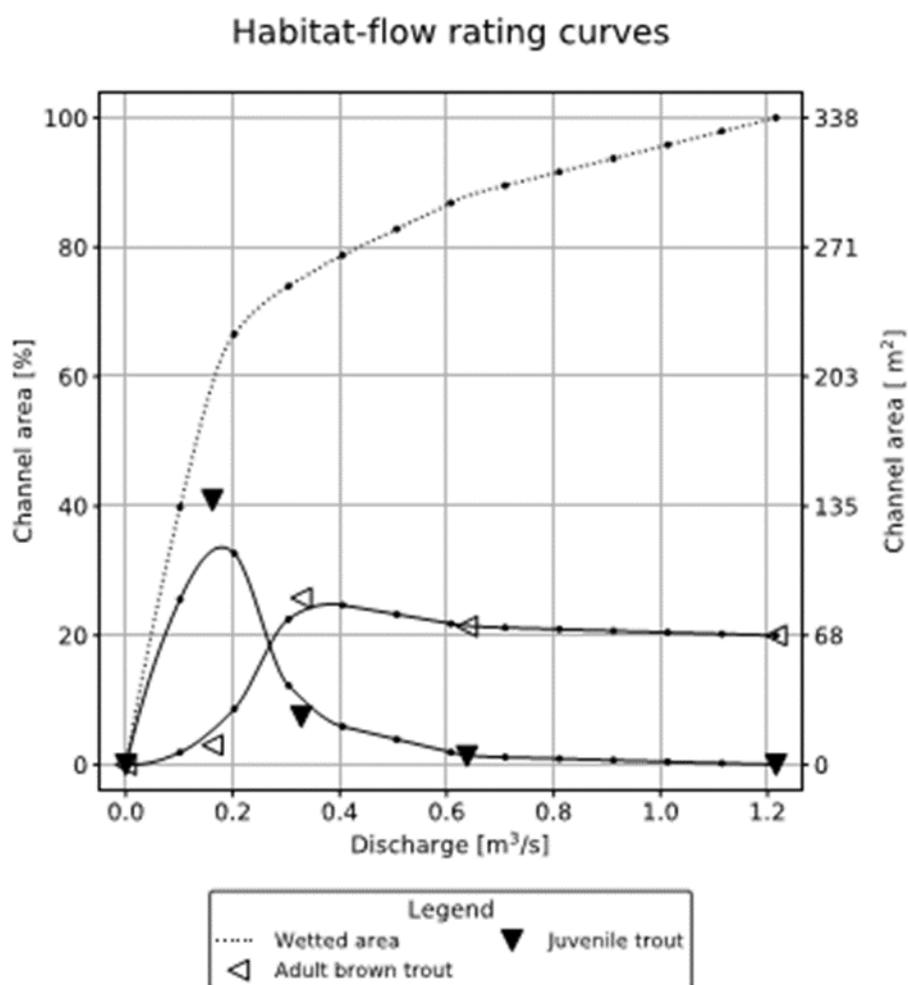


Figura 3.8 - Curve habitat-portata del progetto Saint Marcel A per la specie Brown trout.

Dall'osservazione delle curve habitat-portata si devono andare a generare delle serie di portata in modo che le relative serie di habitat diano origine ai casi degeneri fittizi che si vogliono creare. Durante la fase di predisposizione delle serie è sorto subito un dubbio circa l'effettiva possibilità di poter creare una serie di habitat in condizioni di riferimento che sia sempre sopra soglia, dal momento che la soglia AQ97 viene ricavata proprio dalla serie reference e che la

soglia viene oltretutto arrotondata all'intero superiore. Gli sviluppatori hanno confermato la bontà del ragionamento aggiungendo che i casi del genere gestiti dall'algoritmo non sono verificabili nella pratica. I casi degeneri da testare sono così passati dagli 8 di Tabella 3.6 ai 5 riportati in Tabella 3.7.

Tabella 3.7 - Schematizzazione dei casi degeneri realmente verificabili per il calcolo dell'indice ITH. Con il numero 100 viene indicata una serie che è tutta sotto-soglia, con lo 0 viene indicata una serie che è sopra soglia in tutta la sua interezza. Con la dicitura !=0 si indicano le serie che hanno delle parti sia sopra che sotto-soglia.

	REFERENCE	ALTERED
1	100	0
2	100	100
3	100	!= 0
4	!= 0	0
5	!= 0	100

Sono nel seguito riportati i risultati ottenuti dall'analisi dei vari casi degeneri.

3.4.1.1 REFERENCE = 100, ALTERED = 0

Per questo caso si è adoperata la specie Juvenile Brown trout. La serie di portata di riferimento è costante e pari a $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 3.9) ne consegue che $Q97 = 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$, $AQ97 = 13.06\%$. Dato che il valore di $AQ97$ viene arrotondato all'intero superiore si avrà che la serie reference è tutta sotto soglia (Figura 3.10). La serie di portata in condizioni alterate è costante e pari a $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$, portata alla quale è associata una disponibilità di habitat del 32% circa. Pertanto in condizioni alterate la serie di habitat è sempre sopra soglia.

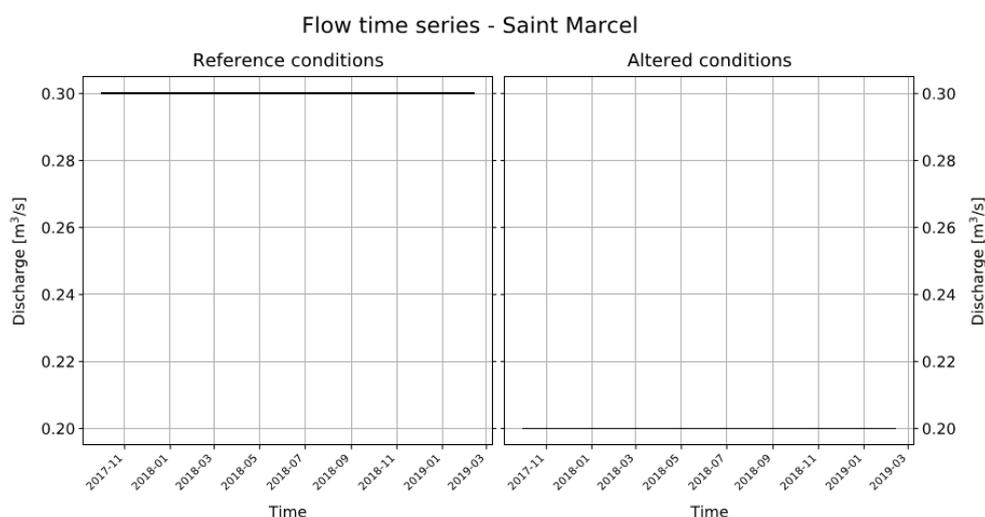


Figura 3.9 - Serie di portata adoperate per il test del caso degenero reference =100, altered =0.

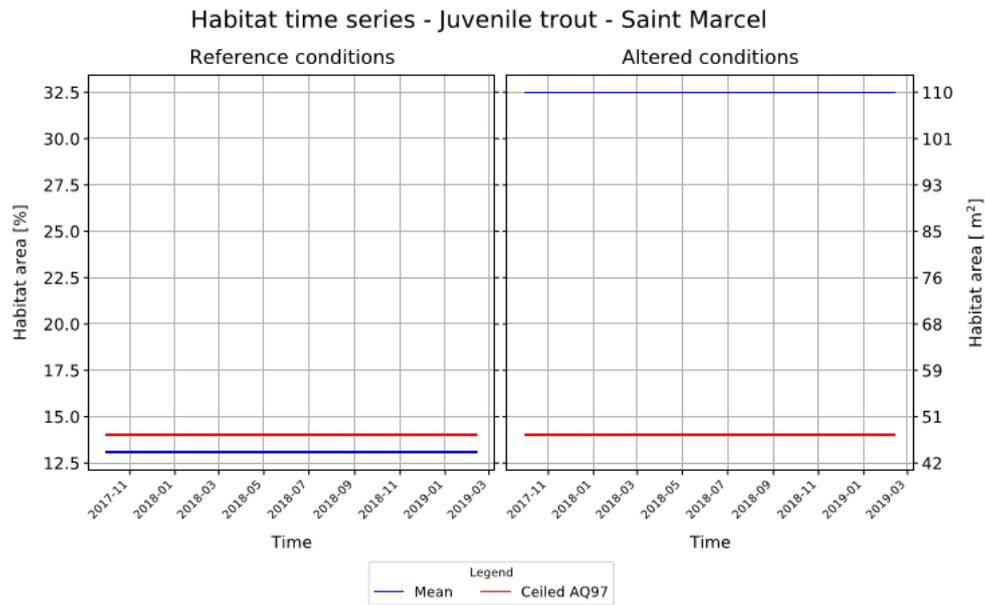


Figura 3.11 - Serie di habitat per il test del caso degenero reference =100, altered =0. L'habitat risulta essere sempre sotto soglia in condizioni di riferimento e sempre sopra soglia in condizioni alterate. Le serie di habitat, essendo costanti, coincidono con la media (in blu).

In Figura 3.11 sono riportate le UCUT degeneri per il caso in questione, da cui si ricava che SDA=1 e ITH=0.68.

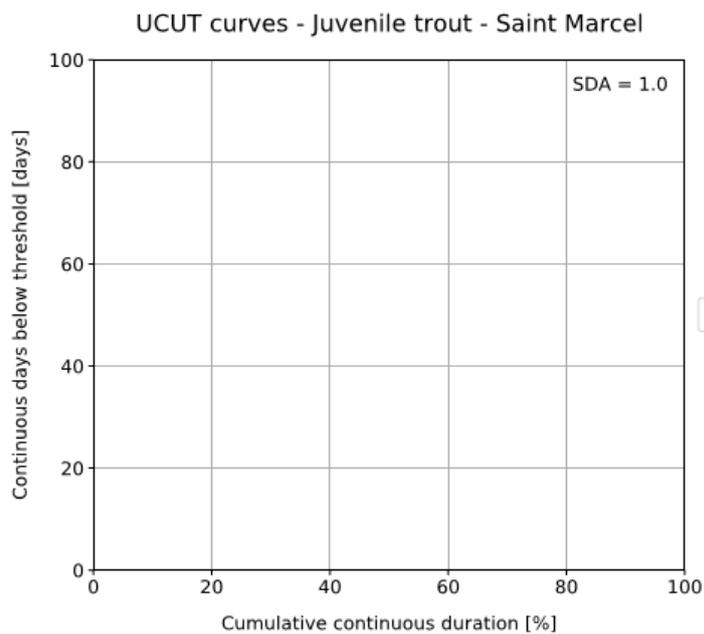


Figura 3.10 - Curve UCUT degeneri ottenute dal test del caso degenero reference =100, altered =0.

3.4.1.2 REFERENCE = 100, ALTERED = 100

Per questo caso si è adoperata la specie Adult Brown trout. La serie di portata di riferimento è stata assunta costante e pari a $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 3.13), ne consegue che $Q_{97} = 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ e $AQ_{97} = 21,93 \%$. Dato che il valore di AQ_{97} viene arrotondato all'intero superiore si avrà che la serie reference è tutta sotto soglia. La serie di portata in condizioni alterate è costante e pari a $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 3.12), portata alla quale è associata una disponibilità di habitat di poco superiore all'8%. Pertanto anche in condizioni alterate la serie di habitat è sempre sotto soglia (Figura 3.13).

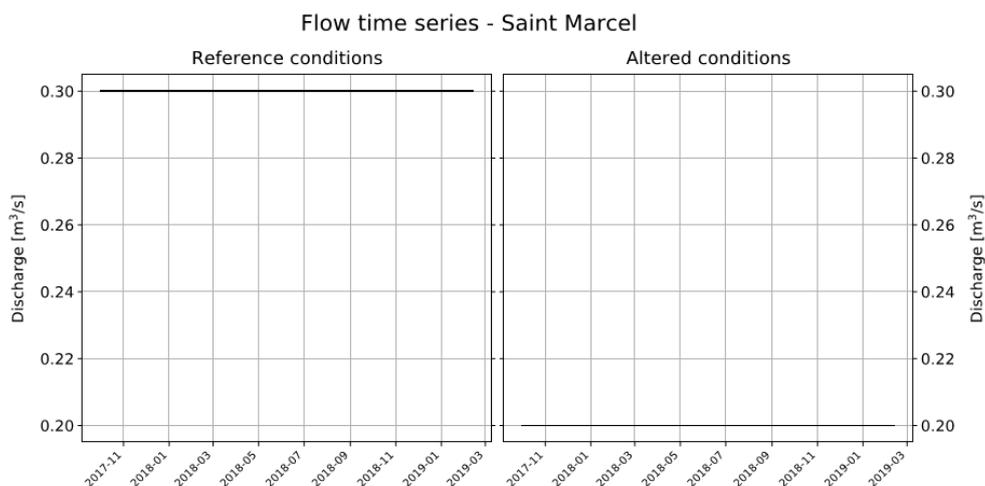


Figura 3.12 - Serie di portata adoperate per il test del caso degenerare reference =100, altered =100.

