REMNA Srl
Sviluppo impianti di produzione energia da fonti rinnovabili
Via De Amicis 26, 20123 Milano (MI)
Partita IVA e Cod. Fiscale 07405480968
Tel - 3496535114 - 3402570771 - 3288175300
Tel – 02 83986400; Fax – 02 83986401
Pec – remna@legalmail.it

Regione Liguria	*Comuni di Montalto Ligure e Molini di Triora*

IMPIANTO IDROELETTRICO DEL TORRENTE ARGENTINA A MONTALTO LIGURE

AUTORIZZAZIONE UNICA
ai sensi del D.L. 29 dicembre 2003, n. 387
CONCESSIONE DI DERIVAZIONE ACQUE AD USO IDROELETTRICO
ai sensi del R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775
VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE
Ai Sensi del dlgs 152/2006

R8 – RELAZIONE MESOHABSIM

Gruppo di lavoro

Progettazione - Coordinamento dello SIA:
REMNA SRL
Dott. Ing. Camilla Castoldi

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT. ING. CASTOLDI CAMILLA
Sez. A Settore: a) civile e ambientale
n° A 30466

Comparto Ambientale:
FLUME SRL
Dott. Ing. Paolo Vezza
Dr. Michele Spairani
Dr. Nicola Polisciano
Dr. Alessandro Balestrieri
Dott. Ing, Andrea Zanin

FLUME s.r.l.
FLUvial Management and Ecology
Località Alpe Rone n° 1
11010 GIGNOD (Ao)
C.F. e P.IVA: 01180000075

Comparto Geologia:
GEOTECAM
Dott.Geol. Andrea Robbiano
Dott.Geol. Giacomo Canepa

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
A.P. n. 292
ANDREA ROBBIANO
GEOLOGO
data iscr. 12-01-1995

Dott. Geol. Andrea Robbiano

	Febbraio 2016	Revisione:	01

APPLICAZIONE DEL METODO MESOHABSIM E DELL'INDICE DI INTEGRITA' DELL'HABITAT (IH) PER LA VALUTAZIONE AMBIENTALE DEL DMV SUL TORRENTE ARGENTINA A MONTALTO LIGURE (IM)



Esecutore:	Incarico:	Committente:
FLUME s.r.l. Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO) C.F. e P. IVA: 01180000075	Applicazione del metodo MesoHABSIM e dell'Indice di Integrità dell'habitat sul torrente Argentina a Montalto Ligure (IM).	REMNA Srl Via Appiani 12, 20121 Milano (MI)

Il presente studio è stato coordinato dall'Ing. Paolo Vezza e hanno collaborato alle indagini il Dr. Michele Spairani, il Dr. Nicola Polisciano, l'Ing, Andrea Zanin e il Dr. Alessandro Balestrieri

Indice

1 Premessa 2
2 Applicazione della metodologia MesoHABSIM 4
2.1. Modellazione idro-morfologica 4
2.2 Modellazione biologica 8
2.3 Modellazione dell'habitat fluviale 8
2.4 Analisi della variazione spazio-temporale dell'habitat tramite l'indice di integrità IH 9
2.4.1 Indice di disponibilità Spaziale dell'Habitat fluviale (ISH) 10
2.4.2 L'indice di disponibilità temporale dell'habitat fluviale (ITH) 10
2.4.3 L'indice di integrità spazio-temporale dell'habitat fluviale (IH) 12
3 Applicazione del metodo MesoHABSIM al caso in esame 13
3.1 Descrizione dell'habitat fluviale 14
3.2 Modellazione biologica 16
3.3 Modellazione dell'habitat fluviale 20
3.4 Costruzione della curva habitat- portata 23
3.5 Confronto tra scenari di rilascio e calcolo dell'indice di integrità spazio-temporale dell'habitat fluviale - IH 24
4 Conclusioni 37
5 Bibliografia utilizzata 38
6 Allegati 39
Allegato A – Classificazione delle unità morfologiche da manuale SUM (ISPRA 2015) 39
Allegato B – Modelli di idoneità di habitat 50
Allegato C – Classificazione dell'idoneità di habitat 53
Allegato D – Serie stooriche di habitat e curve di durata sotto soglia 56

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

1 Premessa

Il presente lavoro è stato effettuato dalla società FLUME Srl per la valutazione della compatibilità ambientale dei rilasci dalla futura opera di presa proposta dalla società REMNA Srl sul Torrente Argentina nel comune di Montalto Ligure (IM).

Seguendo quanto riportato nelle linee guida in tema di "ecological flows" dell'Unione Europea ("Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive". Common Implementation Strategy -CIS- Guidance Document nº31, Petitguyot et al., 2015) e ripreso nel manuale ISPRA 122/2015 (Rinaldi et al., 2015), tale valutazione ambientale ha lo scopo di esaminare la variabilità spazio-temporale degli habitat fluviali disponibili per la fauna in funzione della portata defluente e della morfologia del corso d'acqua.

Questi tipi di analisi risultano particolarmente utili in fase di progettazione o di valutazione dell'impatto di nuove derivazioni o interventi su un corso d'acqua. Inoltre, utilizzando la variazione spazio-temporale degli habitat come indicatore, è possibile superare i limiti e le criticità evidenziate dagli indicatori biologici comunemente usati per questo tipo di analisi (vedasi, Petitguyot et al., 2015, Rinaldi et al. 2015). E' quindi stata recentemente messa a punto dal Politecnico di Torino in collaborazione con il Rushing Rivers Institute (MA, USA) una metodologia di analisi dell'habitat fluviale denominata MesoHABSIM (Mesohabitat Simulation Model, Parasiewicz et al. 2013, Vezza et al. 2014a), al fine di fornire informazioni necessarie, a scale spaziali adeguate, e di poterle interpretare nel contesto dei processi idro-morfologici dei corsi d'acqua.

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

Per la determinazione e valutazione dei rilasci da opere di presa in ambiente torrentizio, come ad esempio quelle che si possono riscontrare per il Torrente Argentina (IM), la metodologia MesoHABSIM risulta particolarmente appropriata e offre numerosi vantaggi rispetto ai tradizionali metodi di modellazione dell'habitat a micro-scala (ad es. PHABSIM, CASiMiR). In primo luogo, la raccolta dei dati può essere facilmente eseguita con strumentazione leggera in corsi d'acqua caratterizzati da difficoltà di accesso, presenza di massi e rocce in alveo, condizioni climatiche rigide e copertura satellitare marginale o assente. Le tecniche di rilievo (denominate di mobile mapping) offrono la possibilità di eseguire rilievi estensivi del corso d'acqua andando a migliorare l'efficienza del rilievo rispetto ai tradizionali strumenti topografici. In secondo luogo la meso-scala consente l'impiego di una vasta gamma di variabili ambientali per la descrizione dell'habitat fluviale, e permette, dal punto di vista biologico, l'analisi a livello sia di singola specie sia di comunità acquatica. In terzo luogo, la metodologia MesoHABSIM, al fine di modellare la variazione dell'habitat disponibile in funzione della portata defluente, per i torrenti montani non prevede l'utilizzo di modelli di simulazione idraulica, garantendo l'applicabilità del metodo anche in caso di morfologie complesse, pendenze elevate, presenza di macroscabrezze, salti e discontinuità del fondo.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

Attraverso l'applicazione della metodologia MesoHABSIM sul Torrente Argentina a Montalto Ligure (IM), ci si propone quindi di quantificare e valutare la disponibilità d'habitat per la fauna ittica a valle del punto di prelievo della futura opera di presa proposta dalla società REMNA Srl. Tale analisi verrà eseguita in condizioni ante e post operam, in base al DMV di progetto fornito dalla relazione idrologica redatta dalla stessa società. L'applicazione prevede di considerare la fauna ittica locale (barbo comune e vairone) come target dell'analisi, mentre l'indice di integrità dell'habitat fluviale (IH), riportato in Rinaldi et al. (2015) e basato sulla metodologia MesoHABSIM, verrà utilizzato per confrontare differenti scenari di rilascio, in assenza o in presenza della futura opera di presa.

Al fine di valutare lo stato della comunità ittica è stato eseguito un censimento delle specie presenti nel Torrente Argentina e riportate in direttiva Habitat (Direttiva 92/43/EEC del 21 Maggio 1992). I dati ittiofaunistici presentati nella relazione redatta da FLUME Srl, allegata alla presente, sono quindi stati utilizzati per effettuare la validazione in loco dei modelli di idoneità di habitat per le specie sopramenzionate.

2 Applicazione della metodologia MesoHABSIM

Per la valutazione ambientale del DMV di progetto sul Torrente Argentina nel comune di Montalto Ligure (IM) è quindi stato applicato il metodo MesoHABSIM, il quale si basa sull'aggregazione di tre modelli:

1. un modello idro-morfologico che descrive le variazioni del mosaico dei meso-habitat in funzione della portata defluente;
2. un modello biologico che descrive l'uso dell'habitat fluviale da parte delle specie target;
3. un modello globale di habitat che quantifica le porzioni dell'area bagnata realmente utilizzabile dalla fauna ittica in funzione della portata defluente.

2.1. Modellazione idro-morfologica

Al fine di descrivere le variazioni del mosaico di mesohabitat in funzione della portata defluente sono state effettuate nell'ordine le seguenti operazioni:

- Definizione del tratto rappresentativo in cui svolgere il rilievo;
- Costruzione di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) per quattro differenti condizioni di deflusso;
- Raccolta dei descrittori di habitat per ogni HMU, rappresentata da un poligono georiferito all'interno del SIT.

Secondo le indicazioni riportate in Rinaldi et al. (2015), nel presente studio è stata indagata una porzione del futuro tratto sotteso interessato dalla derivazione idroelettrica che fosse rappresentativa del corso d'acqua in oggetto in termini di distribuzione spaziale e relative proporzioni delle HMU rispetto all'intero tratto. In particolare, si è considerato rappresentativo un tratto di lunghezza tra le 10 e le 20 volte la larghezza dell'alveo inciso e che includesse al proprio interno almeno 10 differenti unità idromorfologiche. La mappatura del mosaico dei mesohabitat in funzione della portata defluente è stata realizzata utilizzando un telemetro laser (TruPulse 360B), un Pocket PC (TDS Nomad), software ArcPad, posizionamento GPS e un treppiede fotografico in alluminio (Figura 1).



Figura 1 - Telemetro laser Trupulse 360B (figura di sinistra) e pocket PC TDS Nomad (figura di destra) installati su di un treppiede fotografico in alluminio.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

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



Figura 2 – Esempio di delimitazione delle unità idro-morfologiche (HMU) attraverso l'utilizzo di un telemetro laser Trupulse 360B in comunicazione con un computer palmare Nomad TDS.

Seguendo il protocollo definito per l'applicazione del metodo MesoHABSIM (Vezza et al., 2014b,c, Rinaldi et al., 2015), sono stati raccolti per ogni HMU un insieme di descrittori d'habitat la cui scelta è stata realizzata al fine di coprire l'ampio spettro di variabili ambientali importanti per lo sviluppo ed il mantenimento della la fauna ittica.

Per questo studio sono stati considerati e raccolti per ogni HMU 51 descrittori d'habitat (Tabella 1). In particolare sono stati definiti: il tipo di unità idromorfologica (HMU, 12 categorie, Allegato A), la pendenza media dell'HMU, le diverse tipologie di rifugio (7 categorie), i tipi di substrato presenti (12 categorie), le classi di frequenza di profondità (9 categorie) e velocità della corrente (9 categorie), la deviazione standard della velocità, il numero di Froude[1].

Le distribuzioni di frequenza dei substrati, della profondità e della velocità della corrente sono state registrate in campo attraverso l'utilizzo di un correntometro ad elica, andando a raccogliere per ogni HMU un numero superiore a 10 di osservazioni puntuali distribuite in maniera random (vedasi Vezza et al. 2014 e manuale SUM, Rinaldi et al., ISPRA, 2015).

L'intervallo di portate considerato per i rilievi idro-morfologici è stato scelto analizzando la variabilità del regime idrologico tramite i dati di portata giornaliera disponibili dagli annali idrologici di ARPA Liguria, al fine di poter rappresentare le caratteristiche del regime idrologico del Torrente Argentina con valori di portata relativi sia al regime di magra (periodo estivo) sia vicini o superiori ai valori di portata media.

[1] Il numero di Froude, $Fr = v/(gh)^{1/2}$ (dove v è la velocità di corrente, h l'altezza della corrente e g l'accelerazione di gravità) rappresenta le caratteristiche cinematiche della corrente.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

Tabella 1 - Descrittori dell'habitat fluviale utilizzati per la descrizione dell'habitat fluviale secondo la metodologia MesoHABSIM. Per dettegli sulla classificazione delle unità morfologiche di canale e dei descrittori di habitat fare riferimento al Manuale SUM (Rinaldi et al., ISPRA, 2015).

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

La misura della portata defluente, avvenuta in concomitanza di ogni rilievo idro-morfologico, è stata realizzata attraverso un correntometro ad elica. Tale tecnica di misurazione (misurazione tramite mulinello con asta a guado) è basata sul rilievo del campo di velocità della corrente in una determinata sezione del corso d'acqua, che viene accoppiato al rilievo della geometria della sezione stessa e consente il calcolo della portata in transito.

Allo scopo è stato utilizzato un mulinello idrometrico (FL530 Sim-Strumenti, Figura 3) per il quale la velocità di rotazione dell'elica è proporzionale alla velocità dell'acqua. Il valore di velocità viene visualizzato su un display e quindi registrato all'interno di un foglio di calcolo sul pocket PC.



Figura 3 – Mulinello idrometrico (figura di sinistra) e display per la visualizzazione del valore di velocità (figura di destra).

Per ogni misurazione di portata la sezione di misura è stata suddivisa secondo la larghezza dell'alveo in segmenti (d_i) di uguale lunghezza (Figura 4). In seguito, per ogni segmento individuato, è stata eseguita la misurazione della velocità su di un piano verticale in corrispondenza alla mezzeria del segmento ($d_i/2$). Per profondità superiori a 15 cm, la misurazione di velocità è stata ripetuta alle posizioni 0.2, 0.6 e 0.8 volte l'altezza del tirante idrico a partire dal pelo libero e quindi mediata, mentre per profondità inferiori a 15 cm,la misurazione è stata eseguita alla solo posizione 0.6 volte l'altezza del tirante.

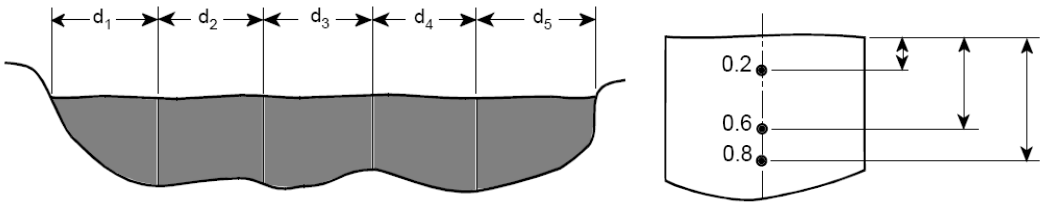


Figura 4: Suddivisione dell'alveo inciso in segmenti (d_i) di uguale lunghezza e misurazione del profilo di velocità alle profondità 0.2, 0.6 e 0.8 volte l'altezza del tirante idrico

Il calcolo del contributo di portata di ogni segmento è stato quindi calcolato moltiplicando l'area del poligono definito dal segmento considerato per il valore di velocità misurato. Infine, la portata del corso d'acqua è stata determinata come la sommatoria dei singoli contributi dei diversi segmenti.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

2.2 Modellazione biologica

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

Random Forests (RF) è una tecnica ad apprendimento automatico basata sulla combinazione di alberi di decisione. L'algoritmo di RF ristruttura la base di dati con un procedimento di cross-validazione scegliendo in maniera random le variabili indipendenti in ogni nodo di ogni albero. Il procedimento, ripetuto per un numero *t* di alberi, permette la stima della variabile dipendente (categorica o continua a seconda se si tratti rispettivamente di classificazione o regressione) che avviene mediando la previsione di tutti gli alberi di decisione che compongono la cosiddetta "Foresta". RF ha particolari vantaggi rispetto ad altre tecniche ad apprendimento automatico (ad es., le reti neurali artificiali) in quanto viene eseguita la previsione tenendo in conto tutte le variabili a disposizione allo stesso tempo (non vi è necessità di operare tramite feature selection), non sono necessarie trasformazioni dei dati (non vi è necessità di scalare, trasformare, normalizzare, modificare gli input del modello), vi è resistenza agli outliers, non vi è over-fitting o over-training anche con molte variabili e la generazione di molti alberi, è presente una procedura di cross-validation chiamata "Out-Of-Bag (OOB) data processing" e l'algoritmo possiede buone velocità di processamento dei dati (utilizzo di un numero ristretto di variabili allo stesso tempo).

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

I modelli di idoneità di habitat costruiti con la tecnica RF sono stati tarati su corsi d'acqua alpini e appenninici per le specie barbo e vairone, che compongono la comunità ittica locale del Torrente Argentina (Allegato B). Le previsioni dei modelli in termini di presenza, assenza e abbondanza delle specie oggetto di studio sono stati inoltre validati in loco tramite appositi campionamenti ittiofaunistici quantitativi a scala di mesohabitat (vedasi relazione ittiofaunisitca redatta dal FLUME Srl allegata alla presente).

La procedura di validazione è costituita dal confronto tra le previsioni dei modelli di RF in termini di assenza, presenza e abbondanza con i dati di distribuzione della fauna ittica direttamente raccolti in campo. In questo modo si è potuto constatare la robustezza statistica e la trasferibilità dei modelli di idoneità d'habitat sul Torrente Argentina al fine di simulare la risposta biotica della fauna alle variazioni della portata defluente (vedasi per dettagli, Vezza et al. 2014b,c).

2.3 Modellazione dell'habitat fluviale

A seguito della raccolta dei dati idro-morfologici e dell'applicazione dei modelli biologici, è stata simulata la variazione dell'habitat disponibile per la comunità ittica in funzione della portata defluente. In particolare, è stato possibile per ogni condizione di deflusso rilevata, classificare i diversi meso-habitat secondo tre diverse

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

categorie di idoneità (non-idoneo, idoneo o ottimale) al fine di individuare e quantificare l'area disponibile ad ospitare la fauna ittica.

I campionamenti ittiofaunistici quantitativi effettuati nel medesimo tratto evidenziano una popolazione ittica ciprinicola reofila caratterizzata dalla presenza di popolazioni strutturate di barbo (Barbus plebejus) e vairone (Leuciscus souffia) oltre alla sporadica presenza (densità inferiore di 0.01 individui/m2) di stadi giovanili di trota fario (Salmo trutta) di ceppo atlantico alloctono provenienti dall'immissione di trotelle a monte del tratto considerato. La trota fario, seppur presente, non viene quindi considerata nel presente studio come target nelle analisi in quanto trattasi di specie alloctona per il Torrente Argentina (vedasi relazione ittiofaunistica allegata redatta da FLUME Srl per il tratto di Torrente Argentina in oggetto).

Viste le caratteristiche del tratto sotteso e la priorità, indicata anche nelle norme regionali, nel porre particolare attenzione verso la tutela e la salvaguardia delle specie ittiche presenti in direttiva Habitat, l'applicazione dei modelli biologici è stata effettuata utilizzando lo stadio vitale adulto per la specie barbo (Barbus plebejus) e lo stadio adulto e giovane per la specie vairone (Leuciscus souffia):

1. *Barbus plebejus* (adulto)
2. *Leuciscus souffia (*adulto*)*
3. *Leuciscus souffia (*giovane*)*

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

Si fa presente, che lo stadio giovanile del Barbus plebejus non viene considerato come target in quanto, per la metodologia MesoHABSIM, non sono ancora disponibili i modelli di idoneità di habitat (vedasi ad es., Vezza et al., 2012).

2.4 Analisi della variazione spazio-temporale dell'habitat tramite l'indice di integrità IH

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

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

A seguito dell'analisi delle serie temporali di habitat è infatti possibile calcolare l'Indice di Integrità dell'Habitat (IH, Rinaldi et al., 2015), dato dall'aggregazione di due indici mediati tra loro: l'Indice di disponibilità Spaziale di Habitat (ISH) e l'Indice di disponibilità Temporale di Habitat (ITH).

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

2.4.1 Indice di disponibilità Spaziale dell'Habitat fluviale (ISH)

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

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

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

2.4.2 L'indice di disponibilità temporale dell'habitat fluviale (ITH)

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

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

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

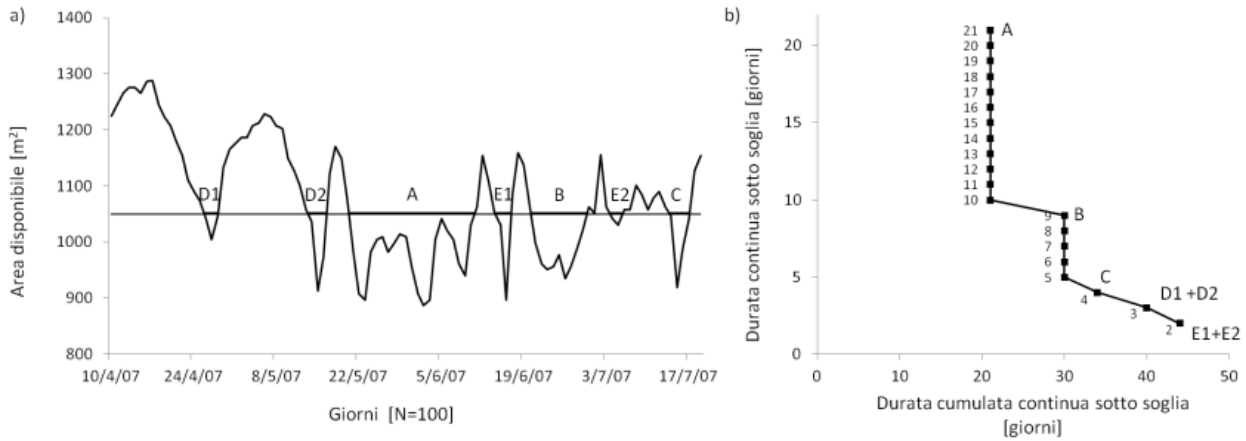


Figura 5: Esempio di calcolo della curva di durata dell'habitat disponibile sotto soglia (UCUT). Il calcolo viene eseguito per l'intero intervallo di durate sotto soglia (in Figura: tra 2 giorni – evento E - e 21 giorni – evento A).

Quest'analisi si basa sul presupposto che gli eventi che si verificano raramente in natura (ad es., il ripetersi nel tempo di portate minime di magra) sono i principali fattori di stress che agiscono sulla comunità e ne determinano la struttura della popolazione presente. Al fine della valutazione di impatto su base annuale di una derivazione, il processo di costruzione della curva CDS viene ripetuto utilizzando sia la serie storica di habitat in condizioni non alterate (assenza della derivazione in esame), sia per condizioni alterate (a valle della derivazione in esame). L'indicatore utilizzato per determinare l'alterazione nella durata degli eventi di stress per la specie *i*, e quindi l'indice ITH, è la distanza media tra la curva di durata sotto-soglia in condizioni alterate e la curva in condizioni non alterate (esempio in Figura 6).

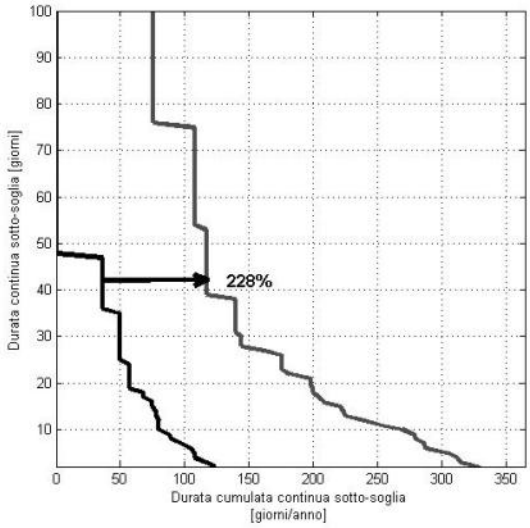


Figura 6: Esempio di calcolo dell'alterazione media della durata degli eventi di stress (eventi di habitat disponibile sotto-soglia) per la specie barbo (Barbus sp.) per il F. Taro a Piane di Carniglia (Parma). Da Rinaldi et al, 2015.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

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

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

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

$$ITH = \min\left(e^{-0.38\,AGS}\right)_{specie} \qquad \text{Eq. 3}$$

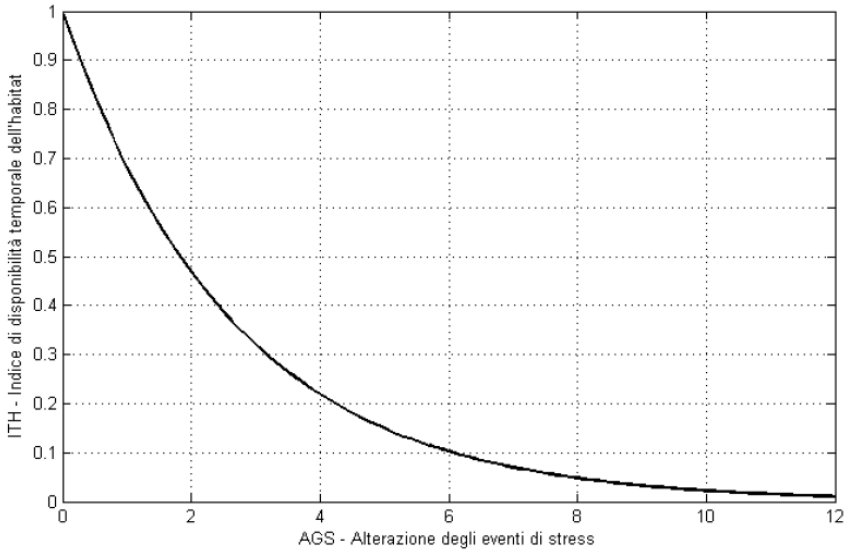


Figura 7: Rappresentazione della funzione di valore per il calcolo dell'indice ITH (indice di disponibilità temporale dell'habitat fluviale) basato sull'indicatore AGS (alterazione dei giorni di stress).

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

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

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

Tabella 2: Classi di integrità dell'habitat secondo l'indice IH, da Rinaldi et al., 2015.