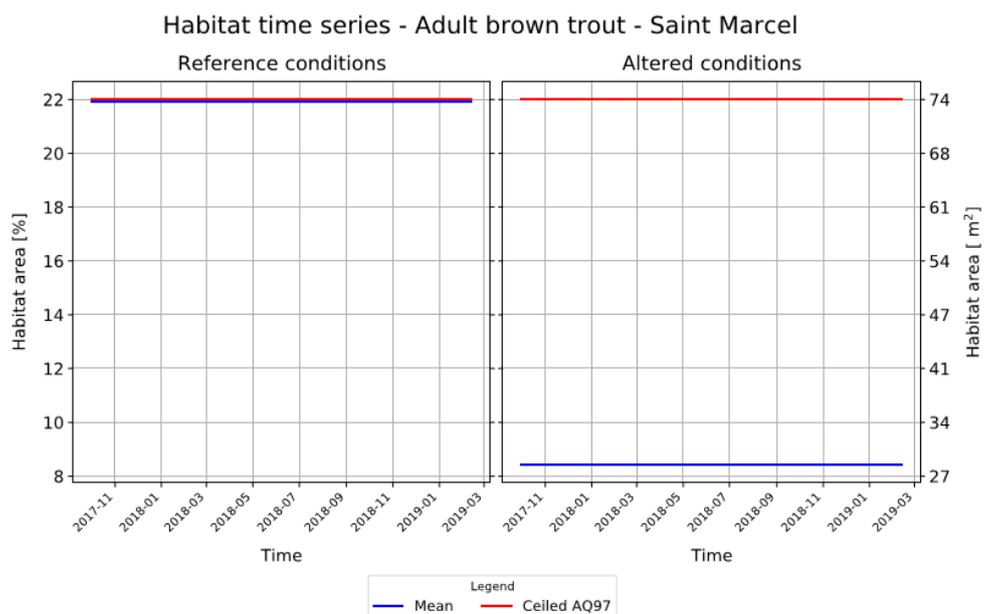


Figura 3.13 - Serie di habitat per il test del caso degenerare reference =100, altered =100. L'habitat risulta essere sempre sotto soglia sia in condizioni di riferimento che in condizioni alterate. Le serie di habitat, essendo costanti, coincidono con la media (in blu).

In Figura 3.14 sono riportate le UCUT degeneri per il caso in questione. Essendo le UCUT reference e altered coincidenti si avrà che $SDA=0$ e $ITH=1$.

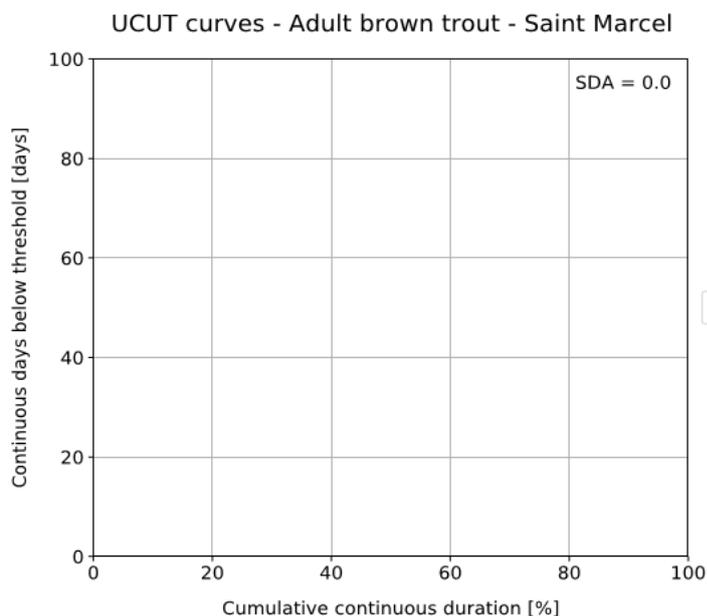


Figura 3.14 - Curve UCUT degeneri per il test del caso degenerare reference =100, altered =100.

3.4.1.3 REFERENCE = 100, ALTERED != 0

Per questo caso si è adoperata la specie Juvenile Brown trout. La serie di portata in condizioni di riferimento è costante e pari a $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ne consegue che $Q97 = 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$, $AQ97 = 13.06\%$. La serie di portata altered è costante e vale $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ tranne in un intervallo di tempo tra dicembre 2017 e aprile 2018 in cui la portata vale $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 3.15). Di conseguenza la serie di habitat è variabile rispetto alla soglia (Figura 3.16).

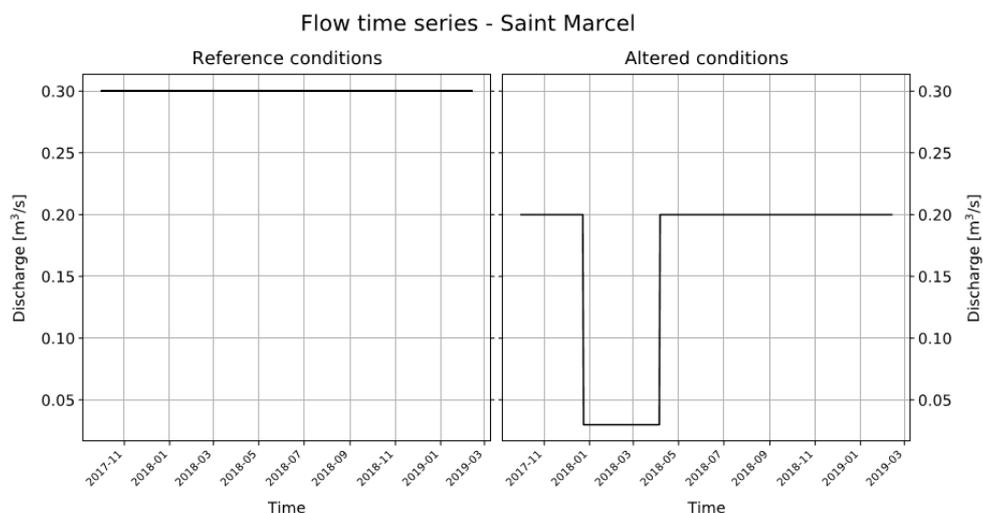


Figura 3.15 - Serie di portata adoperate per il test del caso degenerare reference =100, altered !=0.

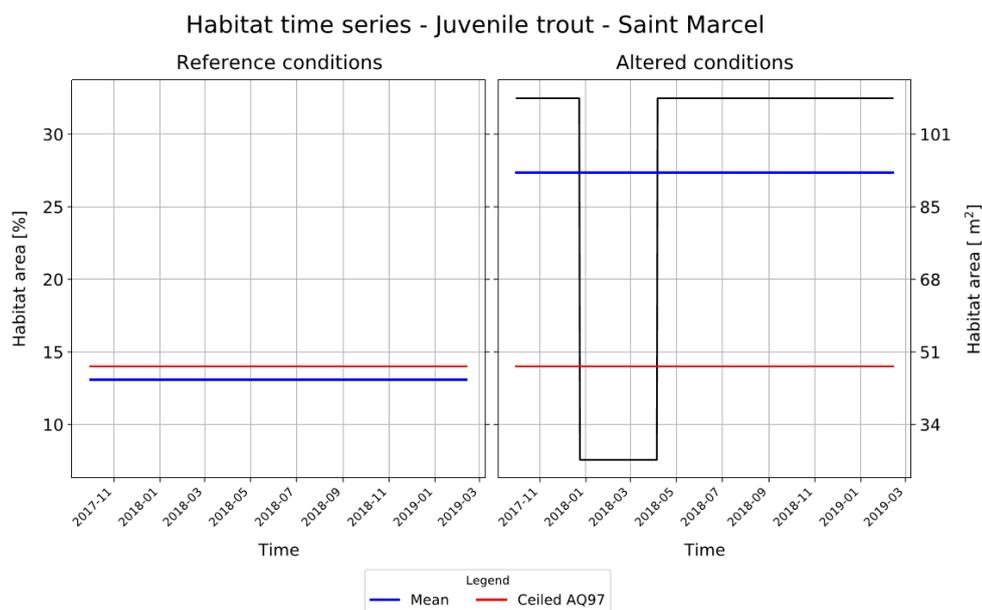


Figura 3.16 - Serie di habitat per il test del caso degenerare reference =100, altered !=0. L'habitat risulta essere sempre sotto soglia in condizioni di riferimento mentre in condizioni alterate è variabile. La serie di habitat reference, essendo costante, coincide con la media (in blu).

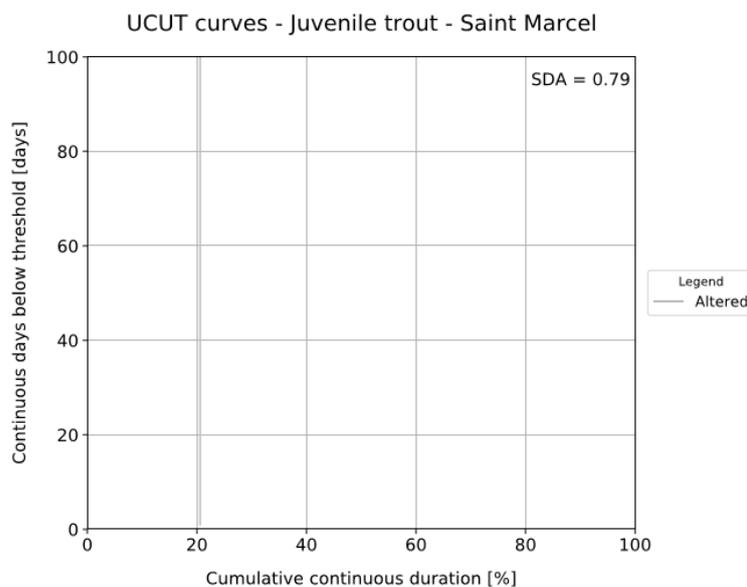


Figura 3.17 - Curve UCUT per il test del caso degenerare reference =100, altered !=0. La curva reference non è riportata in quanto degenerare.

La UCUT in condizioni di riferimento è degenerare e non viene riportata in output (Figura 3.17). Come da codice, per calcolare AGS si esegue la differenza tra i valori della UCUT altered e 100, in quanto essendo la serie reference sempre sotto soglia, la UCUT degenerare corrispondente sarà rappresentata da una linea verticale passante per il valore di durata

cumulata continua sotto-soglia del 100%. Per questo specifico caso si ottiene che $SDA = 0.79$ e $ITH = 0.74$.

3.4.1.4 REFERENCE != 0, ALTERED = 0

Per questo caso si è adoperata la specie Juvenile Brown trout. Come serie reference si è presa la serie di partenza e la si è traslata in verticale in modo che le portate siano tutte comprese nel tratto monotono decrescente della curva HQ, in particolare si è preso come valore minimo la portata $0.285 \text{ m}^3/\text{s}$. Come portata altered si sono presi valori sempre minori alla reference ma che ricadono in prossimità del punto di massimo della curva habitat-portata (valori compresi tra 0.1 e $0.22 \text{ m}^3/\text{s}$). Le serie di portata sono visibili in Figura 3.18

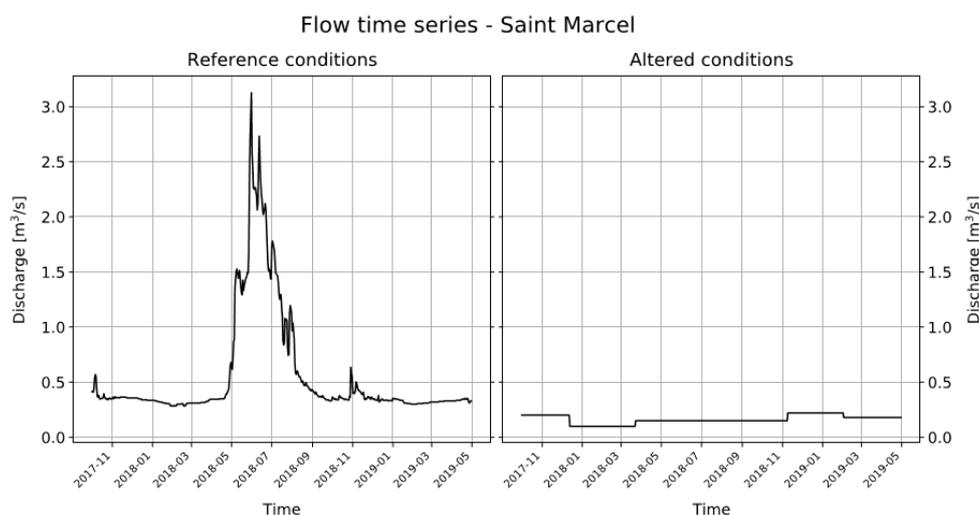


Figura 3.18 - Serie di portata adoperate per il test del caso degenerare $reference \neq 0$, $altered = 0$.

In Figura 3.19 sono riportate le serie di habitat, si può notare come tra maggio e luglio del 2018 la serie di habitat reference non presenta valori poiché siamo nel periodo della fusione nivale e le portate misurate sono superiori alla massima portata associata ai rilievi effettuati. Questo intervallo di tempo non viene usato per il calcolo degli indici di disponibilità di habitat.

Q_{97} risulta essere pari a $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ a cui è associata una AQ_{97} pari a 13.06% che arrotondata all'intero superiore vale 14% . Come si può notare dal grafico, la serie reference è quasi sempre sotto soglia tranne che per alcuni picchi con habitat superiore al 15% che corrispondono alle minime portate. La serie altered invece risulta essere sempre sopra soglia (Figura 3.20).

Dalle linee di codice si vede bene come in questo specifico caso viene imposto AGS (o SDA) pari ad 1 e da questo valore si calcola attraverso la formula esponenziale l'ITH che corrisponde a 0.68 .

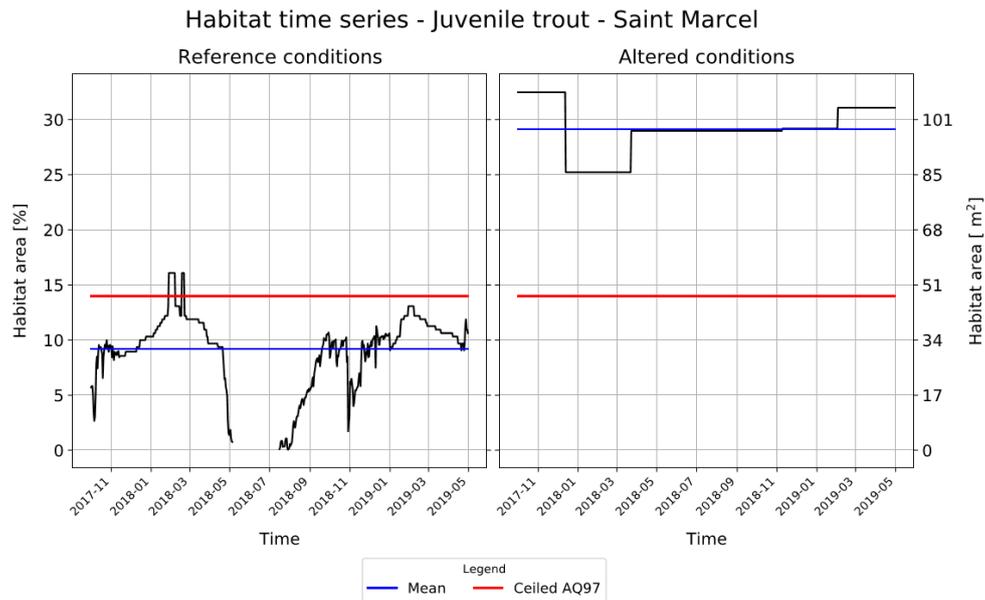


Figura 3.19 - Serie di habitat per il test del caso degenerare $reference!=0$, $altered=0$. L'habitat risulta essere sempre sopra soglia in condizioni alterate mentre in condizione di riferimento m variabile.