IH	CLASSE
IH ≥ 0.80	ELEVATO
0.60 ≤ IH < 0.80	BUONO
0.40 ≤ IH < 0.60	SUFFICIENTE
0.20 ≤ IH < 0.40	SCADENTE
IH < 0.20	PESSIMO

3 Applicazione del metodo MesoHABSIM al caso in esame

Al fine di includere nelle analisi una adeguata distribuzione spaziale dei mesohabitat rispetto all'intero futuro tratto sotteso (di lunghezza 2,5 km circa), e di escludere la presenza di significativi affluenti, si è scelto di analizzare, in diverse condizioni di portata, un tratto del Torrente Argentina della lunghezza di 310 m, localizzato immediatamente a valle del futuro punto di prelievo (Figura 8). Questa scelta ha permesso di rispettare quanto riportato nel protocollo di applicazione del metodo MesoHABSIM e di considerare un tratto fluviale con le seguenti caratteristiche:

- Presenza di almeno 10 differenti unità morfologiche
- Lunghezza tra le 10 e le 20 volte la larghezza media dell'alveo inciso
- Estensione pari al 12% del futuro tratto sotteso.



Figura 8 – Nella mappa (base Google Earth) viene evidenziato con un ovale rosso il tratto oggetto di studio, situato immediatamente a valle della futura opera di presa.

3.1 Descrizione dell'habitat fluviale

I rilievi idro-morfologici sono stati effettuati delineando i poligoni che delimitano le diverse HMU ed associando le caratteristiche di ciascun habitat all'interno di un sistema informativo territoriale. I valori di portata considerati, 250 l/s, 420 l/s, 650l/s e 2200 l/s, presenti in alveo tra Aprile e Luglio 2015, sono stati individuati al fine di avere una rappresentazione il più possibile adeguata del regime idrologico del torrente includendo nelle analisi sia il periodo di magra, sia valori di portata vicini o superiori alla media. A seguito della descrizione dell'habitat fluviale, in Figura 9 viene riportata la mappatura della distribuzione dei mesohabitat per le quattro diverse condizioni di deflusso analizzate.

L'alveo del Torrente Argentina risulta alluvionale-confinato con presenza consistente di massi e ciottoli, e in misura minore di ghiaia. La distribuzione delle unità idromorfologiche indica una buona diversificazione degli habitat fluviali caratterizzati sia da moderata/elevata velocità di corrente e limitata profondità, quali in particolare "riffle" e "rapid"; sia da altri caratterizzati da moderate/elevate profondità e limitate velocità, quali "pool", "plunge pool", "backwater" (vedasi l'allegato A per una accurata descrizione delle diverse tipologie di unità morfologiche).

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

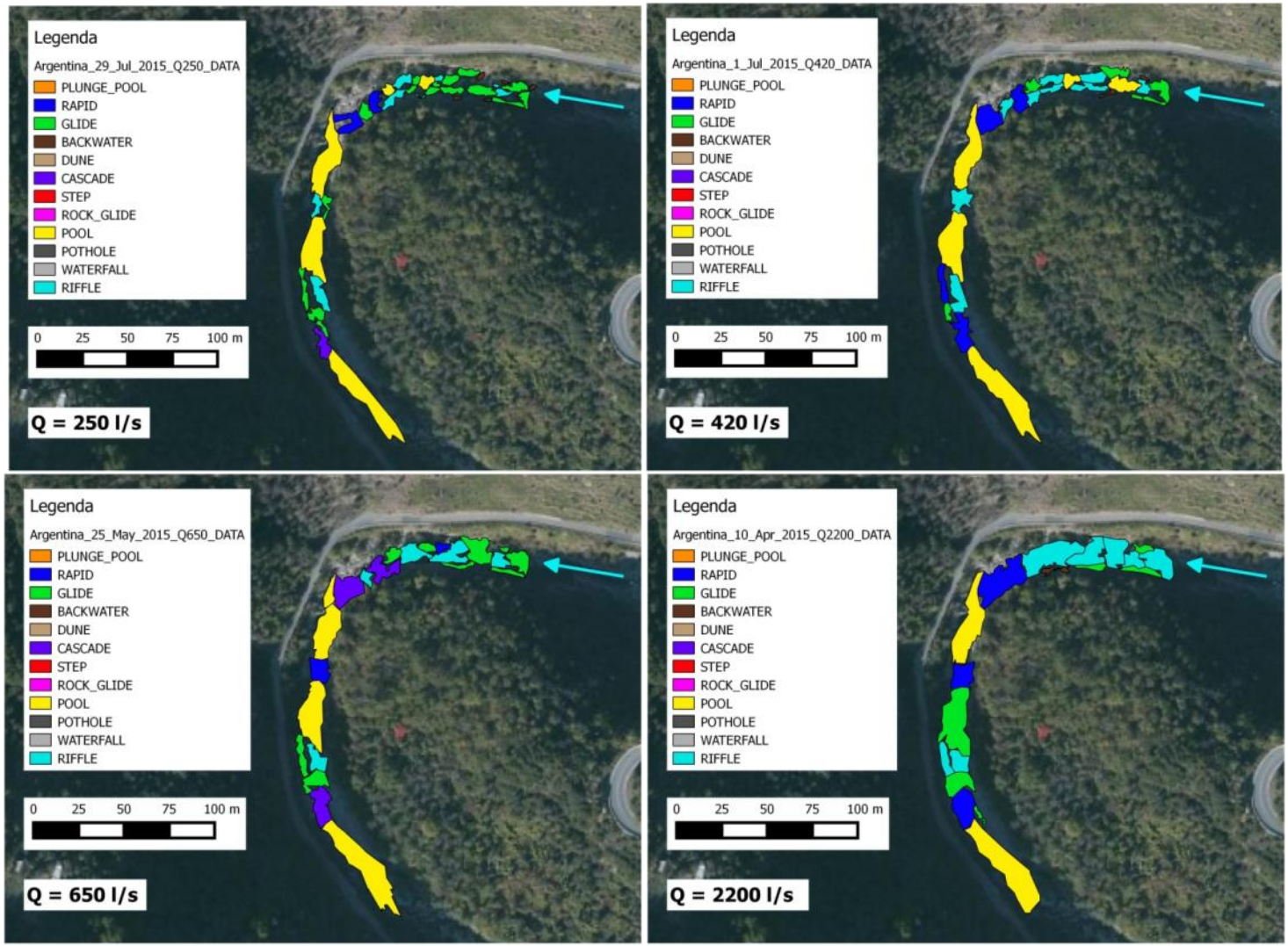


Figura 9 - Mappatura del mosaico di mesohabitat in quattro differenti condizioni di deflusso (250 l/s, 420 l/s, 650 l/s e 2200 l/s) per il Torrente Argentina a Montalto Ligure

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

3.2 Modellazione biologica

Basandosi sui dati disponibili per la comunità ittica locale forniti nella relazione ittiofaunistica allegata, nel presente studio le specie ittiche analizzate, sono il barbo (*Barbus* plebejus., stadio adulto) e il vairone (*Leuciscus souffia*, stadio adulto e giovane) indicate entrambe come presenti e specie autoctone target di riferimento. I dati biologici raccolti a scala di mesohabitat attraverso elettropesca sul torrente Argentina sono stati utilizzati per la validazione in loco dei modelli di idoneità di habitat costruiti attraverso la tecnica statistica Random Forests (RF, Breiman 2001, esempio in Figura 10).

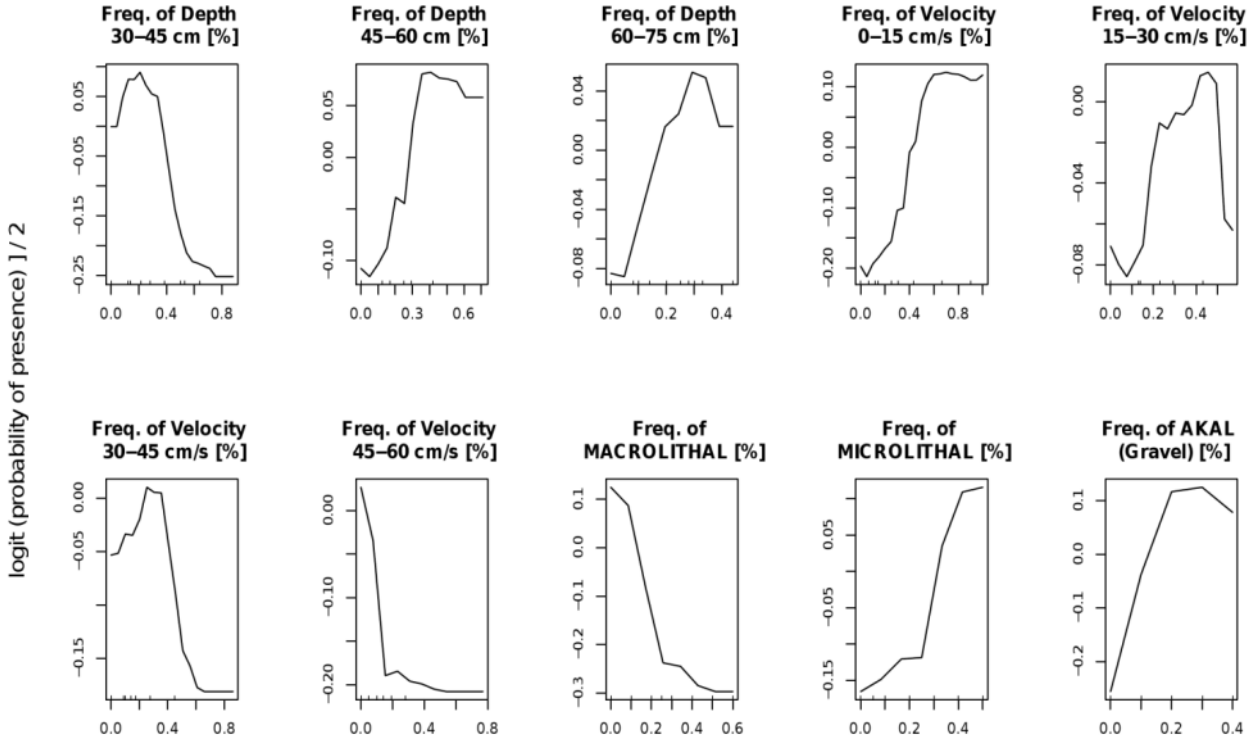


Figura 10 – Esempio di modello di idoneità di habitat (presenza/assenza) per il barbo adulto costruito con la tecnica ad apprendimento automatico Random Forests. Per dettagli sulla costruzione dei modelli di idoneità di habitat vedasi Vezza et al. (2014b,c). L'intero set di modelli utilizzati è riportato in Allegato B.

I modelli costruiti con RF (riportati in allegato B) sono quindi stati impiegati per modellare la risposta biotica della fauna (in termini di assenza/presenza e presenza/abbondanza delle specie in esame) alle variazioni di habitat con la portata defluente. Si riportano nelle tabelle seguenti (Tabelle 3, 4 e 5) i risultati della validazione dei modelli biologici per le specie barbo (*Barbus plebejus*, stadio adulto) e il vairone (*Leuciscus souffia*, stadio adulto e giovane).

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

Tabella 3: Validazione per il Torrente Argentina del modello biologico della specie barbo (Barbus plebejus) costruito con la tecnica ad apprendimento automatico Random Forests

Num HMU	Tipo HMU	Area HMU	Num barbi adulti osservati	**Distribuzione osservata**	**Distribuzione predetta**
1	glide	35.77	0	Assente	Assente
2	backwater	7.46	0	Assente	Presente
3	glide	54.81	1	Presente	Abbondante
4	glide	34.54	5	Presente	Presente
5	riffle	29.45	0	Assente	Assente
6	riffle	6.50	0	Assente	Assente
7	backwater	5.68	0	Assente	Assente
8	glide	71.78	27	Abbondante	Abbondante
9	backwater	5.47	0	Assente	Assente
10	backwater	12.62	0	Assente	Abbondante
11	glide	43.10	1	Presente	Presente
12	glide	42.08	4	Presente	Abbondante
13	glide	43.33	0	Assente	Assente
14	backwater	7.95	0	Assente	Assente
15	glide	25.93	2	Presente	Assente
16	riffle	15.27	7	Abbondante	Assente
17	glide	9.51	0	Assente	Assente
18	riffle	4.81	0	Assente	Assente
19	pool	49.74	16	Abbondante	Abbondante
20	glide	22.97	4	Presente	Presente
21	glide	17.35	0	Assente	Assente

Tabella 4: Validazione per il Torrente Argentina del modello biologico della specie vairone (Leuciscus souffia, stadio vitale adulto) costruito con la tecnica ad apprendimento automatico Random Forests

Num HMU	Tipo HMU	Area HMU	Num vaironi adulti osservati	**Distribuzione osservata**	**Distribuzione predetta**
1	glide	35.77	2	Presente	Presente
2	backwater	7.46	1	Presente	Presente
3	glide	54.81	16	Abbondante	Abbondante
4	glide	34.54	11	Abbondante	Presente
5	riffle	29.45	1	Presente	Assente
6	riffle	6.50	9	Abbondante	Assente
7	backwater	5.68	1	Presente	Assente
8	glide	71.78	12	Presente	Abbondante
9	backwater	5.47	0	Assente	Assente
10	backwater	12.62	0	Assente	Presente
11	glide	43.10	7	Presente	Abbondante
12	glide	42.08	12	Abbondante	Abbondante
13	glide	43.33	19	Abbondante	Abbondante
14	backwater	7.95	0	Assente	Assente
15	glide	25.93	4	Presente	Presente
16	riffle	15.27	1	Presente	Presente
17	glide	9.51	0	Assente	Assente
18	riffle	4.81	0	Assente	Assente
19	pool	49.74	7	Presente	Presente
20	glide	22.97	8	Abbondante	Abbondante
21	glide	17.35	5	Abbondante	Abbondante

Tabella 5: Validazione per il Torrente Argentina del modello biologico della specie vairone (Leuciscus souffia, stadio vitale giovane) costruito con la tecnica ad apprendimento automatico Random Forests.

Num HMU	Tipo HMU	Area HMU	Num vaironi giovani osservati	**Distribuzione osservata**	**Distribuzione predetta**
1	glide	35.77	0	Assente	Assente
2	backwater	7.46	13	Presente	Presente
3	glide	54.81	20	Presente	Presente
4	glide	34.54	11	Presente	Assente
5	riffle	29.45	7	Presente	Assente
6	riffle	6.50	30	Abbondante	Assente
7	backwater	5.68	5	Presente	Presente
8	glide	71.78	16	Presente	Presente
9	backwater	5.47	2	Presente	Presente
10	backwater	12.62	0	Assente	Assente
11	glide	43.10	7	Presente	Abbondante
12	glide	42.08	12	Presente	Presente
13	glide	43.33	16	Presente	Presente
14	backwater	7.95	0	Assente	Assente
15	glide	25.93	11	Presente	Abbondante
16	riffle	15.27	3	Presente	Assente
17	glide	9.51	1	Presente	Abbondante
18	riffle	4.81	11	Abbondante	Assente
19	pool	49.74	21	Presente	Presente
20	glide	22.97	7	Presente	Presente
21	glide	17.35	10	Presente	Presente

Dalle Tabelle 3, 4 e 5 si evince un errore totale di classificazione (o accuratezza totale del modello) pari al 71% per il modello del barbo adulto, 67% per il modello del vairone adulto e 61% per il modello del vairone giovane. Tutti i modelli superano la soglia di accettabilità pari al 60% di errore totale e sono quindi considerati idonei per essere applicati sul Torrente Argentina.

3.3 Modellazione dell'habitat fluviale

A seguito della raccolta dei dati idro-morfologici e la verifica delle preferenze biologiche della fauna ittica, è stata modellizzata la variazione dell'habitat disponibile in funzione della portata defluente. Attraverso l'applicazione dei modelli biologici (assenza/presenza e presenza/abbondanza), costruiti per le diverse specie presenti, è stato possibile classificare ciascun meso-habitat secondo tre diverse categorie di idoneità (non-idoneo, idoneo e ottimale) al fine di individuare e quantificare l'area disponibile ad ospitare la fauna ittica.

In Figura 11 viene riportata la classificazione dei meso-habitat in termini di classe di idoneità all'interno del tratto analizzato per la specie barbo (*Barbus plebejus*) stadio vitale adulto. E' importante osservare che la non idoneità di un meso-habitat non deve essere interpretata come una interruzione della continuità longitudinale del fiume ma è relativa alla possibilità di utilizzo di tale ambiente da parte della singola specie durante la propria routine diurna. Dall'analisi delle immagini si può osservare come gli habitat non idonei (in rosso) siano costantemente presenti in tutte le tre condizioni di deflusso analizzate, condizione comune a tutti i corsi d'acqua in cui il semplice fatto di osservare area bagnata all'interno dell'alveo non implica necessariamente che quest'area sia idonea ad ospitare la fauna ittica.

Come si osserva dal modello biologico di presenza/assenza riportato in Figura 10, la specie barbo predilige aree con substrati medio-fini (ciottoli e ghiaia), moderata velocità di corrente e profondità superiori a 30-45 cm. Per questo motivo, alcuni tratti del corso d'acqua, sono stati classificati dal modello biologico come non idonei, data la presenza basse profondità, velocità troppo elevate o di substrati diversi da quelli preferiti da tale specie.

Il periodo di magra estivo è da considerare il periodo più critico data la limitata disponibilità di habitat per la fauna (in Figura 11, condizione per 250 l/s registrata a luglio 2015). Tale periodo condiziona le dinamiche popolazionali di tutto il restante ciclo vitale delle specie presenti, andandone a caratterizzare la struttura di popolazione e i relativi valori di biomassa e densità. Il periodo invernale, primaverile o autunnale caratterizzato da maggiori portate naturali in alveo (ad es., superiori a 1000 l/s) consente invece di avere una disponibilità di habitat decisamente maggiore per la fauna e non viene valutato in questo studio come critico.

Seguendo il procedimento riportato in Parasiewicz (2007) e in Vezza et al. (2014c), l'area totale disponibile all'interno del tratto analizzato è ottenuta tramite la relazione:

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

I coefficienti sopra riportati sono stabiliti dalla letteratura precedentemente citata al fine di dare maggior peso alle aree ottimali rispetto a quelle ritenute solamente idonee per la fauna.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

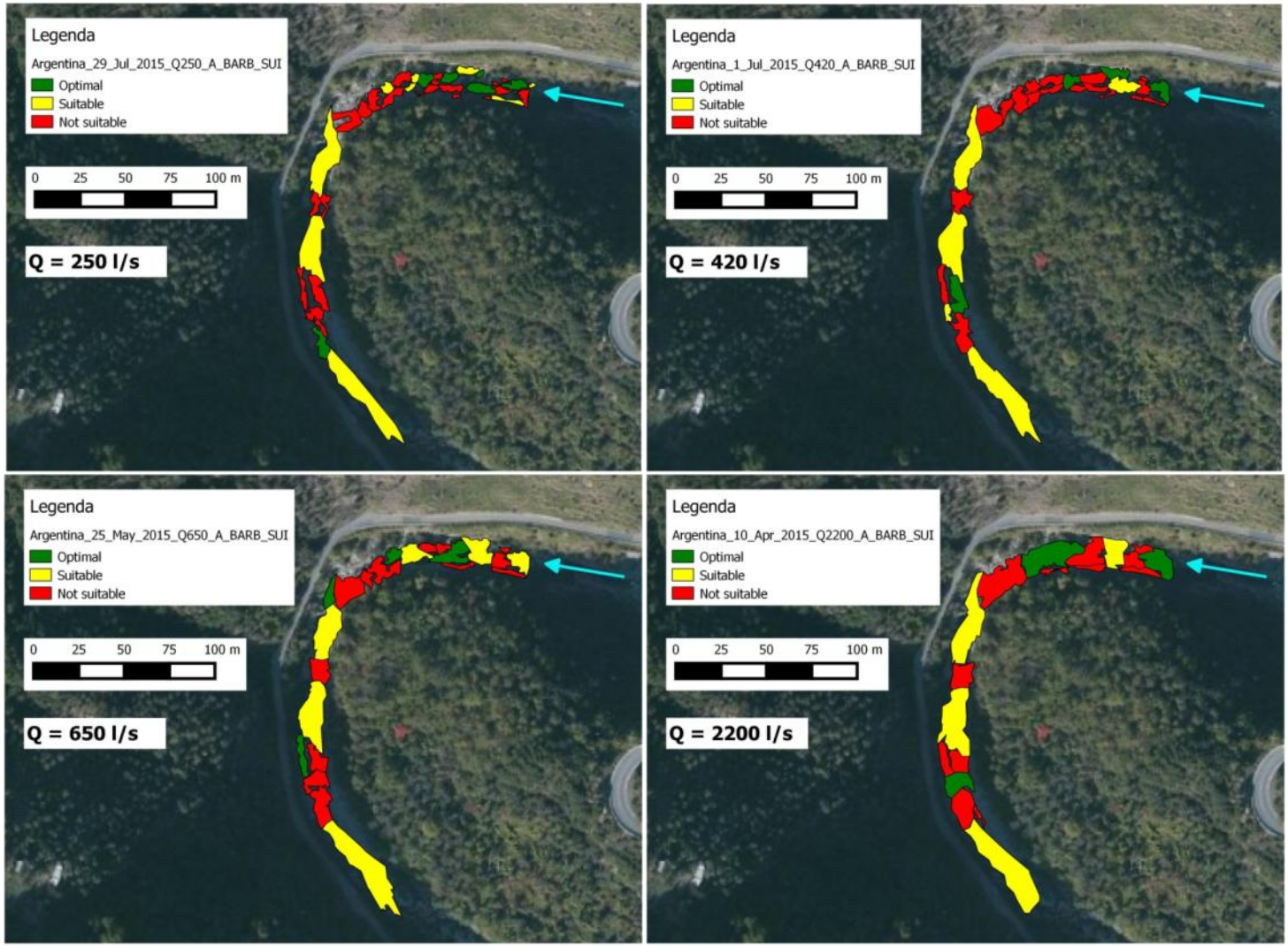


Figura 11 - *Classificazione di idoneità dei meso-habitat per la specie barbo (Barbus plebejus), stadio vitale adulto (condizioni di deflusso:* 250 l/s, 420 l/s, 650 l/s e 2200 l/s*)*

In Tabella 6 sono riassunti i risultati numerici delle mappe riportate in Figura 11 per il barbo, oltre ai valori ottenuti per la specie vairone (stadio vitale adulto e giovane) nelle 4 differenti condizioni di portata rilevate (250 l/s, 420 l/s, 650 l/s e 2200 l/s). In Allegato C è riportata la classificazione dell'idoneità di habitat per le specie analizzate.

Tabella 6 - Area totale disponibile, idonea e ottimale (espressa in m²) per il barbo adulto e i due stadi vitali di vairone nelle diverse condizioni di portata (250 l/s, 420 l/s, 650 l/s e 2200 l/s).

Area DISPONIBILE [m2]				
Portata l/s	**Area bagnata [m²]**	***Barbus plebejus* adulto**	***Leuciscus souffia* adulto**	***Leuciscus souffia* giovane**
250	2532.7	574.3	793.8	647.6
420	2888.3	619.3	786.6	1015.4
650	3184.9	697.6	806.2	898.1
2200	3868.4	985.5	1305.6	950.9

Area IDONEA [m2]				
Portata l/s	**Area bagnata [m²]**	***Barbus plebejus* adulto**	***Leuciscus souffia* adulto**	***Leuciscus souffia* giovane**
250	2532.7	1340.2	1703.8	1540.8
420	2888.3	1436.5	2091.0	738.8
650	3184.9	1699.5	2388.7	815.1
2200	3868.4	1697.7	2460.0	1352.0

Area OTTIMALE [m2]				
Portata l/s	**Area bagnata [m²]**	***Barbus plebejus* adulto**	***Leuciscus souffia* adulto**	***Leuciscus souffia* giovane**
250	2532.7	319.0	490.5	349.8
420	2888.3	346.8	351.8	1107.7
650	3184.9	363.7	278.7	925.8
2200	3868.4	748.1	920.7	817.3

Le caratteristiche del tratto di Torrente Argentina risultano nel complesso buone per le specie target oggetto di studio. Con portate superiori ai 650 l/s si presentano valori di area idonea vicino o superiori al 20% dell'alveo bagnato. Con valori di portata inferiori a 420 l/s l'area disponibile risulta diminuire o resta pressoché costante sia per gli stadi vitali adulti sia per lo stadio giovanile del vairone.

I valori di area disponibile, idonea e ottimale per il barbo adulto crescono all'aumentare della portata in quanto i substrati grossolani permettono comunque, in condizioni di deflusso intenso, di avere zone con velocità moderate in cui la specie può contenere lo stress fisico. L'area ottimale del vairone adulto e l'area sia idonea sia ottimale per il vairone giovane presentano invece un andamento non monotono all'aumentare della portata segno del fatto che all'aumentare della velocità della corrente con la portata può essere ridotta l'estensione delle zone di corso d'acqua che questo organismo target predilige.

Nel rilievo idro-morfologico, non è stata riscontrata l'interruzione naturale della continuità longitudinale del corso d'acqua (generata per esempio da salti o cascate), e la fauna ittica si considera in grado di spostarsi liberamente alla ricerca di aree idonee in funzione delle condizioni idrodinamiche. La portata rilasciata dalla futura opera di presa costituisce quindi un elemento fondamentale per il mantenimento delle condizioni ecologiche del corso d'acqua, ed è pertanto essenziale valutare attentamente le condizioni attuali del corso d'acqua ed il Deflusso Minimo Vitale di progetto della futura opera di presa.

3.4 Costruzione della curva habitat- portata

Gli habitat così classificati come idonei e ottimali possono essere quindi aggregati per la costruzione delle curve habitat-portata, che mettono in relazione la portata defluente all'interno del corso d'acqua (in l/s) e l'area disponibile (in m^2 o in % dell'area bagnata) per la fauna ittica (Figura 12).