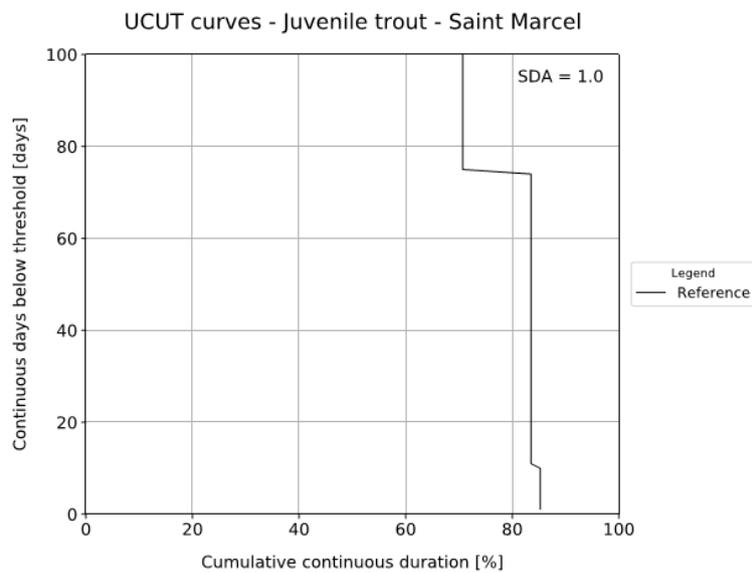


Figura 3.20 - Curve UCUT per il test del caso degenerare $reference!=0$, $altered=0$. La curva $altered$ non è riportata in quanto degenerare.

Il codice gestisce questo caso imponendo AGS pari ad 1, calcolando di conseguenza un valore di ITH di 0.68.

3.4.1.5 REFERENCE != 0, ALTERED = 100

Per questo caso si è adoperata la specie Adult Brown trout. La serie di portata (Figura 3.21) in condizioni di riferimento non è costante e dà origine ai seguenti valori: $Q_{97} = 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$, $AQ_{97} = 21.93 \%$. La serie in condizioni alterate è costante ed è costruita in modo da generare una serie di habitat sempre sotto-soglia (Figura 3.22).

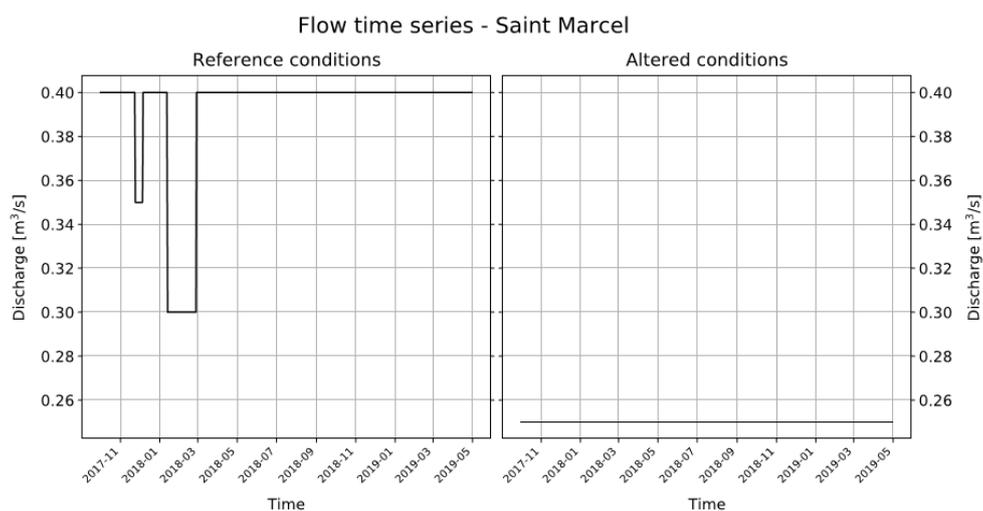


Figura 3.21 - Serie di portata adoperate per il test del caso degenerare reference !=0, altered =100.

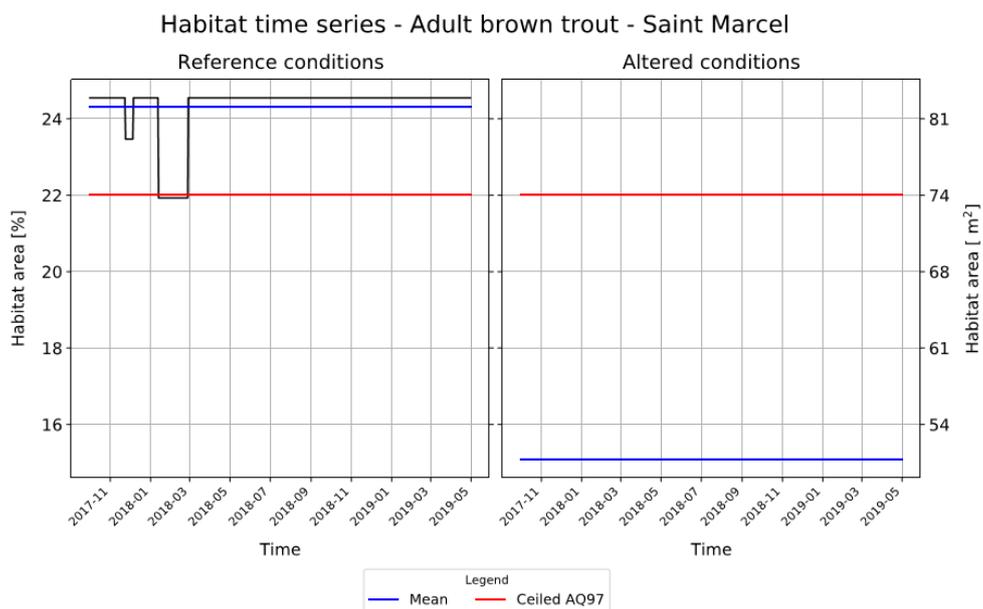


Figura 3.22 - Serie di habitat per il test del caso degenerare reference!=0, altered=100. L'habitat risulta essere sempre sotto soglia in condizioni alterate mentre in condizione di riferimento è variabile.

La UCUT in condizioni alterate è degenerare e non viene riportata in output (Figura 3.23). Come da codice, per calcolare AGS si esegue la differenza tra i valori della UCUT reference e 100, in quanto essendo la serie altered sempre sotto soglia la UCUT degenerare corrispondente sarà rappresentata da una linea verticale passante per il valore di durata cumulata continua sotto-soglia del 100%. Per questo specifico caso si ottiene che $SDA = 11.82$ e $ITH = 0.01$.

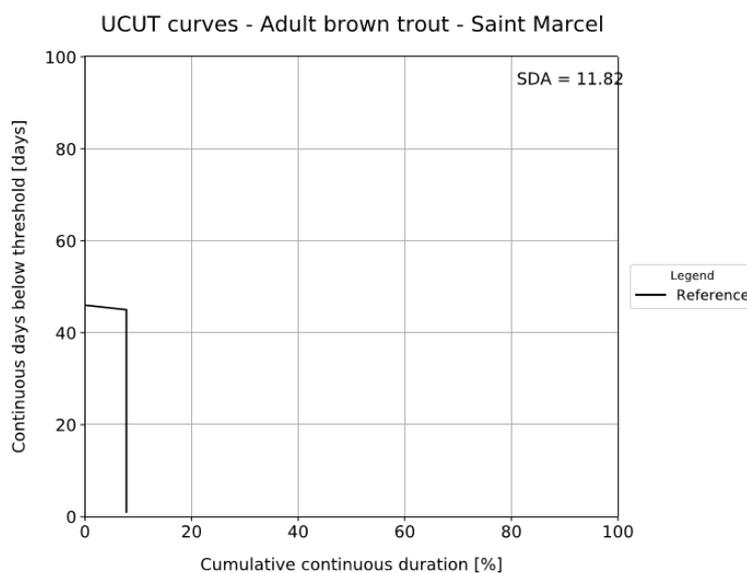


Figura 3.23 - Curve UCUT per il test del caso degenerare reference!=0, altered=100. La curva altered non è riportata in quanto degenerare.

3.4.2 Risultati ottenuti

Dall'analisi dei progetti fittizi generati per il test dei casi degeneri di ITH non si è riscontrata nessuna anomalia nel processo di calcolo, gli output sono stati calcolati come previsto dalla procedura (Tabella 3.8). Per il caso 3 e il caso 5, per cui la procedura prevede l'applicazione della formula per il calcolo dell'AGS, si sono verificati i valori tramite l'uso del codice Python separato.

Tabella 3.8 - Riassunto dei risultati ottenuti dall'applicazione dei progetti fittizi degeneri.

	REFERENCE	ALTERED	SDA	ITH
1	100	0	1	0.68
2	100	100	0	1
3	100	!= 0	0.79	0.74
4	!= 0	0	1	0.68
5	!= 0	100	11.82	0.01

3.5 Procedura standard di testing per i successivi deploy

A ridosso del rilascio del servizio SimStream-Web, è stata messa a punto una procedura standardizzata di testing da eseguire ogni volta che verrà effettuato un aggiornamento dell'algoritmo di calcolo. Tali aggiornamenti si rendono necessari nel momento in cui, durante l'utilizzo del software da parte degli utenti, si riscontrino dei malfunzionamenti oppure nel caso in cui si intenda implementare una nuova funzionalità. E' buona norma che ad ogni aggiornamento segua un test che verifichi la corretta esecuzione di SimStream-Web.

Le operazioni di testing possono essere schematizzate come segue:

- 1) Upload di file corrotti per verificare la corretta esecuzione della validazione degli input;
- 2) Osservazione e test che tutti i pulsanti disponibili nelle varie schermate funzionino correttamente con annesso check della grafica;
- 3) Upload degli input corretti avendo cura di selezionare tutte le specie disponibili per l'analisi;
- 4) Controllo degli output.

Le verifiche devono essere eseguite sia per l'applicazione ai fiumi perenni che per l'applicazione ai vari casi di fiumi temporanei. Ogni passaggio deve essere eseguito per le utenze trusted, untrusted e per le varie utenze dei vari paesi che sono trattati dai modelli biologici.

4 Approfondimento per i fiumi temporanei

Col passaggio dalla versione operante come plugin in ambiente QGIS al servizio web, è stata implementata una nuova funzionalità che permette l'applicazione della metodologia MesoHABSIM ai corsi d'acqua temporanei. I corsi d'acqua vengono definiti temporanei quando in certi periodi presentano assenza di deflusso superficiale. Sono di notevole interesse nell'area mediterranea, rappresentando una nuova frontiera della ricerca che avrà un campo di applicazione sempre maggiore per via dell'aumento della richiesta idrica combinato all'azione dei cambiamenti climatici.

4.1 Normativa di riferimento

La base normativa per quanto riguarda i fiumi temporanei è contenuta nel DECRETO n. 131 del 16.06.2008. In particolare nella Sezione A del decreto, denominata 'Metodologia per l'individuazione di tipi per le diverse categorie di acque superficiali', vengono date le seguenti definizioni:

- 'corso d'acqua temporaneo': corso d'acqua soggetto a periodi di asciutta totale o di tratti dell'alveo annualmente o almeno 2 anni su 5;
- 'corso d'acqua intermittente': un corso d'acqua temporaneo con acqua in alveo per più di 8 mesi all'anno, che può manifestare asciutte anche solo in parte del proprio corso e/o più volte durante l'anno;
- 'corso d'acqua effimero': un corso d'acqua temporaneo con acqua in alveo per meno di 8 mesi all'anno, ma stabilmente; a volte possono essere rinvenuti tratti del corso d'acqua con la sola presenza di pozze isolate;
- 'corso d'acqua episodico': un corso d'acqua temporaneo con acqua in alveo solo in seguito ad eventi di precipitazione particolarmente intensi, anche meno di una volta ogni 5 anni. I fiumi a carattere episodico (esempio: fiumare calabre o lamen pugliesi), sono da considerarsi ambienti limite, in cui i popolamenti acquatici sono assenti o scarsamente rappresentati, anche nei periodi di presenza di acqua.

Nelle precedenti definizioni l'assenza di acqua è da intendersi come dovuta a situazioni naturali, l'assenza di deflusso non deve essere influenzata da processi di gestione delle acque dovuti ad esempio a derivazioni e sbarramenti in alveo.

I fiumi temporanei possono essere distinti da quelli perenni in base alla conformazione della curva di durata delle portate che nel primo caso interseca l'asse delle ascisse in corrispondenza di una probabilità di eccedenza inferiore al 100%, o al valore di 365 giorni nel caso venga usata la notazione con i giorni annuali. In assenza di deflusso possono tuttavia essere presenti sul letto del fiume delle pozze isolate contenenti dei ristagni di acqua, così come vi è la possibilità

di un deflusso idrico sub-superficiale attraverso i sedimenti che segue l'andamento del corso d'acqua.

4.1 Idrodinamica e fasi di deflusso (flowing, ponding, drying)

Da un punto di vista idrologico, per i fiumi temporanei si possono osservare le seguenti tre fasi (Figura 4.1):

- **Flowing phase:** la portata non è nulla, vi è deflusso superficiale. In questa fase un corso d'acqua temporaneo si comporta come un corso d'acqua perenne;
- **Ponding phase:** durante questa fase la portata è nulla ma permangono in alveo dei ristagni di acqua. I ristagni possono essere habitat idonei per la sopravvivenza di determinate specie acquatiche. L'acqua contenuta nei ristagni diminuisce a mano a mano per via dell'evaporazione, arrivando anche a prosciugarsi. Tuttavia, nel caso in cui vi sia contatto tra le pozze contenenti i ristagni e l'acquifero superficiale, i ristagni vengono alimentati dalle acque sotterranee e la ponding phase può protrarsi per un lasso di tempo indeterminato;
- **Dry phase:** è la fase successiva alla ponding phase e caratterizzata dall'assenza di acqua nel letto del fiume, può tuttavia esserci una componente di deflusso idrico subsuperficiale. In questa fase l'area bagnata assume un valore nullo per il sottotratto analizzato.