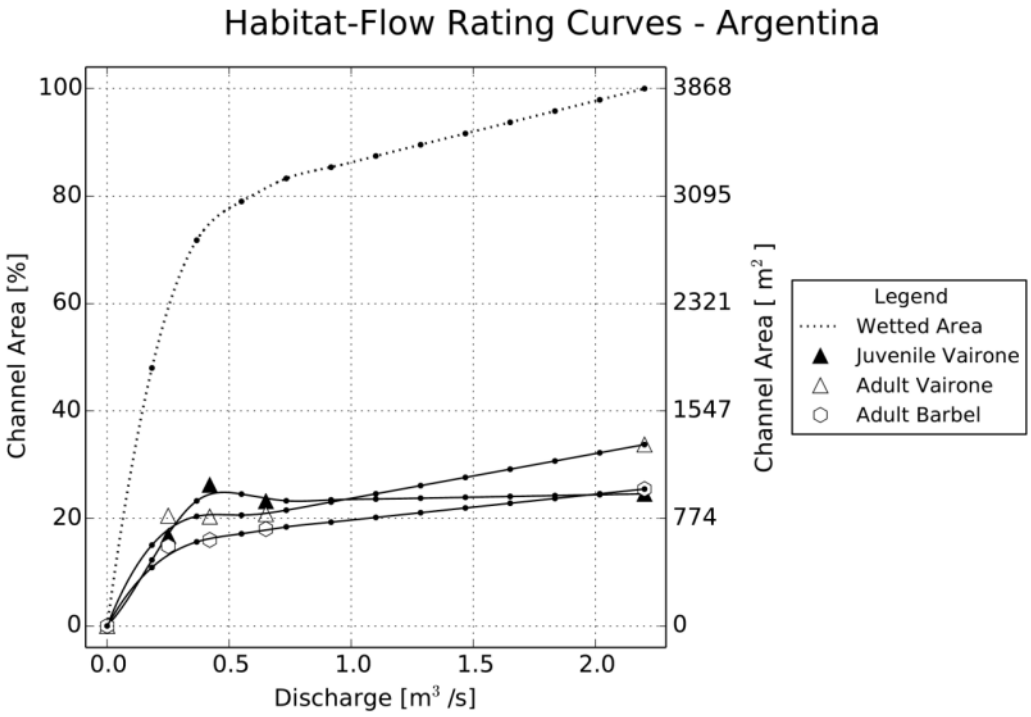


*Figura 12 – Curve habitat-portata per il Torrente Argentina a valle della futura opera di presa ottenute tramite il software Sim-Stream per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM. Le curve riportate sono relative allo stadio vitale adulto della specie barbo e ai due stadi vitali (stadio vitale adulto e giovane) della specie vairone. Sulle curve vengono indicati con simboli differenti, a seconda delle specie, i valori habitat disponibile ottenuti per i diversi valori di portata in alveo registrati durante i rilievi (*250 l/s, 420 l/s, 650 l/s e 2200 l/s*). Le percentuali riportate sull'asse di sinistra delle ordinate sono da considerarsi rispetto al totale dell'area bagnata relativa la valore massimo di portata defluente misurato durante i rilievi (condizione di deflusso: Q=2200 l/s).*

La curva habitat-portata, unita all'analisi delle serie storiche di habitat, permette di individuare su base quantitativa ed ecologicamente basata il deflusso minimo vitale allo scopo di minimizzare gli impatti dell' opera di presa sulle biocenosi presenti, in particolare garantendo una protezione adeguata per l'intera comunità ittica esistente all'interno del corso d'acqua. Nel presente studio, essendo indirizzato alla valutazione ambientale di diversi scenari di rilascio, si provvederà ad utilizzare la curva habitat-portata per la costruzione delle serie storiche di habitat ricavate a partire dalle portate medie giornaliere storiche fornite da ARPA Liguria. In Figura 12 si presentano le curve habitat-portata riferite al tratto rappresentativo scelto per il Torrente Argentina che verranno utilizzate per le elaborazioni successive.

Dalla curva habitat-portata ottenuta per il tratto di studio si evince come l'area bagnata totale e l'area disponibile per entrambe le specie diminuisca in maniera consistente al di sotto di 400 l/s, ad indicazione di come con portate in alveo molto ridotte gli habitat diventino non idonei per la fauna ittica. La curva del vairone giovane presenta un picco alla portata di 420 l/s, ad indicare come al crescere della portata oltre un certo valore vi sia una moderata diminuzione della disponibilità di habitat per questo stadio vitale.

3.5 Confronto tra scenari di rilascio e calcolo dell'indice di integrità spazio-temporale dell'habitat fluviale - IH

Al fine di effettuare un confronto tra la condizione attuale e futuri rilasci dall'opera di presa si è proceduto ad identificarne alcuni scenari ritenuti di particolare interesse ai fini gestionali ed ambientali per il Torrente Argentina (Tabella 7).

Tabella 7: Scenari di rilascio valutati nel presente studio

Scenario	**Periodo considerato**
SC1: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	Anni idrologici 2008 2009 2010
SC2: Condizioni attuali ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

In particolare si sono identificati tre scenari che rappresentano rispettivamente:

- Scenario 1: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione di REMNA Srl
- Scenario 2: Condizioni ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)
- Scenario 3: : Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)

Si fa inoltre presente che il tratto sotteso dalla sola opera idroelettrica di REMNA Srl è di lunghezza pari a 1650 m, mentre quello interessato anche dalla derivazione del mulino è di 700 m circa localizzati nella parte centrale del futuro tratto sotteso (Figura 13).

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

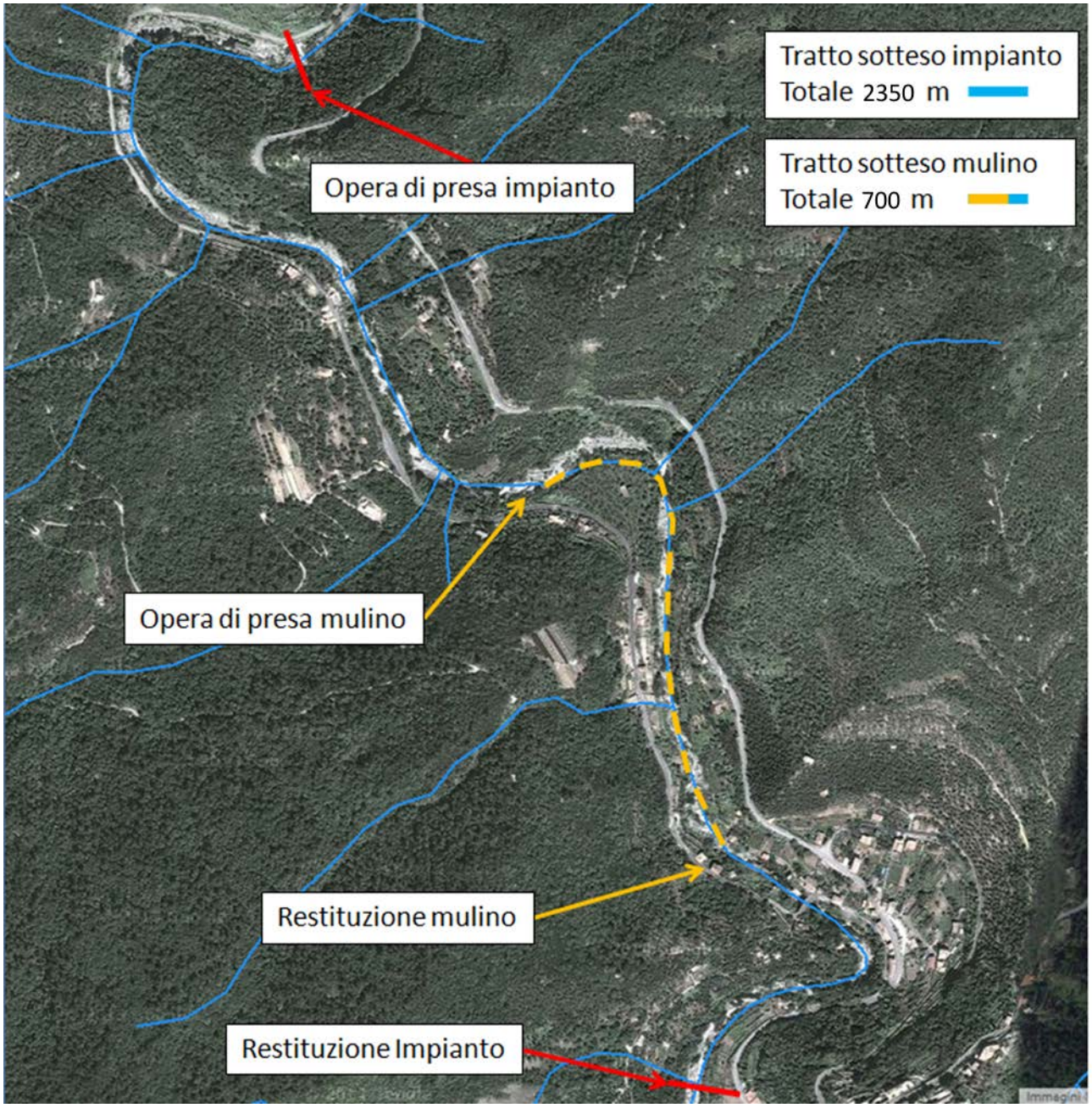


Figura 13 – Ubicazione del tratto sotteso della futura opera idroelettrica di REMNA Srl con indicato l'attuale tratto sotteso dalla derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo.

L'analisi degli scenari di rialscio è basata sui dati di portata media giornaliera resi disponibili da ARPA Liguria per gli anni 2008, 2009 e 2010. In particolare, utilizzando i dati dell'idrometro situato in località Merelli, è stato possibile generare la serie idrologica di portate medie giornaliere a Montalto Ligure rapportando i bacini sottesi alle sezioni di chiusura dell'idrometro e della futura opera di presa. Essendo questi rispettivamente di 192 km^2 e 124 km^2, si ottiene l'Eq. 4 (vedasi anche la Relazione Tecnica "IMPIANTO IDROELETTRICO DEL TORRENTE ARGENTINA A MONTALTO LIGURE" redatta da REMNA Srl).

$$Q_{presa_Montalto} = Q_{Merelli} \cdot \frac{124}{192} \qquad \text{Eq.4}$$

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

Le serie storiche annuali di portata a Montalto Ligure così generate vengono quindi di seguito utilizzate come serie riferimento del regime di deflusso naturale del Torrente Argentina, al fine di valutare lo stato attuale e la compatibilità ambientale di futuri scenari di rilascio a seguito della costruzione dell'opera di presa.

In Figura 14 sono riportate, a titolo di esempio, le serie storiche di portata media giornaliera per l'anno 2008, riferita al tratto sotteso dalla futura opera di presa di REMNA Srl in cui ad oggi è presente la derivazione idrica del mulino della ditta Saccheri Antonio e Giacomo, ricostruite in assenza di derivazioni (reference conditions) e in presenza di entrambe (altered conditions).

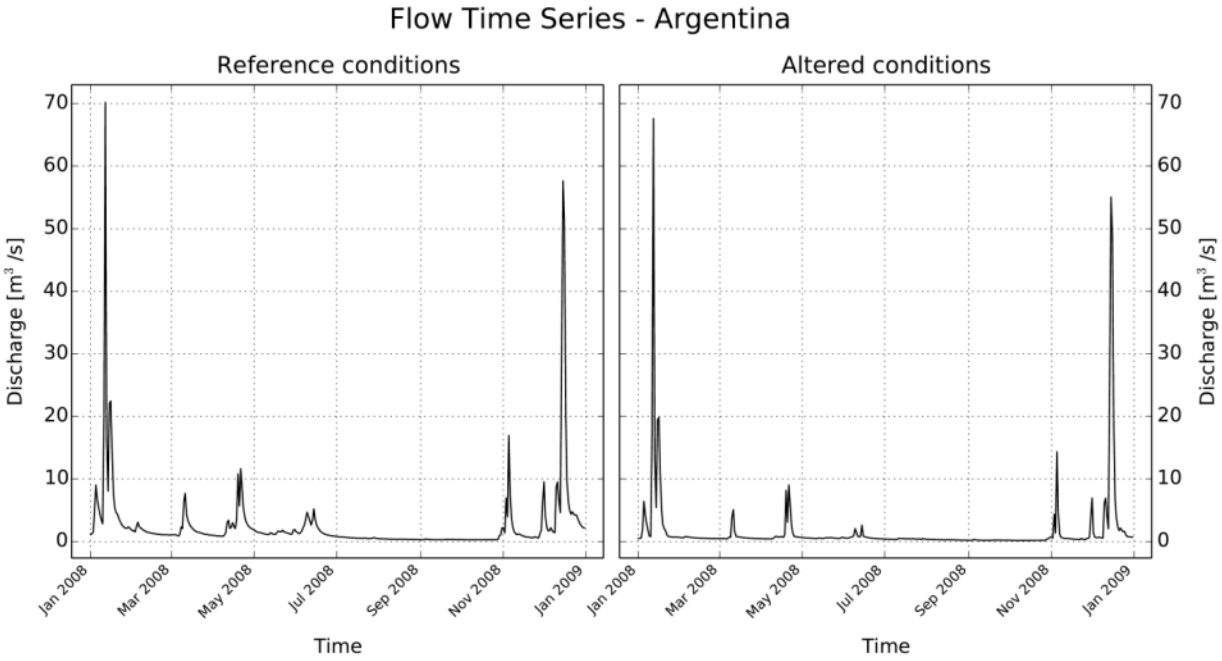


Figura 14: Serie storica di portate medie giornaliere (anno 2008) per il Torrente Argentina nel tratto sotteso della futura opera di presa di REMNA Srl, in cui ad oggi è presente la derivazione idrica del mulino della ditta Saccheri Antonio e Giacomo. Le serie storiche sono ricostruite per il medesimo tratto in assenza di derivazioni (reference conditions) e in presenza di entrambe (altered conditions). I grafici sono ottenuti tramite il software Sim-Stream per l'applicazione della metodologia MesoHABSIM.

Tramite la curva habitat-portata, è stato quindi possibile trasformare le serie storiche di portata in serie storiche di habitat (Figura 15, esempio per la specie barbo stadio vitale adulto). Tuttavia, è importante sottolineare che per valori superiori a 2200 l/s (valore massimo di portata registrato durante i rilievi idro-morfologici) non è stato possibile simulare le condizioni di habitat all'interno del corso d'acqua (valori mancanti nella serie). La quantità dei valori ottenuti è comunque da ritenersi esaustiva per la rappresentazione della variazione temporale dell'habitat fluviale nel corso degli anni idrologici considerati.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

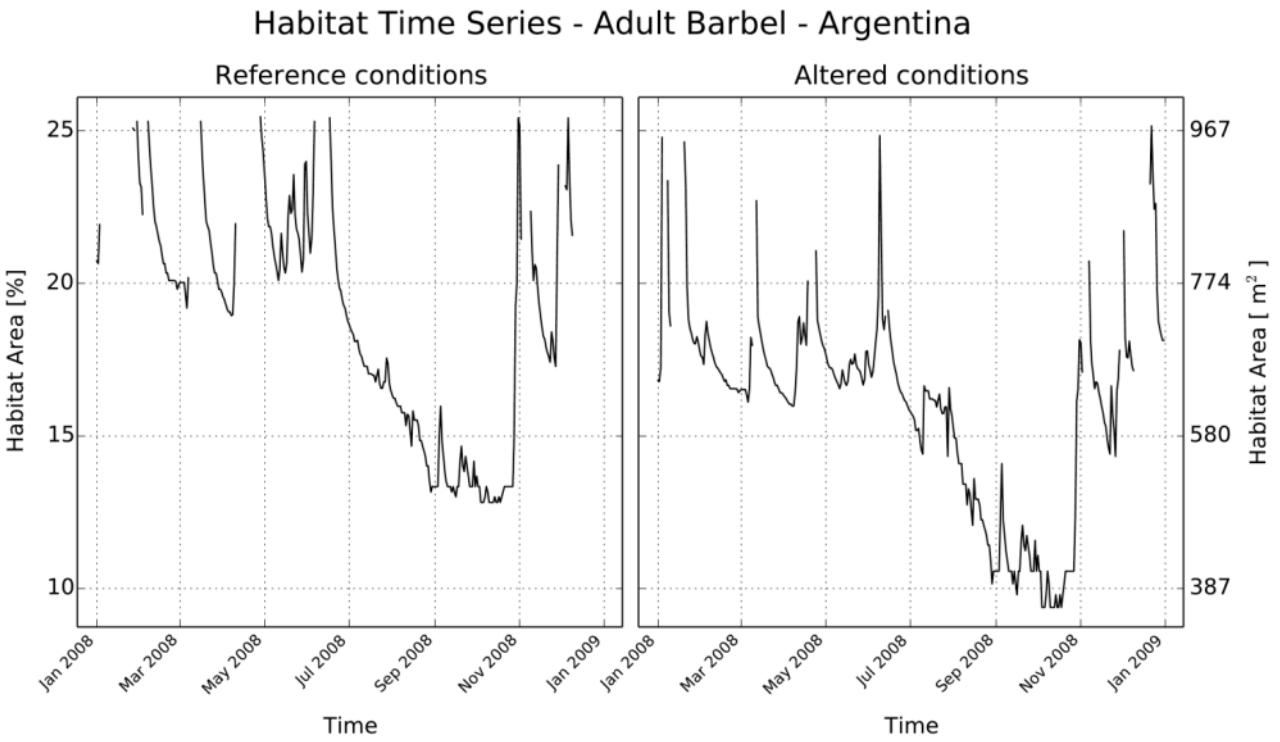


Figura 15: Serie storica di habitat (anno 2008) per la specie barbo adulto in condizioni naturali (grafico di sinistra, reference conditions) e con la presenza di entrambe le derivazioni (grafico di destra, altered conditions) di REMNA Srl e della ditta Saccheri Antonio e Giacomo.

L'applicazione dell'indice di Integrità dell'Habitat (Rinaldi et al., 2015) per l'anno 2008 nello scenario SC1, scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl, porta ad ottenere valori di $A_{Hd,r}$ e A_{Hd} per la specie barbo adulto rispettivamente pari a 18,54% e 17.06% dell'area bagnata ad alveo pieno (Figura 16, linee di colore blu), da cui si ottiene il valore dell'indice ISH pari a 0.92 (Tabella 8).

L'indicatore AGS, per il calcolo dell'indice ITH, esprime la distanza media tra due curve di durata sotto-soglia, calcolate in condizioni non alterate e alterate. Il valore di Q355 per l'anno 2008 è uguale a 270 l/s e quindi la soglia di habitat relativo al 97° percentile di portata (A_{Q97}) per la specie barbo adulto risulta pari a 13% dell'area bagnata ad alveo pieno.

In Figura 16 viene riportata la serie storica di habitat utilizzando lo scenario SC1 ed indicata tramite una linea di colore rosso la soglia A_{Q97}. Utilizzando l'espressione matematica data dall'Eq. 2 si ottiene nello scenario SC1, per la specie barbo adulto, un valore di AGS = 0, a cui corrisponde un valore dell'indice di disponibilità temporale dell'habitat ITH pari a 1 (Eq. 3). Questo accade in quando non vi è alterazione durante il periodo di magra (in cui si verificano soglie minime di disponibilità di habitat). In Figura 17, infatti, le curve di durata dell'habitat sotto-soglia per le condizioni di riferimento (linea di colore nero) e alterate (linea di colore grigio) sono entrambe posizionate nell'angolo in basso a sinistra (eventi minimi in termini di frequenza e durata sotto-soglia) e si sovrappongono.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

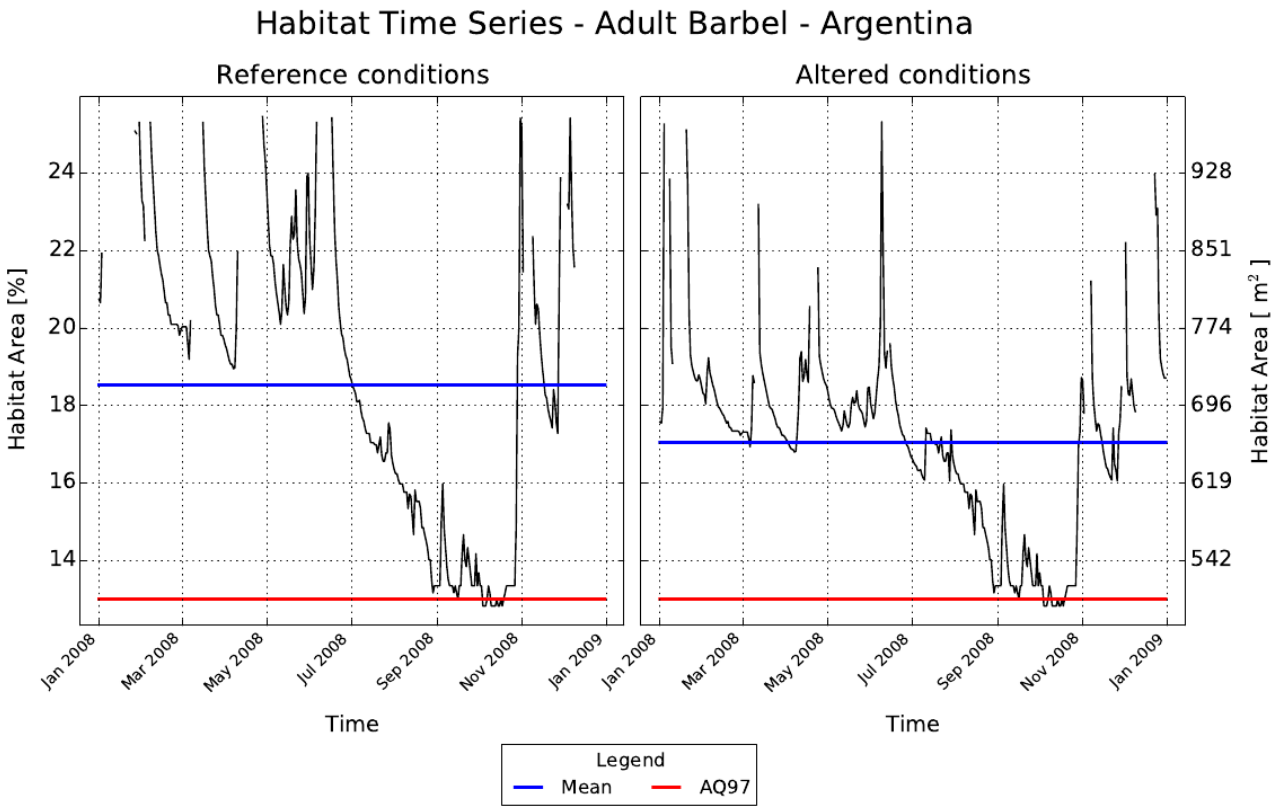


Figura 16: Serie storica di habitat (anno 2008) nello scenario SC1 di rilascio di progetto (sola derivazione di REMNA Srl) per la specie barbo adulto in condizioni naturali di riferimento (grafico di sinistra, reference conditions) e all'interno del futuro tratto sotteso (grafico di destra, altered conditions). La linea blu indica il valore medio della serie di habitat nel periodo considerato utilizzato per il calcolo dell'indice ISH, mentre la rossa indica la soglia A_{Q97} utilizzata per il calcolo dell'indice ITH.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

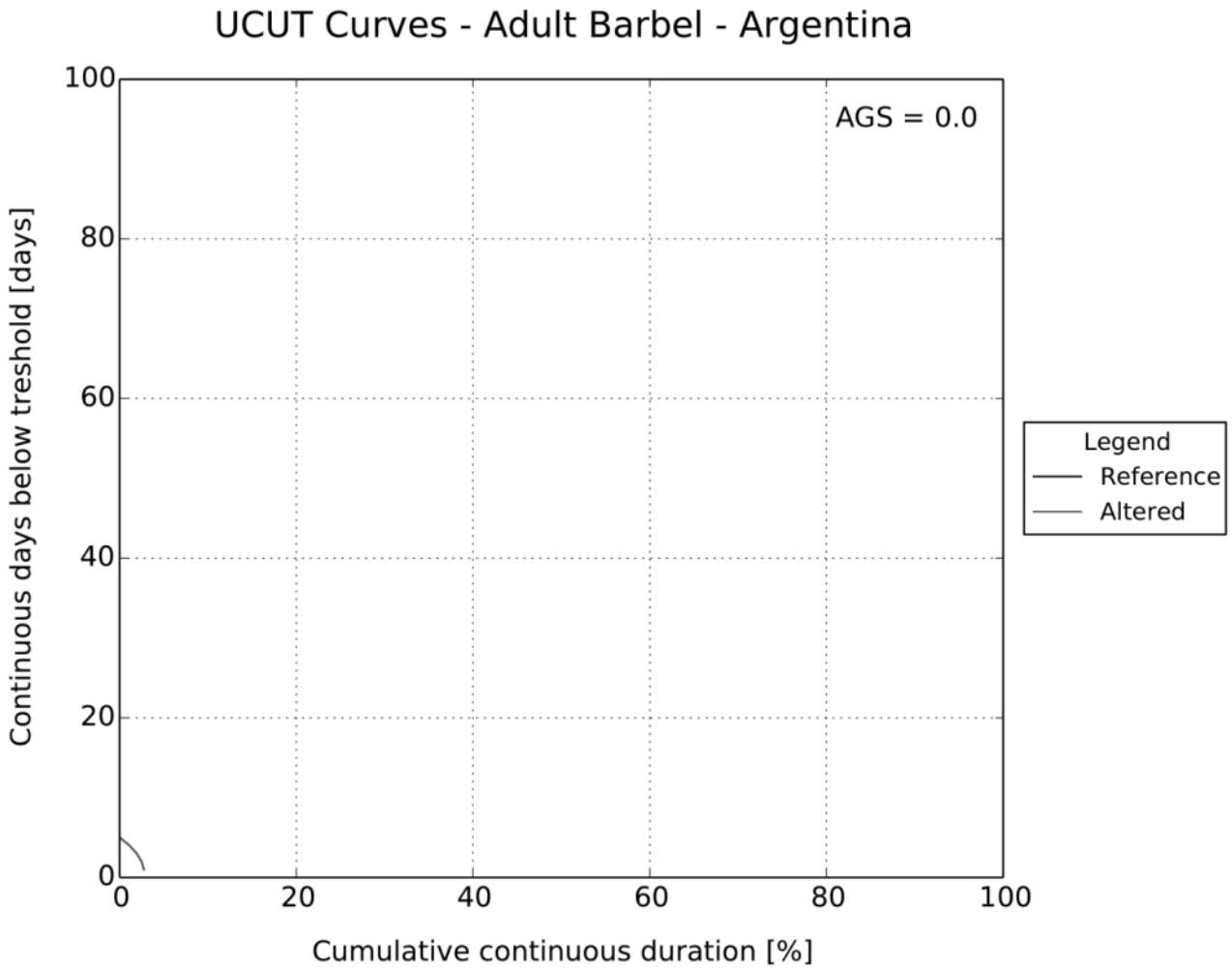


Figura 17 - Alterazione della durata degli eventi di stress (eventi di habitat disponibile sotto la soglia A_{Q97}) per la specie barbo adulto nello scenario SC1 di rilascio di progetto (sola derivazione di REMNA Srl). Le curve di durata dell'habitat disponibile sotto-soglia per le condizioni di riferimento (linea di colore nero) e alterate (linea di colore grigio) si sovrappongono portando ad un valore dell'indicatore AGS pari a 0.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

Ripetendo il procedimento per le altre specie e stadi vitali considerati per il Torrente Argentina e per gli anni 2008, 2009 e 2010, è possibile ottenere i valori di ISH e ITH e dell'indice di integrità IH per lo scenario SC1 di rilascio di progetto (Tabella 8). Utilizzando i minimi valori di ISH e ITH è possibile calcolare l'indice di integrità dell'habitat IH che assume valori compresi tra 0.95 e 0.98 valutando le condizioni di qualità dell'habitat dello scenario 1 come OTTIMALI. Sebbene, quindi, vi sia un decremento nella quantità di habitat disponibile media annua (differenza tra le linee di colore blu, Figura 16) data dalla derivazione di REMNA Srl (ISH tra 0.9 e 0.99), si osserva come durante il periodo di magra estivo non vi sia alterazione del numero di giorni sotto la soglia A_{Q97} tra le condizioni di riferimento e quelle alterate (ITH uguale a 1). Questo è dovuto al fatto che l'opera di presa di REMNA Srl ha una regola di derivazione la quale prevede l'arresto della produzione idroelettrica al di sotto di 600 l/s in ingresso e rilasci minimi di 412 l/s, non andando ad alterare il regime di magra del corpo idrico. Nel tratto sotteso in cui opera la sola derivazione di REMNA Srl (lunghezza totale di circa 2350 – 700 = 1650 m, Figura 13) l'integrità dell'habitat risulta comunque mantenuta con stato di qualità OTTIMALE.