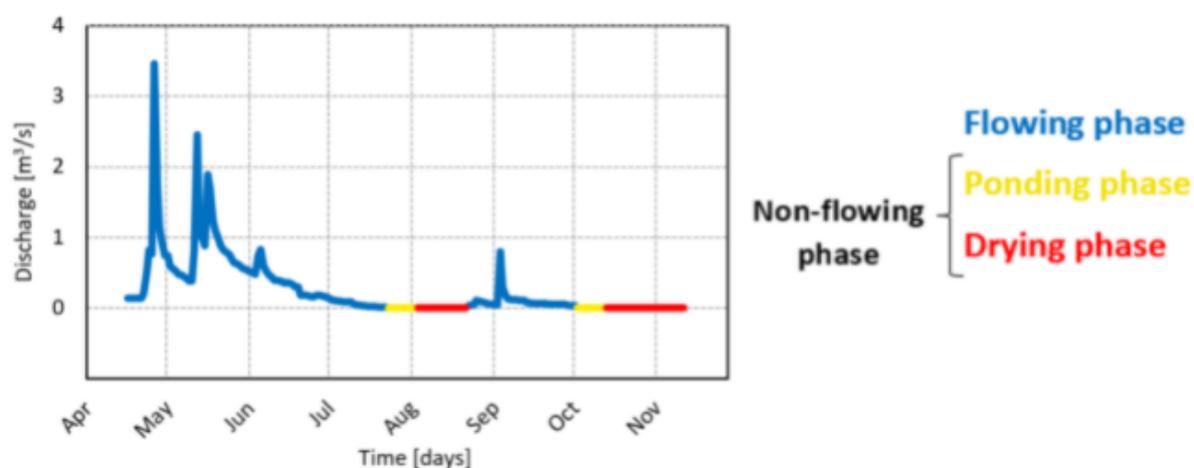


Figura 4.1 – Schematizzazione di un idrogramma per un corso d'acqua temporaneo. I tratti in azzurro sono quelli caratterizzati da deflusso superficiale, in giallo è indicata la ponding phase che è caratterizzata dall'assenza di deflusso ma dalla presenza di ristagni in alveo, in rosso sono indicate le due fasi in cui l'alveo è completamente asciutto. (Immagine tratta dagli Help di SimStream-Web)

Le tre fasi sopra elencate possono combinarsi in frequenza e durata dando origine a diverse configurazioni. In virtù delle considerazioni fatte per la Ponding phase e per la Dry phase, si possono distinguere due diverse tipologie di corsi d'acqua temporanei (Figura 4.2). Nel caso

in cui alla fase di ponding segue effettivamente una fase caratterizzata dalla totale assenza di acqua in alveo (dry phase), si ricade nel cosiddetto “river drying case”. Nel caso in cui, la fase di ponding perdura nel tempo per effetto della ricarica dell’acquifero superficiale, si ricade nel “permanent ponding case” e l’area bagnata non assume valori nulli ma, da un certo punto in avanti, la curva sarà caratterizzata da una disponibilità di habitat costante e avrà dunque un andamento orizzontale.

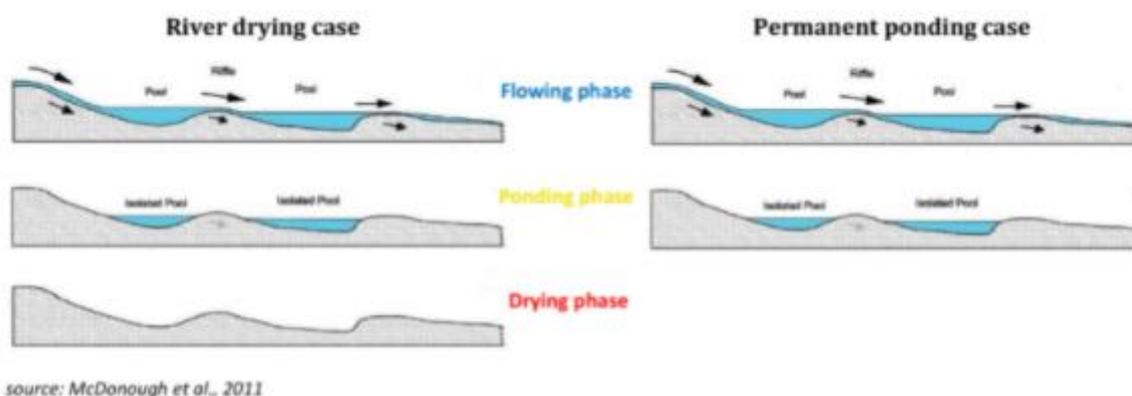


Figura 4.2 - Schematizzazione di una sezione di corso d’acqua temporaneo con indicazione delle fasi presenti sia per il river drying case (sinistra) che per il permanent ponding case (destra). (Immagine tratta dagli Help di SimStream-Web)

4.2 Forma della relazione Habitat-Tempo-Portata

L’analisi della disponibilità di habitat per i corsi d’acqua temporanei si discosta dalle analisi per i fiumi perenni per quel che concerne la costruzione delle curve habitat-portata. Per i fiumi perenni, la metodologia MesoHABSIM assume che alla portata nulla sia associata un’area bagnata nulla e di conseguenza anche la disponibilità di habitat ad essa corrispondente sia pari a zero. Nel caso di fiumi temporanei l’area bagnata non è nulla in corrispondenza della portata $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$. Inoltre si deve tenere conto del fatto che durante la fase di ponding, che è anch’essa caratterizzata da portata nulla, sono presenti dei ristagni i quali possono risultare degli habitat idonei per le specie acquatiche. Si è resa necessaria una modifica alla forma delle curve habitat-portata per tenere in considerazione le peculiarità dei corsi d’acqua temporanei. Le curve habitat-portata per i fiumi temporanei sono riportate su un grafico (Figura 4.3) formato da due quadranti aventi in comune l’asse delle ordinate contenente i valori di habitat. Il primo quadrante è analogo a quello delle curve habitat-portata per i fiumi perenni, in ascissa è presente la portata espressa in m^3 con valori crescenti da sinistra verso destra. Il secondo quadrante è caratterizzato dalla presenza in ascissa del tempo trascorso dal momento in cui il deflusso superficiale cessa e la portata si annulla, tale lasso di tempo è espresso in giorni. Il numero di giorni è in ordine progressivo procedendo verso sinistra.

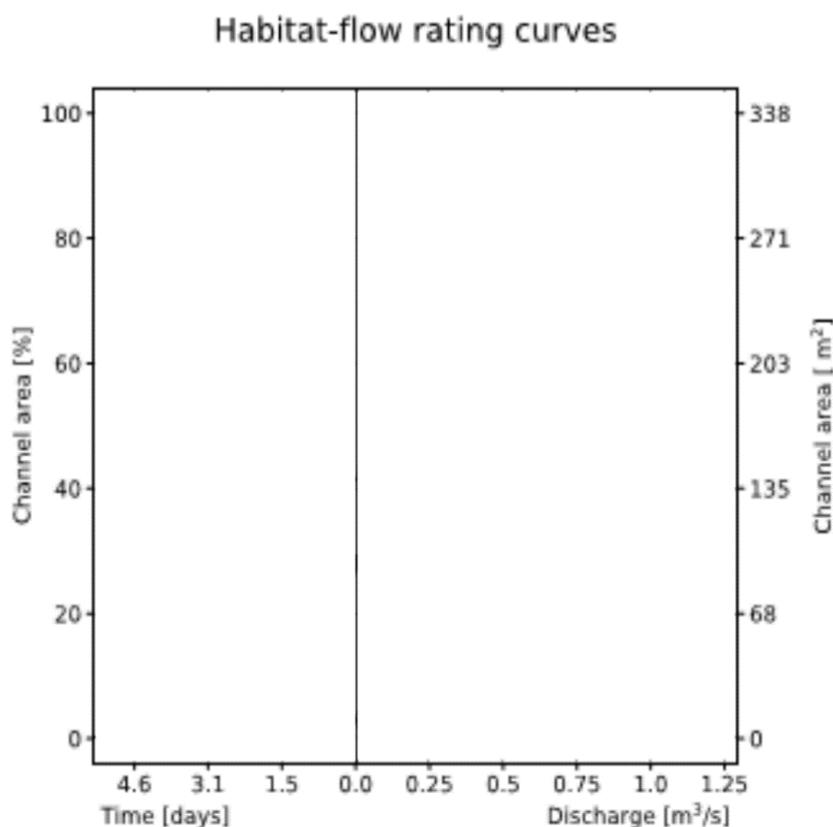
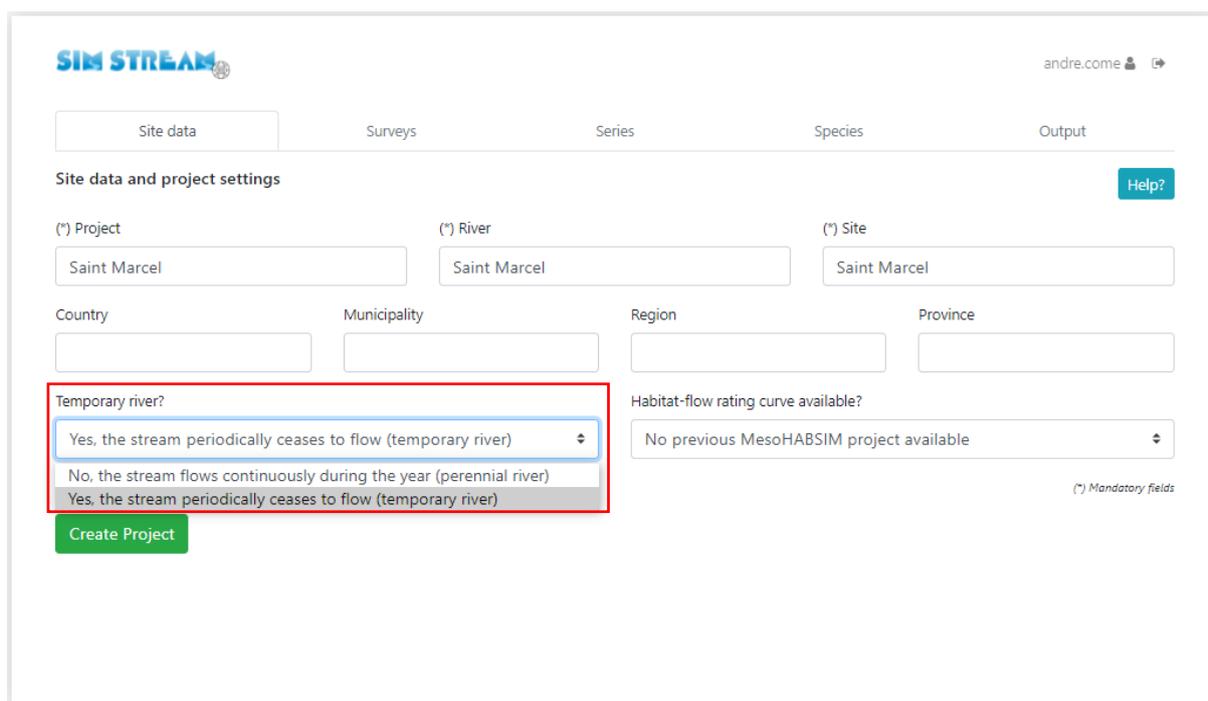


Figura 4.3 - Rappresentazione dei quadranti su cui vengono costruite le curve habitat-tempo-portata per i corsi d'acqua temporanei. Elaborazione a partire da output di SimStream-Web.

Il primo quadrante è la porzione di grafico in cui vengono rappresentate le disponibilità di habitat che si riscontrano durante la flowing phase, in maniera analoga a quanto avviene per i fiumi perenni. Nel secondo quadrante sono rappresentate le disponibilità di habitat in funzione del tempo trascorso dal momento in cui la portata si è annullata, generalmente la disponibilità di habitat diminuisce all'aumentare del tempo. La dry phase, se presente, è posta a sinistra della ponding phase ed è caratterizzata da un'area bagnata e da una disponibilità di habitat nulle.

4.3 Dati richiesti in input: differenze rispetto ai fiumi perenni

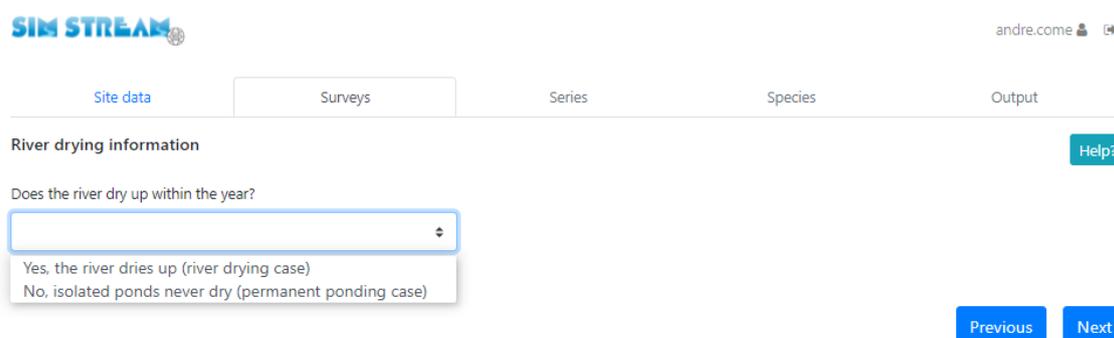
Rispetto al caso di corsi d'acqua perenni, per quelli temporanei è necessario indicare, in fase di caricamento dei dati di input, un numero maggiore di informazioni. Queste ultime sono necessarie per la costruzione della porzione di curva habitat-tempo-portata caratterizzata da portata nulla. I dati richiesti differiscono tra le due configurazioni che possono assumere i corsi d'acqua temporanei, nel seguito sono analizzate in successione le procedure di caricamento per l'opzione river dry case e per l'opzione permanent pond case. La scelta tra queste due opzioni deve essere fatta nella sezione "Site data" come indicato in Figura 4.4.



The screenshot shows the 'SIM STREAM' web interface. At the top, there is a navigation bar with tabs for 'Site data', 'Surveys', 'Series', 'Species', and 'Output'. The 'Site data' tab is active. Below the navigation bar, there is a section titled 'Site data and project settings' with a 'Help?' button. The form contains several input fields: 'Project' (Saint Marcel), 'River' (Saint Marcel), 'Site' (Saint Marcel), 'Country', 'Municipality', 'Region', and 'Province'. A dropdown menu for 'Temporary river?' is highlighted with a red box, showing three options: 'Yes, the stream periodically ceases to flow (temporary river)', 'No, the stream flows continuously during the year (perennial river)', and 'Yes, the stream periodically ceases to flow (temporary river)'. Below the dropdown is a 'Create Project' button. To the right of the dropdown is another dropdown for 'Habitat-flow rating curve available?' with the option 'No previous MesoHABSIM project available'. A note '(*) Mandatory fields' is visible at the bottom right of the form.

Figura 4.4 - Scelta dell'opzione "Temporary river?" nella sezione "Site data" del software SimStream-Web.

Selezionando l'opzione "Yes, the stream periodically ceases to flow (temporary river)" si giunge nella sezione "Surveys" dove si deve indicare quale dei due casi di fiume temporaneo si intende analizzare (Figura 4.5).



The screenshot shows the 'SIM STREAM' web interface. At the top, there is a navigation bar with tabs for 'Site data', 'Surveys', 'Series', 'Species', and 'Output'. The 'Surveys' tab is active. Below the navigation bar, there is a section titled 'River drying information' with a 'Help?' button. The form contains a dropdown menu for 'Does the river dry up within the year?' with two options: 'Yes, the river dries up (river drying case)' and 'No, isolated ponds never dry (permanent ponding case)'. Below the dropdown are 'Previous' and 'Next' buttons.

Figura 4.5 - Scelta dell'opzione per i fiumi temporanei nella sezione "Surveys" del software SimStream-Web.

Scegliendo l'opzione river drying case, compare a schermo un nuovo campo in cui si deve indicare il numero di giorni necessari per giungere nella configurazione di assenza di acqua in alveo dal momento in cui il deflusso è cessato. Nel caso di fiume temporaneo in cui si raggiungono condizioni di sponde permanenti, viene invece richiesto il numero di giorni per giungere nella condizione stabile, momento dal quale l'area bagnata rimane costante.

A questo punto si giunge al caricamento dei rilievi che è un'operazione analoga al caso di fiumi perenni con l'aggiunta delle seguenti restrizioni:

- per il dry case è necessario effettuare almeno un rilievo durante la ponding phase, ovvero in condizioni di assenza di deflusso ma con la presenza di ristagni di acqua;
- per il permanent ponding case è necessario che il primo rilievo inserito sia stato effettuato in condizioni di sponde costanti

Nel momento in cui si intende effettuare una valutazione dell'habitat su un corso d'acqua temporaneo attraverso l'uso del software SimStream-Web si devono tenere a mente le considerazioni appena fatte e la fase di pianificazione de rilievi in campo deve essere svolta di conseguenza.

Le serie di portata da inserire per i fiumi temporanei sono uguali a quelle per i fiumi perenni fatto salvo per la possibilità di caricare valori di portata di riferimento nulli. Nel caso di fiumi perenni non è infatti possibile inserire un file di portate che contenga valori nulli nella colonna dedicata alla serie di riferimento. Nel momento in cui si carica una serie di portata reference contenenti valori nulli, l'algoritmo di validazione del software riconosce l'errore e compare a schermo una schermata d'errore con la descrizione dello stesso (Figura 4.6).

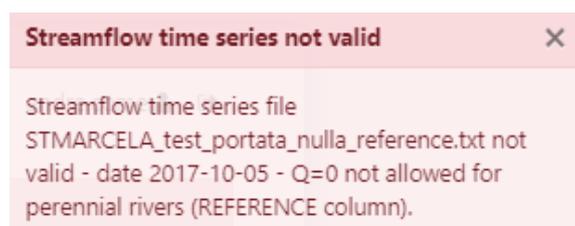


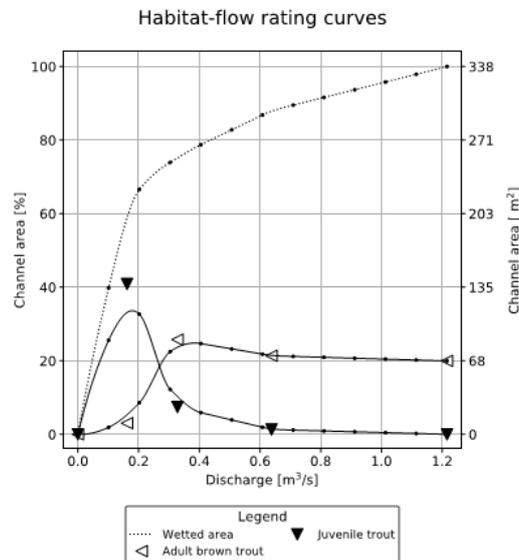
Figura 4.6 - Fatal error relativo al tentativo di caricamento di una serie di portata reference contenete valori nulli.

4.4 Dati in output: differenze rispetto ai fiumi perenni

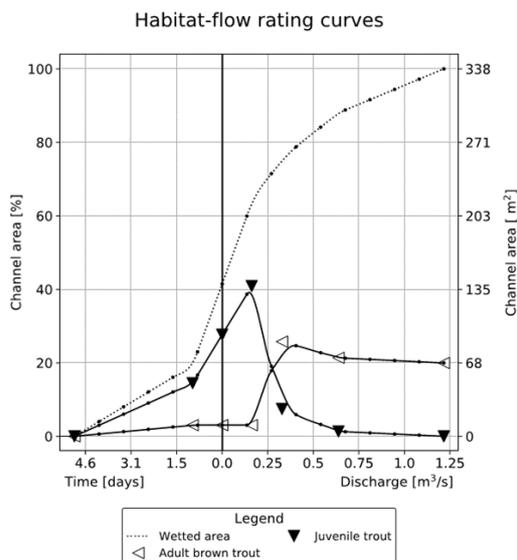
La metodologia MesoHABSIM permette di classificare attraverso i modelli biologici le UMI e di calcolare gli indici ITH, ISH e IH sia per i fiumi temporanei che per i fiumi perenni, di conseguenza gli output dei due casi sono analoghi.

Come già indicato in precedenza, l'unica differenza che si riscontra risiede a livello delle curve habitat-portata che nel caso di fiumi perenni dovranno tenere conto anche della disponibilità di habitat durante l'assenza di deflusso. Nella Figura 4.7 viene riportato un confronto tra le curve habitat-portata e habitat-tempo-portata. Si noti come la curva relativa al caso perenne sia più semplice non dovendo tenere in considerazione i periodi con assenza di deflusso.

Perennial river



River drying case



Permanent ponding case

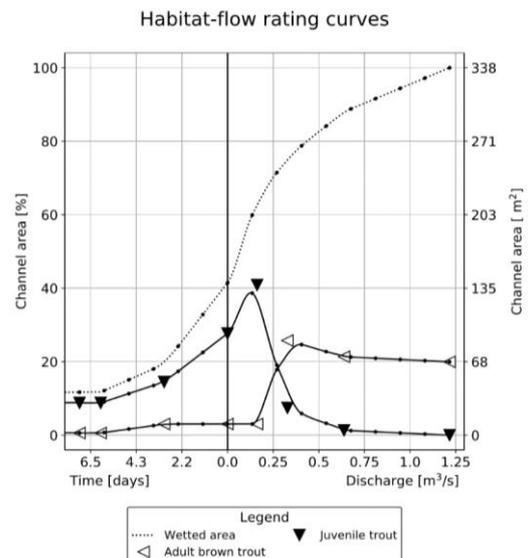


Figura 4.7 – Confronto tra una curva habitat-portata per un fiume perenne e due curve habitat-tempo-portata per un progetto fittizio creato a partire dal caso studio sul torrente Saint Marcel (AO). In basso a sinistra è riportato il river dry case in cui si giunge nella condizione di alveo completamente asciutto. La fine della ponding phase si raggiunge a 6 giorni dalla cessazione del deflusso superficiale, punto in cui le tre curve assumono valore nullo. Nel caso in basso a destra si è testata l'opzione permanent ponding case, condizione che si raggiunge a 6 giorni dalla cessazione del deflusso superficiale, punto in cui le tre curve diventano orizzontali.

Osservando i grafici di Figura 4.7 si può intuire una leggera differenza tra il caso di fiume perenne e il caso di fiume temporaneo in merito al procedimento di calcolo dell'analisi su serie di portate. La presenza di giorni a portata nulla per quanto riguarda le serie di portata in condizioni alterate prevede una sottostima di habitat da parte dell'algoritmo di calcolo dei fiumi perenni, per i quali una portata nulla è convertita in habitat nullo. Per i fiumi temporanei, a meno che non ci si trovi nella condizione di alveo completamente asciutto, una portata nulla non è sinonimo di disponibilità di habitat pari a zero. Le analisi sulle serie di habitat generate a partire dalle serie di portata e dalle curve habitat-portata sono uguali nei due casi.

4.5 Beta testing dell'applicazione ai fiumi temporanei

Per il beta testing dell'applicazione ai fiumi temporanei sono stati creati dei progetti fittizi a partire da progetti reali su fiumi perenni. Partendo dai rilievi per il torrente Saint Marcel (AO), si è provveduto a generare una serie di rilievi che rispondessero alle caratteristiche richieste ad un rilievo effettuato in assenza di deflusso. Per far ciò si è modificato il mosaico di UMI riferito al rilievo effettuato a portata minore eliminando le UMI che non rispondono alle tipologie richieste. Dopo questa operazione si sono modificate contestualmente le colonne riferite al numero delle UMI (HMU_NUM) in modo che rispettassero l'ordine progressivo necessario per l'inserimento nel software. Successivamente si è provveduto a diminuire l'estensione areale delle UMI rimaste tramite il comando di edit dei vertici di QGIS. Dalla tabella degli attributi è possibile modificare anche i valori di Z_MAX e Z_MIN delle UMI. In seguito si sono modificate le tabelle contenenti i rilievi puntuali di velocità, profondità e substrato, andando a:

- cancellare le righe relative alle UMI eliminate in precedenza;
- modificare i valori HMU_NUM per renderli congruenti con quanto riportato nelle tabelle degli attributi relative al mosaico di UMI;
- diminuire i valori di velocità e profondità nelle due colonne dedicate.

Si possono creare anche serie di portata generate ad hoc per poter testare casi degeneri o per fare in modo di inserire un numero di giorni consecutivi di portata nulla tale per cui si rientri nei vari casi di fiume temporaneo. Nei paragrafi che seguono sono riportati i casi più significativi di test effettuati per i corsi d'acqua temporanei.

4.5.1 Definizione del numero minimo di HMU per rilievo

Durante il primo caricamento di test fittizio per i fiumi temporanei è sorto subito un problema riguardante il numero di UMI che deve contenere un determinato rilievo a portata nulla per poter essere accettato dal software. Il rilievo in questione era composto da una sola UMI di tipo pool e non veniva accettato dal sistema di validazione del software (Figura 4.8).

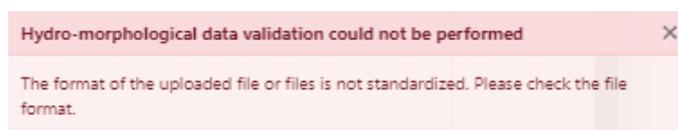


Figura 4.8 - Fatal error occorso durante il caricamento del rilievo a portata nulla per il progetto di fiume temporaneo fittizio generato sul torrente Saint Marcel.

Il messaggio di errore riportato in Figura 4.8 è un messaggio generico che viene mostrato all'utente quando la validazione 'crasha' in maniera non controllata. Per visualizzare i dettagli dei messaggi di errore di questo tipo è possibile cliccare da tastiera il tasto F12 che permette di aprire la console, da dove, alla voce object, si può visualizzare il messaggio di errore restituito dall'algoritmo di validazione (Figura 4.9). Il messaggio in questione indica che l'errore è dato dal fatto che il rilievo inserito è composto da una sola UMI. L'algoritmo prevede che per poter essere validato, il rilievo debba presentare un minimo di 3 UMI, è buona pratica comunque rispettare le indicazioni del manuale MLG 154/2017 che indica in 10 il numero minimo di UMI per garantire una buona rappresentatività del sotto-tratto oggetto di studio.