Tabella 8 - Valori di ISH e ITH e dell'indice di integrità dell'habitat IH per gli anni 2008, 2009 e 2010 nello scenario SC1 di rilascio di progetto (sola derivazione di REMNA Srl).

SC1 – 2008	**IH = 0.95**		
Parametri	**Vairone giovane**	**Vairone adulto**	**Barbo adulto**
ISH	**0.99**	**0.9**	**0.92**
AHdr	22.49	23.36	18.54
AHd	22.71	20.98	17.06
AGS	0	0	0
ITH	**1**	**1**	**1**
Q97	270	270	270
AQ97	17.17	17.43	13.01

SC1 - 2009	**IH = 0.98**		
Parametri	**Vairone giovane**	**Vairone adulto**	**Barbo adulto**
ISH	**0.96**	**0.96**	**0.98**
AHdr	20.77	21.66	17
AHd	21.6	20.77	16.74
AGS	0	0	0
ITH	**1**	**1**	**1**
Q97	170	170	170
AQ97	11.65	14.28	10.33

SC1 - 2010	**IH = 0.97**		
Parametri	**Vairone giovane**	**Vairone adulto**	**Barbo adulto**
ISH	**0.95**	**0.94**	**0.97**
AHdr	20.05	21.61	16.97
AHd	21.14	20.32	16.53
AGS	0	0	0
ITH	**1**	**1**	**1**
Q97	140	140	140
AQ97	9.11	11.16	8.08

Se vengono invece considerate le condizioni ante-operam (Scenario SC2, in cui opera la sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo), l'habitat disponibile per il barbo adulto ha una consistente riduzione durante l'estate dovuta alla derivazione di 100 l/s attiva tutto l'anno (Figura 18). Non vi è grossa differenza tra i valori medi di habitat disponibile per le condizioni di riferimento e le condizioni attuali alterate (linee di colore blu) e si ottengono valori di ISH per il periodo 2008-2010 compresi tra 0.87 e 0.95 (Tabella 9).

Tuttavia le condizioni di habitat sotto la soglia A_{Q97}, durante il periodo di magra estivo crescono notevolmente (periodi con condizioni di habitat al di sotto della linea rossa in Figura 18). Ricordando che l'indicatore AGS, per il calcolo dell'indice ITH, esprime la distanza media tra due curve di durata sotto-soglia, calcolate in condizioni non alterate e alterate, si ottengono valori di AGS tra 2.68 e 7 (Figura 19 e Tabella 9). I valori dell'indice ITH risultano variare quindi tra 0.07 e 0.36 (Tabella 9).

In condizioni ante-operam, nel tratto sotteso dalla sola opera di presa della ditta Saccheri Antonio e Giacomo, di lunghezza totale di circa 700 m, Figura 13) l'integrità dell'habitat risulta con stato di qualità SUFFICIENTE.

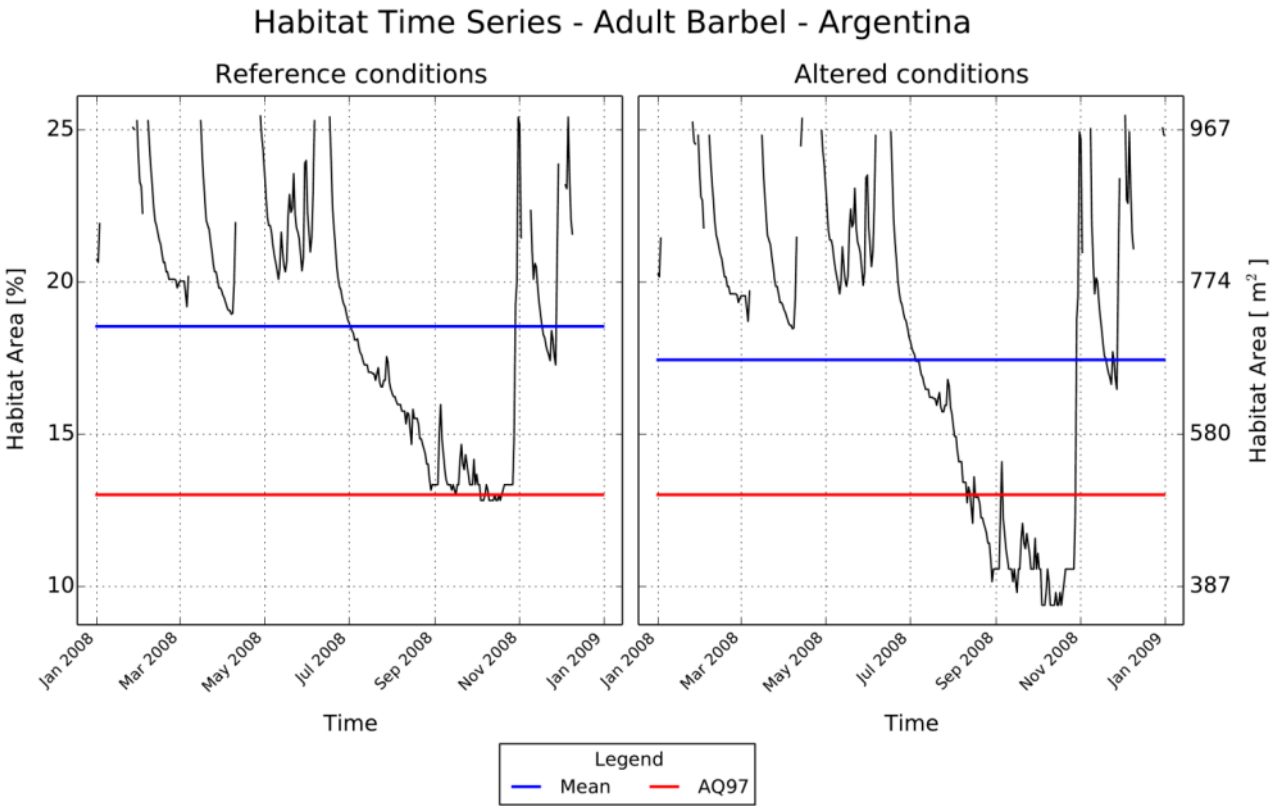


Figura 18: Serie storica di habitat (anno 2008) nello stato attuale (scenario SC2) per la specie barbo adulto in condizioni naturali di riferimento (grafico di sinistra, reference conditions) e all'interno del futuro tratto sotteso (grafico di destra, altered conditions) considerando in condizioni ante-operam la sola derivazione del mulino della ditta Saccheri Antonio e Giacomo. La linea blu indica il valore medio della serie di habitat nel periodo considerato utilizzato per il calcolo dell'indice ISH, mentre la rossa indica la soglia A_{Q97} utilizzata per il calcolo dell'indice ITH.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

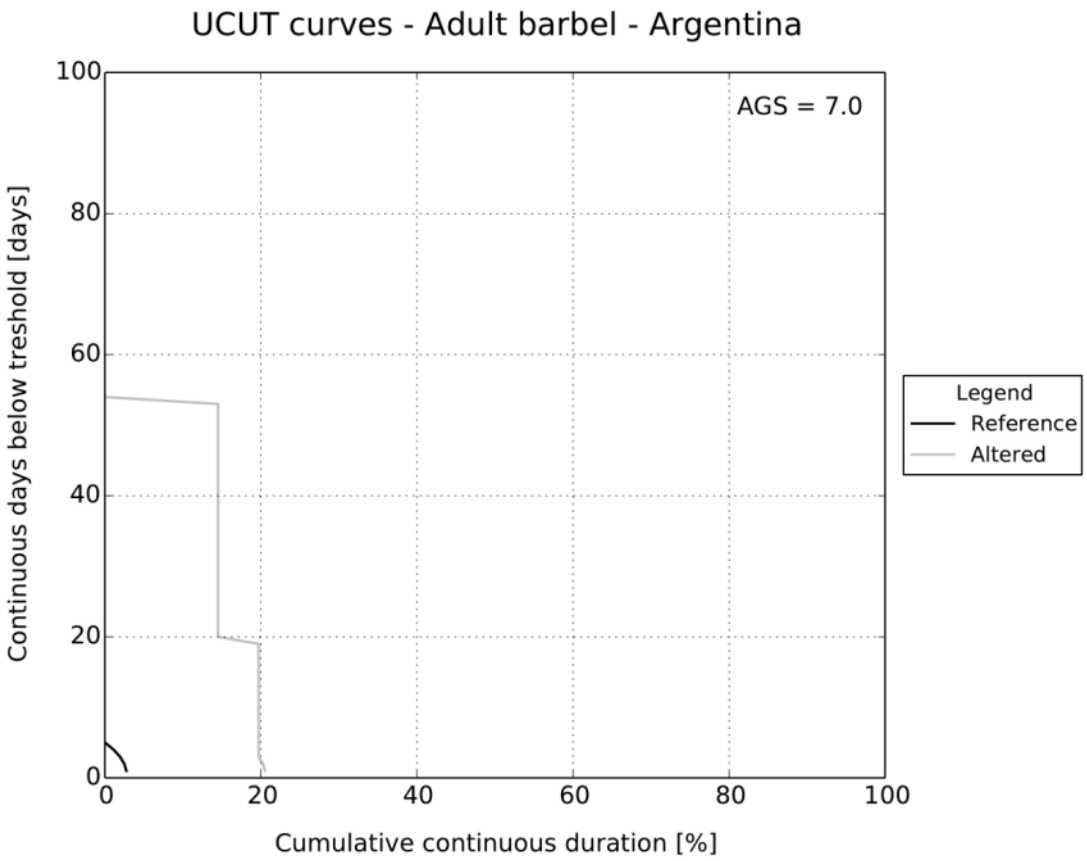


Figura 19 - Alterazione della durata degli eventi di stress (eventi di habitat disponibile sotto la soglia A_{Q97}) per l'anno 2008 e per la specie barbo adulto nello scenario SC2, considerando nelle condizioni ante-operam la sola derivazione del mulino della ditta Saccheri Antonio e Giacomo. Le curve di durata dell'habitat disponibile sotto-soglia vengono calcolate per le condizioni di riferimento (linea di colore nero) e alterate (linea di colore grigio).

Tabella 9: Valori di ISH e ITH e dell'indice di integrità dell'habitat IH per gli anni 2008, 2009 e 2010 nello scenario SC2 (condizioni ante-operam con la sola derivazione del mulino della ditta Saccheri Antonio e Giacomo).

SC2 - 2008	**IH = 0.46**		
Parametri	**Vairone giovane**	**Vairone adulto**	**Barbo adulto**
ISH	**0.92**	**0.95**	**0.94**
AHdr	22.49	23.36	18.54
AHd	20.66	22.09	17.44
AGS	7	7	7
ITH	**0.07**	**0.07**	**0.07**
Q97	0.27	0.27	0.27
AQ97	17.17	17.43	13.01

SC2 - 2009	**IH = 0.59**		
Parametri	**Vairone giovane**	**Vairone adulto**	**Barbo adulto**
ISH	**0.87**	**0.89**	**0.89**
AHdr	20.77	21.66	17
AHd	18.04	19.33	15.14
AGS	2.68	3.06	3.06
ITH	**0.36**	**0.31**	**0.31**
Q97	0.17	0.17	0.17
AQ97	11.65	14.28	10.33

SC2 - 2010	**IH = 0.48**		
Parametri	**Vairone giovane**	**Vairone adulto**	**Barbo adulto**
ISH	**0.88**	**0.88**	**0.89**
AHdr	20.05	21.61	16.97
AHd	17.61	19.06	15.03
AGS	6.67	6.67	6.67
ITH	**0.08**	**0.08**	**0.08**
Q97	0.14	0.14	0.14
AQ97	9.11	11.16	8.08

Aggiungendo alle condizioni ante-operam la derivazione di REMNA Srl si ottiene lo Scenario SC3 (condizioni post-operam) e si ottengono le serie storiche di habitat (Figura 20), le curve di durata sotto soglia (Figura 13) e quindi i valori degli indici in Tabella 10.