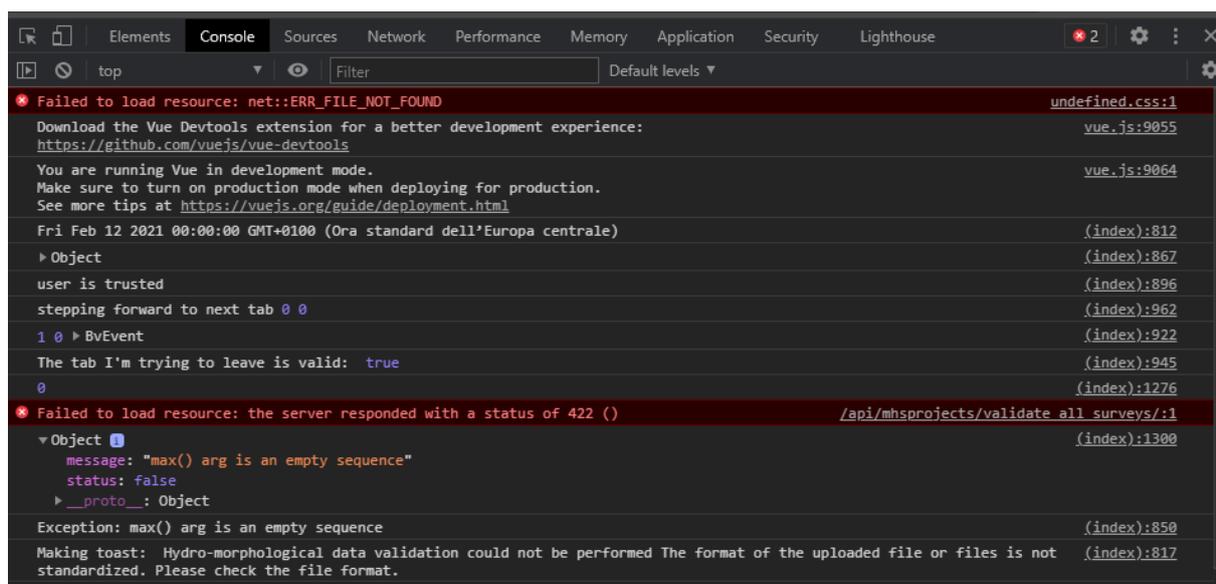


Figura 4.9 - Schermata console degli strumenti di sviluppo, da questa pagina è possibile visualizzare gli errori generici occorsi durante la validazione degli input.

La validazione vista in precedenza è stata in principio definita per i rilievi sui fiumi perenni ed è stata adottata anche per quelli temporanei durante la fase di sviluppo della nuova applicazione. Dopo che la questione è stata sollevata dal progetto fittizio visto in precedenza, si è provveduto a modificare l'algoritmo di validazione. Il vincolo sul numero minimo di UMI è stato tolto per i rilievi a portata nulla relativi ai fiumi temporanei, è possibile infatti che durante la poding phase sia presente una sola UMI per il sottotratto oggetto di studio. Per i rilievi a portata non nulla relativi a fiumi temporanei si è scelto di adottare la medesima

validazione adoperata per i fiumi perenni. Il sistema di validazione fa in modo che all'utente non sia possibile caricare un mosaico di UMI contenente meno di 3 unità. Nel caso in cui si carichi un file con un numero di UMI maggiore di tre ma inferiore al valore consigliato di 10, all'utente viene mostrato un messaggio di warning che non blocca il caricamento e il calcolo degli output ma, attraverso l'apposito tasto "Show warning logs", indica all'utente che il numero minimo di UMI consigliate dalla metodologia è 10.

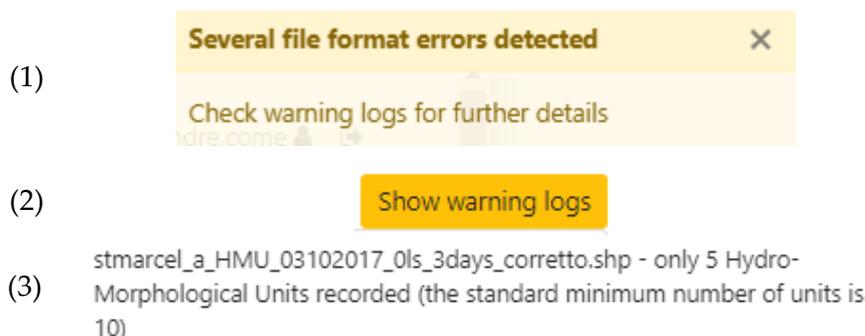


Figura 4.10 – Schematizzazione del processo con cui l'utente può visualizzare i messaggi di warning in fase di caricamento degli input. Nel momento in cui viene salvato il file di upload compare in alto a destra il messaggio riportato nel riquadro giallo (1) che invita l'utente a cliccare sul tasto "Show warning logs" (2) dal quale si possono vedere i vari messaggi di warning. In questo caso (3) viene riportato il messaggio di warning relativo al minimo numero di UMI indicate come standard di riferimento per la metodologia MesoHABSIM.

4.5.2 Test progetti fittizi ed evidenziazione baco UCUT

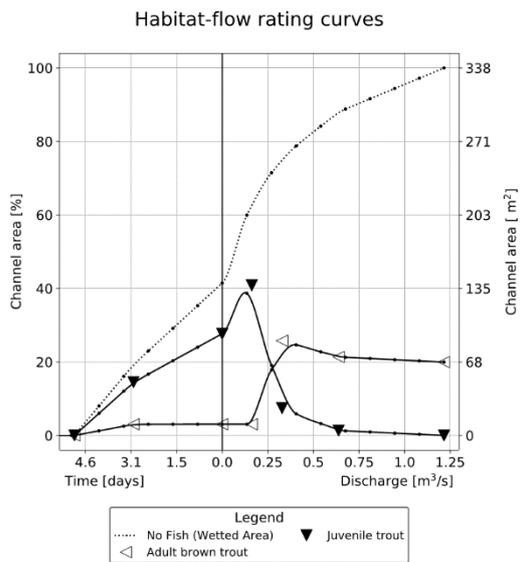
In attesa delle modifiche al sistema di validazione, si sono rese necessarie delle modifiche ai rilievi fittizi analizzati nel paragrafo precedente in modo da procedere al test vero e proprio di tali progetti con l'obiettivo di verificare il calcolo delle curve habitat-tempo-portata. Si sono definiti due rilievi fittizi a portata nulla, dalla cui combinazione si sono andati a coprire le varie configurazioni che può assumere un fiume temporaneo. Per queste analisi è stata inserita come specie campione la trota fario, sia allo stadio adulto che allo stadio giovanile. La scelta di inserire solo due specie per questo genere di analisi nasce dalla necessità di rendere i grafici delle curve habitat-tempo-portata il più possibile leggibili.

Nella pagina seguente sono riportati quattro grafici di curve habitat-tempo-portata relativi a quattro test generati per coprire le seguenti configurazioni:

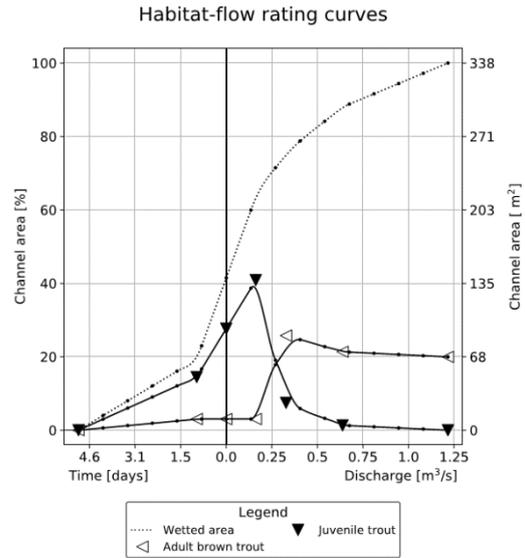
- 1) River drying case con rilievo a portata $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ effettuato dopo 3 giorni dal momento in cui la portata si annulla;
- 2) River drying case con rilievo a portata $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ effettuato dopo un giorno dal momento in cui la portata si annulla;

- 3) River drying case con rilievo a portata $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ effettuato dopo due giorni dal momento in cui la portata si annulla, il rilievo è stato modificato rispetto ai due casi precedenti;
- 4) Permanent ponding case con un rilievo dopo tre giorni e un rilievo dopo 6 giorni dal momento in cui la portata si annulla.

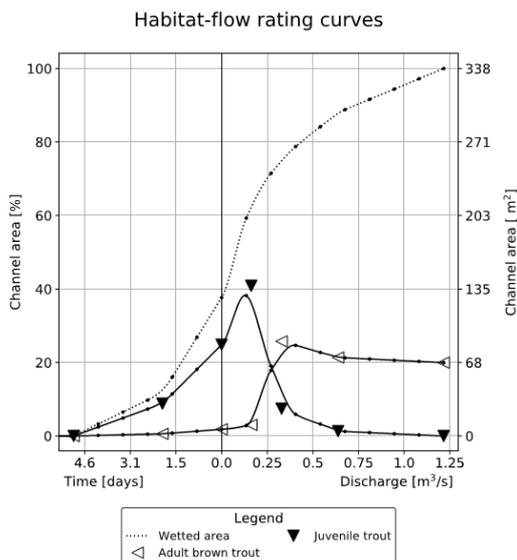
1) *Drying phase dopo 5 giorni*



2) *Drying phase dopo 5 giorni*



3) *Drying phase dopo 5 giorni*



4) *Permanent ponds state dopo 6 giorni*

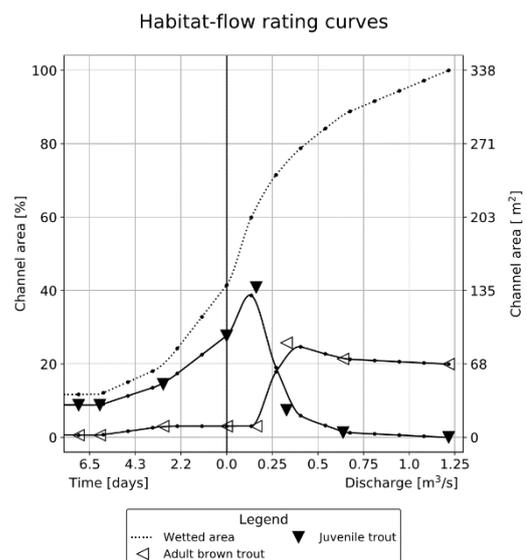


Figura 4.11 – Rappresentazione delle curve habitat-tempo-portata per i test effettuati sul progetto temporaneo fittizio per il torrente Saint Marcel.

Dai grafici di Figura 4.11 si può fare una prima importante considerazione sul processo di calcolo con cui vengono definite le curve habitat-tempo-portata. Per prima cosa si deve precisare che i rilievi a portata $Q > 0 \text{ m}^3/\text{s}$ sono gli stessi per tutti e quattro i progetti. Per il caso (1) e per il caso (2), entrambi del tipo river drying case, il rilievo effettuato a portata nulla è il medesimo. I due progetti si differenziano per il fatto che in un caso il rilievo a portata nulla è stato effettuato dopo tre giorni dal momento in cui il deflusso è cessato mentre nel secondo caso tale rilievo è stato effettuato dopo un giorno. La differenza risultante risiede dunque in una traslazione del rilievo relativo a $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$. Osservando i grafici relativi ai due casi in questione si può notare come la disponibilità di habitat associata al momento in cui la portata si annulla risulti essere la stessa. Ciò è dovuto al fatto che la disponibilità spaziale di habitat in questione è calcolata prendendo il valore a metà tra la disponibilità di habitat associata al rilievo effettuato a portata minima e la disponibilità di habitat del primo rilievo effettuato dopo che il deflusso è cessato.

Attraverso l'uso di excel si è provveduto a verificare la bontà del calcolo dei valori delle curve habitat-tempo-portata effettuando un'interpolazione sui valori di habitat contenuti nel file di testo riassuntivo dell'applicazione dei modelli biologici. Tale operazione non ha evidenziato errori di calcolo dell'algoritmo di SimStream-Web.

Si è passati alla verifica degli output generati dalla seconda parte del processo di calcolo, quella relativa alle analisi statistiche sulle serie di portata. Per questa analisi si è deciso di adoperare il progetto relativo alla curva habitat-tempo-portata del caso (1) di Figura 4.11. Le serie di portata in condizioni alterate sono state generate a partire dalla serie in condizioni di riferimento andando a rendere pari a $0 \text{ m}^3/\text{s}$ le portate relative ad alcune giornate. Nello specifico si sono volute analizzare varie situazioni in modo che la serie in condizioni alterate risulti:

- identica alla serie in condizioni di riferimento (scenario altered 1);
- avere un numero di giorni consecutivi a portata nulla pari al numero di giorni dopo la cessazione del deflusso in cui si è effettuato il rilievo a portata nulla (scenario altered 2);
- avere un numero di giorni consecutivi a portata nulla pari al numero di giorni dopo la cessazione del deflusso in cui l'alveo risulta essere completamente asciutto (scenario altered 3);
- avere un numero di giorni consecutivi a portata nulla maggiore al numero di giorni dopo la cessazione del deflusso in cui l'alveo risulta essere completamente asciutto (scenario altered 4).

I giorni consecutivi presenti nelle varie serie testate sono riassunti in Tabella 4.1, le serie di portata in questione sono riportate in Figura 4.12 - Rappresentazione delle serie di portata relative ai vari test effettuati sul progetto temporaneo fittizio per il torrente Saint Marcel.

Tabella 4.1 - Riassunto delle configurazioni delle serie altered testate per l'analisi statistica delle serie per i corsi d'acqua temporanei.

Scenario	Giorni consecutivi con Q=0
Altered 1	0
Altered 2	3
Altered 3	5
Altered 4	7

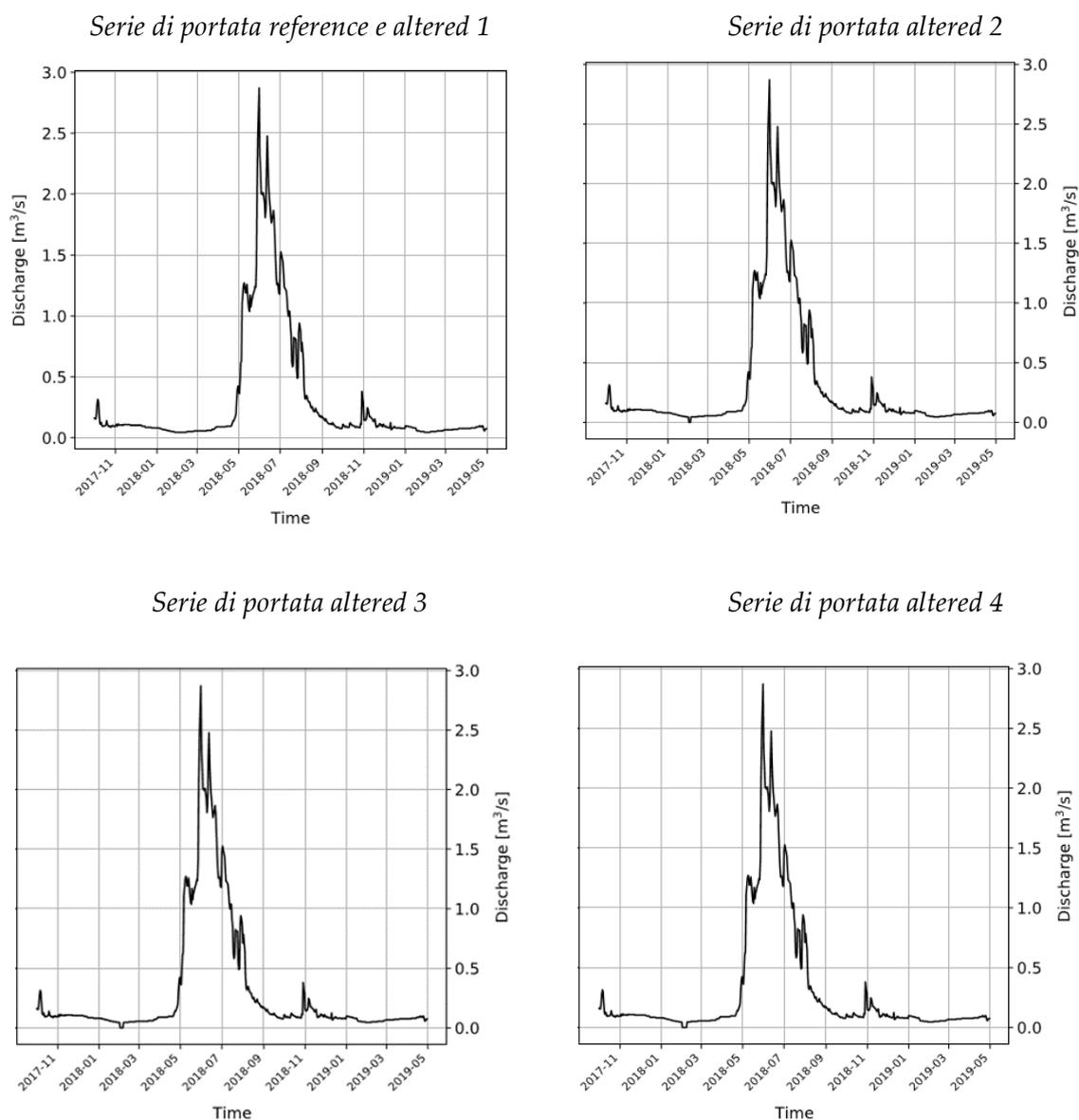


Figura 4.12 - Rappresentazione delle serie di portata relative ai vari test effettuati sul progetto temporaneo fittizio per il torrente Saint Marcel.

Come si può notare da Figura 4.12, le serie di portata sono le stesse identiche fatto salvo per un breve lasso di tempo tra gennaio e marzo 2018 in cui le serie altered presentano un intervallo di gironi a portata nulla variabili come riportato in Tabella 4.1.

I risultati dell'analisi tramite l'applicazione degli indici di disponibilità di habitat sono riassunti in Figura 4.13.

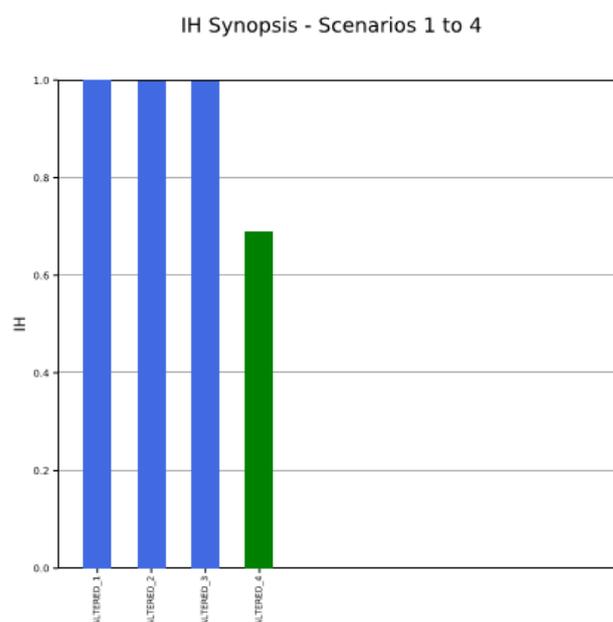


Figura 4.13 - Istogrammi di sintesi degli indici IH per i 4 scenari del progetto fittizio per il torrente saint Marcel (file IH_Synopsis_Scenarios_1-4).

Tabella 4.2 - Valori numerici degli indici IH per i 4 scenari del progetto fittizio per il torrente saint Marcel (file IH_Synopsis_Scenarios_1-4).

Scenario	IH
ALTERED_1	1
ALTERED_2	1
ALTERED_3	1
ALTERED_4	0.69

Dall'osservazione della Tabella 4.2 balza subito all'occhio il fatto che per i primi tre scenari l'indice è pari all'unità, ovvero non vi è alterazione dell'habitat passando dallo scenario di riferimento allo scenario in condizioni alterate. Il quarto scenario, quello avente un numero di giorni consecutivi a portata nulla che fa in modo che si giunga in condizioni di alveo completamente asciutto, presenta un valore dell'indice IH pari a 0.69 che evidenzia la presenza di un'alterazione dell'habitat. Tenendo a mente il fatto che passando dallo scenario 3 allo scenario 4 vi sono solamente due giorni a portata nulla di differenza, non si riesce a spiegare la notevole distanza in termini relativi presente tra i valori dell'indice IH per lo scenario 3 e lo

scenario 4. Si può notare dalla Tabella 4.3 come questa differenza di IH sia imputabile al valore di ITH, e che l'indice ISH per lo scenario 4 pari a 0.99, non si discosti troppo dai valori del medesimo indice per gli altri scenari.

Tabella 4.3 - Risultati del calcolo degli indici ISH e ITH contenuti nel file ISH_ITH_Synopsis per il progetto fittizio in questione sul torrente Saint Marcel.

Scenario	BROW_A_R_ISH	BROW_A_R_ITH	TROU_J_R_ISH	TROU_J_R_ITH
ALTERED_1	1	1	1	1
ALTERED_2	1	1	1	1
ALTERED_3	1	1	1	1
ALTERED_4	1	0.69	0.99	0.89

In Tabella 4.4 è riportato il dettaglio della disponibilità di habitat nell'intorno del periodo in cui la portata in condizioni alterate assume valori nulli. Dato che la soglia di habitat associata alla portata Q97 è pari a 3,04 % e che la stessa viene arrotondata all'intero superiore (4 %), gli intervalli sotto-soglia delle due serie devono risultare i medesimi, fatto che dovrebbe portare ad un valore di ITH unitario.

Tabella 4.4 – Intervallo di serie di habitat reference e altered 4 nell'intorno del periodo a portata nulla per lo scenario in condizioni alterate.

DATE	REFERENCE [m3/s]	ALTERED_4 [m3/s]	HAB_REF [%]	HAB_ALTER [%]
31/01/2018	0.045	0.045	3.04	3.04
1/2/2018	0.045	0	3.04	3.04
2/2/2018	0.045	0	3.04	3.04
3/2/2018	0.045	0	3.04	3.04
4/2/2018	0.045	0	3.04	2.74
5/2/2018	0.045	0	3.04	1.52
6/2/2018	0.045	0	3.04	0
7/2/2018	0.045	0	3.04	0
8/2/2018	0.045	0.045	3.04	3.04

Le curve UCUT del caso in questione sono riportate in Figura 4.14. Come si può notare le due curve non coincidono, la curva in condizioni altered è posizionata in una zona più vicina all'origine degli assi rispetto alla curva in condizioni di riferimento. Si è dunque evidenziato

un bug del software che si manifesta nel momento in cui viene svolta l'analisi di integrità di habitat per una serie in cui sono presenti delle giornate aventi portata nulla.

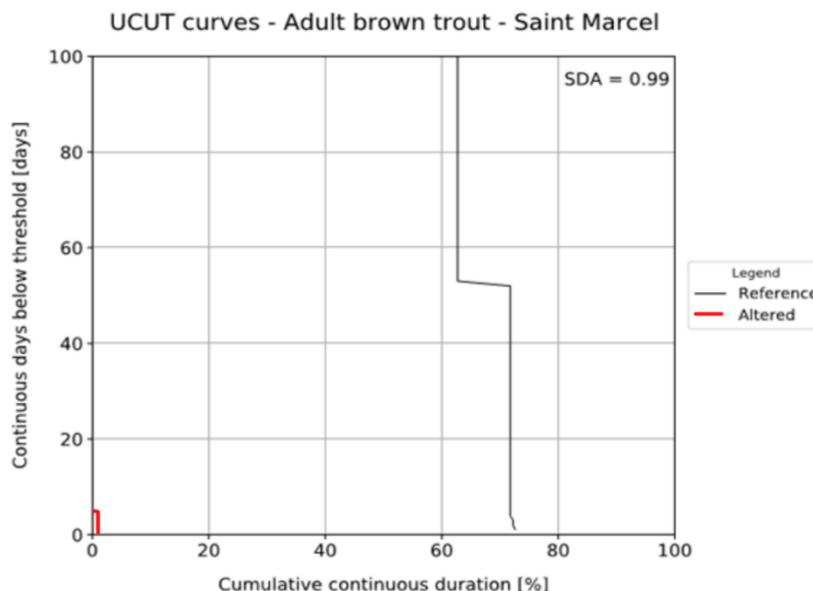


Figura 4.14 - Rappresentazione delle curve UCUT associate alla soglia AQ97 arrotondata. La curva UCUT per le condizioni alterate è stata messa in evidenza tramite la colorazione rossa.

Andando a osservare il fascio di curve UCUT in condizioni alterate per il caso in questione (Figura 4.15) si è notata la presenza di tre curve in prossimità dell'origine degli assi, accanto alla curva più a destra di questo gruppo viene riportato il numero 3 che indica la soglia associata. La curva associata alla soglia 3% sembra ricalcare l'andamento della curva UCUT altered riportata in Figura 4.14.

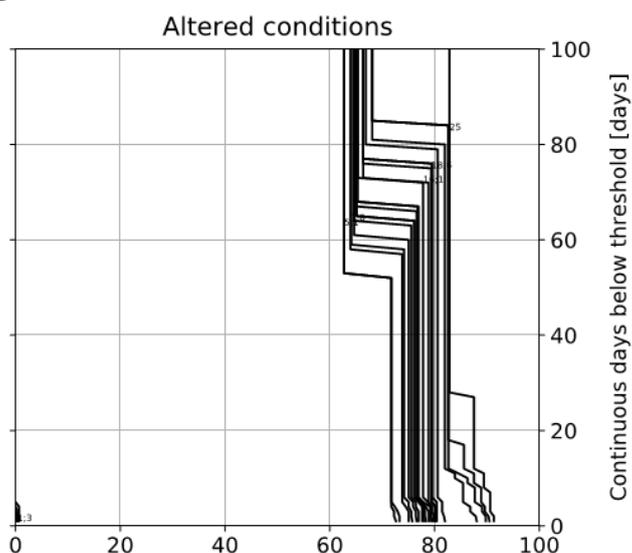


Figura 4.15 – Rappresentazione del fascio di UCUT per la serie di habitat altered.

Dalle considerazioni precedenti si giunge a ipotizzare che per il calcolo dell'indice ITH sia stata utilizzata la curva UCUT in condizioni alterate associata ad una soglia diversa da quella definita dal 97° percentile di portata. Per verificare questa ipotesi è possibile adoperare le tabelle di testo contenenti i valori del fascio di curve UCUT, dall'osservazione di tale file si evince come ci sia una discrepanza tra le curve UCUT associate alla soglia del 4% presa a riferimento per il calcolo dell'indice ITH. I valori non nulli della colonna relativa al 4% sono solamente 4 per il caso altered mentre sono 199 per il caso reference. Se per le UCUT in condizioni alterate si osserva la colonna adiacente, quella associata alla soglia del 5%, si nota che essa coincide con la colonna delle UCUT reference associate alla soglia AQ97. Si ipotizza dunque che il bug dell'algoritmo risieda in un'errata definizione delle curve UCUT. Per verificare che tale ipotesi sia corretta si sono calcolate tramite script di Python le curve UCUT a partire dalle serie di habitat, operazione che ha confermato l'errore del software nella generazione delle UCUT quando nella serie di habitat è presente almeno un valore nullo.

Per evidenziare meglio da un punto di vista grafico il baco in questione, si sono modificate le serie di portata in modo da creare delle curve UCUT in cui fosse maggiormente visibile la discrepanza tra la curva in condizioni di riferimento e quella in condizioni alterate (Figura 4.16).

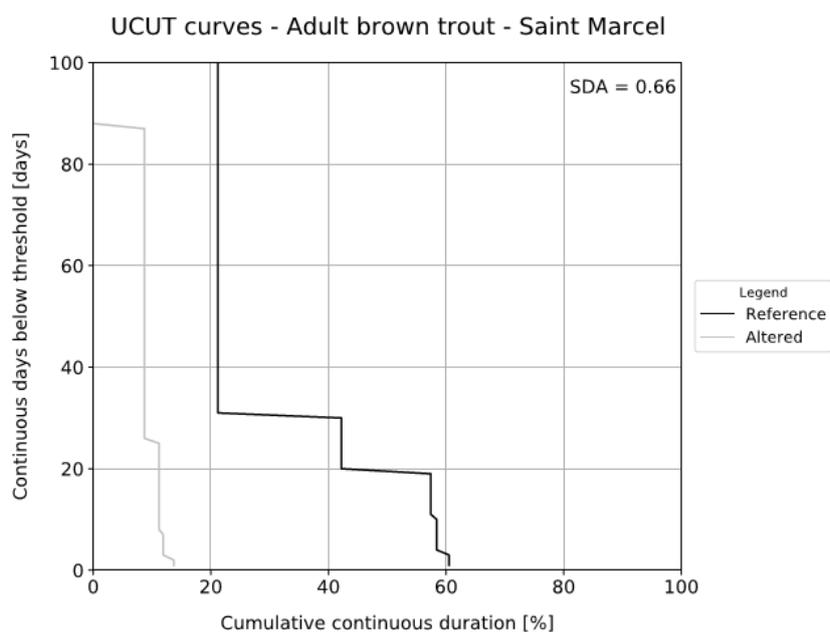


Figura 4.16 - Curve relative a un caso soggetto al baco dello shift delle UCUT. Le due curve dovrebbero sovrapporsi.

Il baco rilevato tramite il processo appena esposto era già noto agli sviluppatori in quanto analogo ad un altro baco già risolto in SimStream-Q, il quale provocava lo slittamento delle curve UCUT di fiumi perenni in presenza di valori nulli nella serie di habitat. Il baco è stato

risolto con una modifica dell'algoritmo di calcolo, in seguito alla quale si sono andati a testare i casi appena descritti per verificare l'effettiva bontà dell'aggiornamento. In Figura 4.17 sono riportate le curve UCUT relative al caso di Figura 4.16 ricalcolate a seguito dell'attività di debugging.

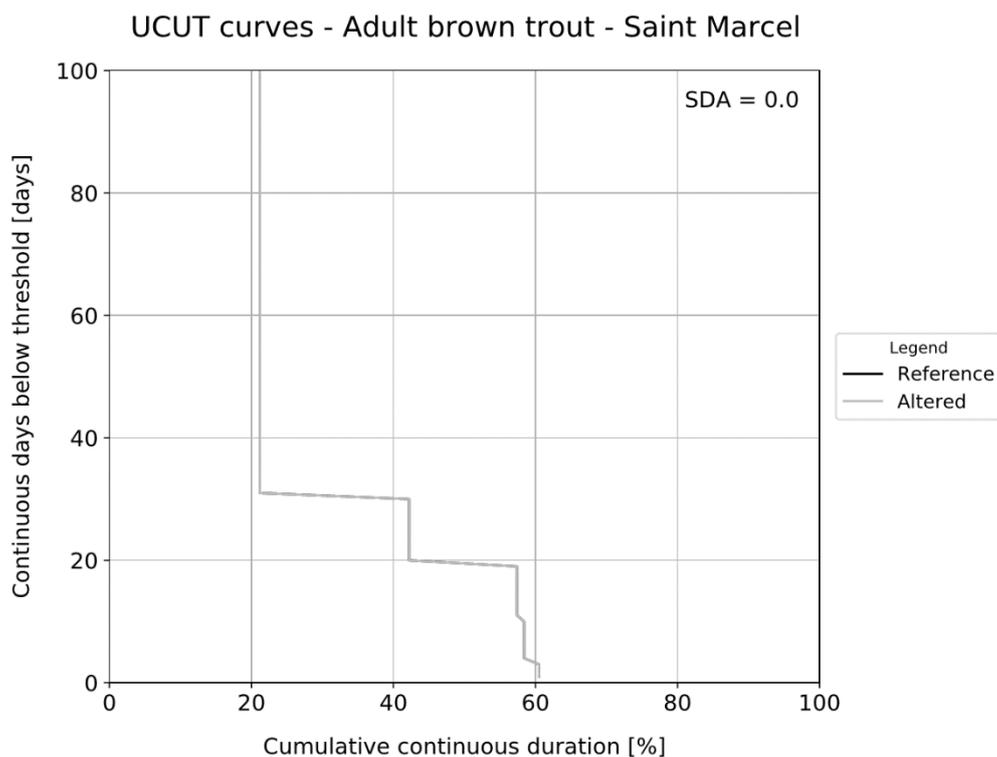


Figura 4.17 – Curve post deploy relative a un caso che era soggetto al baco dello shift delle UCUT. Le curve in condizioni di riferimento e alterate si sovrappongono correttamente.

5 Conclusioni

Il presente lavoro di tesi si è inserito all'interno dello sviluppo della nuova versione del software SimStream, lo strumento informatico sviluppato dal Politecnico di Torino per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM. SimStream si inserisce nell'ambito dell'ecoidraulica e costituisce un utile strumento per la definizione delle alterazioni che le derivazioni idriche generano sull'habitat fluviale. La nuova versione di SimStream opera come applicazione web ed è facilmente accessibile da qualunque browser. L'applicativo consente di caricare le informazioni rilevate in alveo e di effettuare analisi statistiche sulla disponibilità di habitat per differenti specie acquatiche, attraverso l'applicazione di modelli biologici che associano ai valori delle grandezze misurate la probabilità di presenza delle specie. Tramite la creazione di una correlazione habitat disponibile-portata defluente, si generano serie di habitat a partire da serie storiche di portata definite sia in condizioni di riferimento che in condizioni alterate dai prelievi idrici. Si giunge infine alla definizione dell'indice di integrità dell'habitat fluviale (IH) che quantifica l'alterazione in termini di habitat disponibile che si genera a valle di una derivazione. SimStream-Web fonda le sue basi sul precedente software denominato SimStream-Q, quest'ultimo svolge la sua stessa funzione di applicazione dell'approccio MesoHABSIM ma opera come plugin dell'applicazione desktop QGIS. Per l'esecuzione di SimStream-Q l'utente deve scaricare e installare sul proprio computer sia il software QGIS che il plugin, passaggi che non saranno più necessari con il lancio del nuovo applicativo.

Il lavoro di tesi si è focalizzato sul collaudo delle versioni beta di SimStream-Web la cui versione 1.0.0 verrà rilasciata da ISPRA nel mese di settembre 2021 rendendolo così disponibile agli enti e ai singoli professionisti. Nell'elaborato di tesi sono state analizzate le nuove funzionalità introdotte da SimStream-Web e le differenze nei file di input e output rispetto alla precedente versione. Si sono riportati inoltre i principali casi che, nel momento in cui sono stati testati, hanno permesso di rilevare comportamenti anomali dell'algoritmo. Le anomalie sono state prontamente comunicate agli sviluppatori che hanno provveduto alla loro risoluzione attraverso un'adeguata attività di debugging. Ad ogni nuovo aggiornamento della versione beta del servizio, si è effettuato un test dei casi che avevano generato i problemi, in questo modo si è potuta verificare la correttezza delle modifiche all'algoritmo. L'attività di collaudo non deve però ritenersi conclusa con il rilascio dell'applicativo. Delle opportune attività di testing dovranno essere eseguite ogniqualvolta verrà aggiornato il software. Futuri sviluppi di SimStream possono ad esempio ricercarsi nella definizione di modelli biologici per alcune specie non ancora disponibili per le analisi. Inoltre è assai probabile che durante l'utilizzo da parte degli utenti possano insorgere problematiche che sono sfuggite all'attività di beta testing come ad esempio casi degeneri che non si sono ipotizzati in precedenza. In questa evenienza

gli sviluppatori dovranno procedere a un nuovo debugging e al successivo test dell'algoritmo rinnovato.

Le nuove funzionalità introdotte con SimStream-Web rappresentano un importante passo in avanti rispetto alla versione precedente, le principali sono:

- Automazione dell'esecuzione;
- Miglioramento della user experience;
- Aumentata accessibilità;
- Miglioramento degli output;
- Applicazione ai fiumi temporanei;
- Possibilità di effettuare analisi a scala di bacino a partire dagli indici dei singoli sotto-tratti;
- Possibilità di adoperare curve habitat-portata precedentemente calcolate

Una volta effettuato correttamente il caricamento degli input, SimStream-Web esegue ora automaticamente l'algoritmo di calcolo. Nel momento in cui l'esecuzione va a buon fine, l'utente riceve una e-mail che lo informa circa la disponibilità degli output nella sezione download. Così facendo il processo è automatizzato e non necessita dell'intervento del personale. Se invece l'algoritmo di calcolo non viene eseguito correttamente, viene inviata una e-mail agli sviluppatori che potranno così ricercare la fonte dell'errore e procedere con l'attività di debugging.

Importanti passi avanti sono stati fatti anche per quanto concerne la user experience. La rinnovata veste grafica di SimStream-Web rende ora questo strumento più accattivante e al passo coi tempi rispetto alla precedente versione. Anche la navigazione tra le varie schermate risulta più fluida permettendo all'utente di famigliarizzare in fretta con l'interfaccia utente. In aggiunta è stata implementata una serie di suggerimenti per la correzione degli errori rilevati dal processo di validazione dei file di input, in modo da agevolarne la correzione e velocizzare il caricamento degli input formattati in modo congruo.

Un notevole sviluppo è da attribuirsi al fatto che per accedere a SimStream non è più necessario passare tramite l'utilizzo di QGIS. Benché QGIS rappresenti il software GIS (Geographic Information System) open source più diffuso al mondo e quindi sia correntemente utilizzato da una gran parte dei professionisti, la nuova applicazione risulta essere completamente svincolata dalla necessità di installare tale software per poter eseguire le analisi. L'utilizzo di un software di analisi dei sistemi informativi geografici resta comunque essenziale per tutte quelle operazioni accessorie all'esecuzione delle analisi quali ad esempio:

- la creazione e la visualizzazione dei mosaici dei rilievi in alveo da utilizzare in input;
- la visualizzazione e l'analisi delle mappe contenenti i risultati dei modelli biologici e le disponibilità di habitat generate come output.

Nonostante ciò, il passaggio alla nuova versione permette di poter effettuare il caricamento dei progetti e lo scarico dei relativi risultati tramite un qualsiasi browser, rendendo sicuramente migliore la fruibilità del servizio.

SimStream-Web ha apportato alcune modifiche agli output, in modo da favorirne l'analisi da parte degli utenti. L'introduzione negli output dei tre file di riepilogo degli indici di integrità dell'habitat per i vari scenari di portata alterata, permettono ora un rapido confronto senza la necessità di dover operare una macchinosa operazione di apertura delle varie cartelle dei singoli scenari. Così facendo l'utente risparmia tempo e ha subito a portata di mano i risultati complessivi per il confronto tra gli scenari. Un'altra miglioria è individuabile nel file di output contenente i grafici delle serie di habitat in cui non viene mostrata come in precedenza la soglia AQ97 ma il suo valore arrotondato all'intero successivo. In questo modo l'utente può visualizzare in figura il reale numero di intervalli sotto-soglia, poiché è proprio il valore arrotondato ad essere utilizzato per la definizione degli eventi di stress. Tuttavia una corretta analisi degli eventi sotto-soglia deve passare dallo studio delle serie numeriche di habitat poiché in alcuni casi con serie temporali molto estese, la lettura dei grafici in questione può risultare non troppo chiara. Nei file di riepilogo dei parametri calcolati per i singoli scenari, al fine di sottolineare una volta di più il fatto che la soglia critica di habitat definita dalla metodologia MesoHABSIM viene arrotondata, il valore intero della soglia viene riportato tra parentesi a fianco del valore di AQ97. Un nuovo file di output è ora generato per riportare in tabella i valori contenuti negli istogrammi di distribuzione di frequenza dei rilievi puntuali di velocità, profondità e substrato. Come visto nei capitoli precedenti, quest'ultimo file è risultato molto utile anche in fase di beta testing per l'individuazione del baco che causava una stampa erronea degli istogrammi. Infine si segnala come l'introduzione di alcune piccole correzioni sui grafici di output (ad es. modifiche dello spessore delle linee) abbia permesso di rendere le immagini più chiare e leggibili.

La possibilità di applicazione ai fiumi temporanei ha consentito di aprire nuovi orizzonti per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM dal momento che essi rappresentano una tipologia di fiumi assai comune nell'area mediterranea.

Una nuova funzionalità permette, in pochi passaggi, di calcolare il valore dell'indice di disponibilità di habitat (IH) a scala di bacino. È infatti possibile effettuare una media pesata sulla lunghezza dei valori degli indici IH calcolati su alcuni sotto-tratti del medesimo fiume. SimStream-Web consente di effettuare tale analisi andando semplicemente ad indicare la lunghezza dei sotto-tratti precedentemente analizzati, i valori degli indici sono presi in automatico dal database dove sono archiviati tutti i risultati delle analisi.

Molto utile nella pratica si rivela la possibilità di poter evitare il caricamento dei file dei rilievi in alveo per i progetti che si sono già calcolati in precedenza. Capita spesso di modificare le serie di portata in condizioni alterate per un medesimo sotto-tratto, non dovendo ricaricare i

file contenenti le informazioni sulla morfologia dell'alveo si risparmia una notevole quantità di tempo che in precedenza era necessaria per l'operazione di inserimento dei dati.

SimStream-Web è stato sviluppato con un occhio di riguardo verso la scalabilità del software, attributo che consente di poter aggiungere nuove funzionalità al sistema senza doverne modificare le caratteristiche fondamentali. La sua struttura ed il suo algoritmo sono stati pensati e creati in modo da rendere più pratici e veloci gli aggiornamenti del software. Questa condizione favorirà in futuro lo sviluppo e l'applicazione di nuove potenzialità della metodologia MesoHABSIM. Previa adeguata calibrazione dei modelli biologici, si potranno inserire in analisi nuove specie di pesci, invertebrati acquatici e magari anche di mammiferi e uccelli.

6 Bibliografia

Parasiewicz, P., 2007. The MesoHABSIM model revisited. *River Research and Applications*.

Parasiewicz, 2001. MesoHABSIM: A concept for application of instream flow models in river restoration planning..

Parasiewicz, P. et al., 2013. Applications of the MesoHABSIM Simulation Model.. *Ecohydraulics: an integrated approach*.

Parasiewicz, P. et al., 2012b. Use of quantitative habitat models for establishing performance metrics in river restoration planning.. *Ecohydrology*.

Rinaldi M., B. B. C. F. N. L. M. L. B. M., 2016. Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM). Versione aggiornata 2016.. *ISPRA– Manuali e Linee Guida 132/2016*, gennaio.

Rinaldi, M. et al., 2016. Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM). Versione aggiornata 2016.. *ISPRA– Manuali e Linee Guida 132/2016*, gennaio.

Veza , P., Parasiewicz, P., Rosso, M. & Comoglio, C., 2012a. Defining minimum environmental flows at regional scale: application of mesoscale habitat models and catchments classification..

Veza, P. et al., 2014. Habitat modelling in high gradient streams: the meso-scale approach and application.. *Ecological Applications* 24(4):844-861..

Veza, P., Zanin, A. & Parasiewicz, P., 2017. *Manuale tecnico-operativo per la modellazione e la valutazione dell'integrità dell'habitat fluviale*.. Roma: ISPRA.