Come si osserva dai grafici riportati in Figura 20 e 21 e dai valori riportati in Tabella 10, la derivazione proposta da REMNA Srl sembra non deteriorare l'attuale stato di qualità dell'habitat del corpo idrico, anche considerando esclusivamente il tratto sotteso dall'opera di derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo.

Per lo scenario SC3 (condizioni post-operam con derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo + derivazione di REMNA Srl), se si utilizzano i minimi valori di ISH e ITH è possibile calcolare l'indice di integrità dell'habitat IH che assume valori compresi tra 0.43 e 0.59 valutando le condizioni di qualità dell'habitat, anche in questo caso, come SUFFICIENTI.

In Allegato D vengono riportati i grafici da cui sono derivati i valori riportati nelle Tabelle 8, 9, e 10.

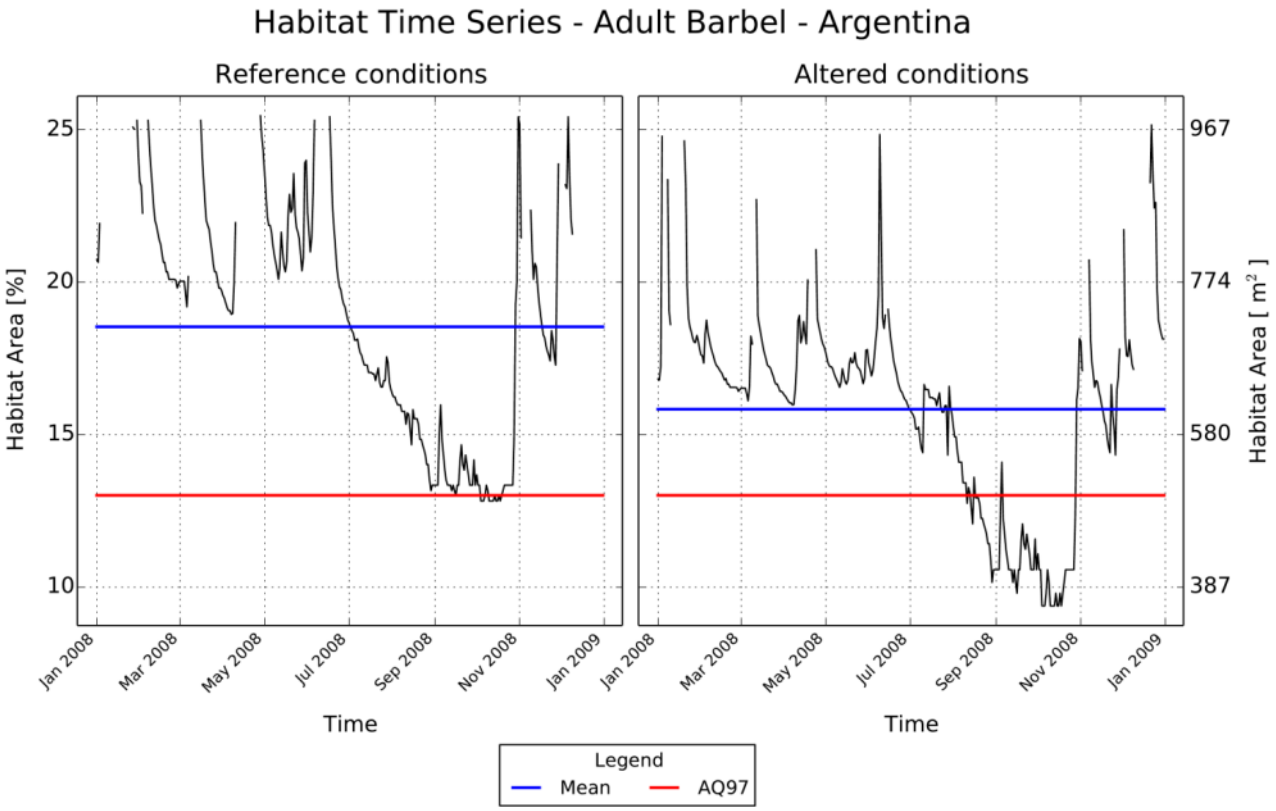


Figura 20: Serie storica di habitat (anno 2008) nello scenario SC3 (condizioni post-operam con derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo + derivazione di REMNA *Srl) per la specie barbo adulto in condizioni naturali di riferimento (grafico di sinistra, reference conditions) e all'interno del futuro tratto sotteso (grafico di destra, altered conditions). La linea blu indica il valore medio della serie di habitat nel periodo considerato utilizzato per il calcolo dell'indice ISH, mentre la rossa indica la soglia A_{Q97} utilizzata per il calcolo dell'indice ITH.*

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

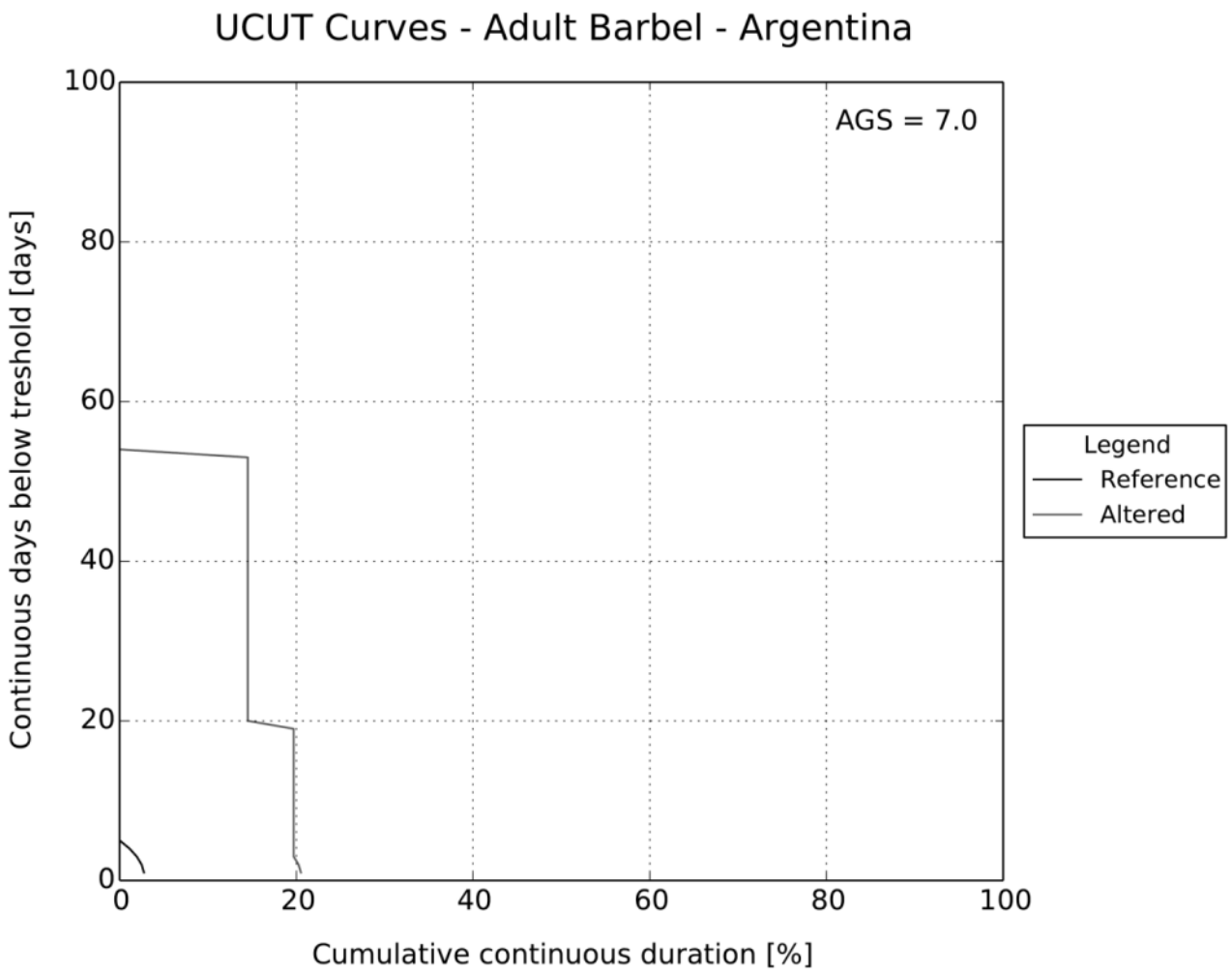


Figura 21 - Alterazione della durata degli eventi di stress (eventi di habitat disponibile sotto la soglia A_{Q97}) per la specie barbo adulto nello scenario SC3 (condizioni post-operam con derivazione del mulino della ditta Saccheri Antonio e Giacomo + derivazione di REMNA Srl). Le curve di durata dell'habitat disponibile sotto-soglia vengono calcolate per le condizioni di riferimento (linea di colore nero) e alterate (linea di colore grigio).

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

Tabella 10: Valori di ISH e ITH e dell'indice di integrità dell'habitat IH per gli anni 2008, 2009 e 2010 nello scenario SC3 (derivazione del mulino della ditta Saccheri Antonio e Giacomo + derivazione di REMNA Srl).

SC3 - 2008	IH = 0.43		
Parametri	**Vairone giovane**	**Vairone adulto**	**Barbo adulto**
ISH	**0.94**	**0.85**	**0.85**
AHdr	22.49	23.36	18.54
AHd	21.09	19.84	15.83
AGS	7	7	7
ITH	**0.07**	**0.07**	**0.07**
Q97	0.27	0.27	0.27
AQ97	17.17	17.43	13.01

SC3 - 2009	IH = 0.59		
Parametri	**Vairone giovane**	**Vairone adulto**	**Barbo adulto**
ISH	**0.94**	**0.87**	**0.89**
AHdr	20.77	21.66	17
AHd	19.51	18.84	15.06
AGS	2.68	3.06	3.06
ITH	**0.36**	**0.31**	**0.31**
Q97	0.17	0.17	0.17
AQ97	11.65	14.28	10.33

SC3 - 2010	IH = 0.47		
Parametri	**Vairone giovane**	**Vairone adulto**	**Barbo adulto**
ISH	**0.97**	**0.85**	**0.87**
AHdr	20.05	21.61	16.97
AHd	19.36	18.27	14.82
AGS	6.67	6.67	6.67
ITH	**0.08**	**0.08**	**0.08**
Q97	0.14	0.14	0.14
AQ97	9.11	11.16	8.08

4 Conclusioni

Dai risultati riportati nel presente studio (in particolare nelle Figure dalla 16 alla 21 e nelle tabelle dalla 8 alla 10) la quantità di habitat disponibile per la fauna ittica all'interno del torrente Argentina non sembra essere particolarmente alterata dalla derivazione proposta da REMNA Srl.

Il valore dell'indice di integrità dell'habitat fluviale (IH) non decresce infatti se viene aggiunta la derivazione in oggetto alle condizioni attuali del corso d'acqua sia nel tratto sotteso alla sola opera idroelettrica (1650 m circa), che in quello interessato anche dalla derivazione del mulino (700 m circa).

La nuova derivazione proposta da REMNA Srl non comporta quindi un deterioramento delle condizioni attuali del corso d'acqua che vengono classificate con o senza la derivazione di REMNA Srl come OTTIMALI nel tratto sotteso alla sola opera idroelettrica e SUFFICIENTI in quello interessato anche dalla derivazione del mulino.

Questo è dovuto al fatto che l'opera di presa di REMNA Srl ha una regola di derivazione e un DMV di progetto (fornito dalla relazione idrologica redatta dalla stessa società) tale per cui l'impianto si attiva per portate in alveo superiori a circa 600 l/s garantendo un rilascio minimo di almeno 412 l/s. Usando i dati di portata disponibili tra il 2008 e il 2010, questo tipo di regola di derivazione non sembra quindi alterare il regime di magra estivo del corpo idrico, non aumentando i periodi di stress per la fauna caratterizzati da limitate disponibilità di habitat, e, al tempo stesso, sembra garantire consistenti quantitá di habitat anche nella restante parte dell'anno.

Per quanto possibile, si consiglia, per la gestione ambientale del Torrente Argentina, di proporre una interruzione o il rispetto di un DMV da parte della derivazione del mulino della ditta Saccheri Antonio e Giacomo durante il periodo di magra estivo. Questo permetterebbe di non far decrescere la disponibilità di habitat nel tratto sotteso da entrambe le derivazioni durante una parte dell'anno già considerata critica per la ridotta portata defluente e la scarsa quantità di area bagnata presente in alveo.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

5 Bibliografia utilizzata

Bovee KD (1982) A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Instream Flow Information Paper 12. U.S. Fish and Wildlife Service, Fort Collins, Colorado, USA.

Breiman L (2001) Random Forest. Machine Learning 45, 5-32

Milhous R, Bartholow J, Updike M, Moos A (1990) Reference Manual for Generation and Analysis of Habitat Time Series. U.S. Fish and Wildlife Services. 249 p.

Parasiewicz P (2007) The MesoHABSIM model revisited. River Res. Appl. 23: 893-903.

Parasiewicz P, Rogers JN, Vezza P, Gortazar J, Seager T, Pegg M, Wiśniewolski W, Comoglio C (2013) Applications of the MesoHABSIM Simulation Model. In Ecohydraulics: an integrated approach, (Ed H. A. Maddock I., Kemp P. and Wood P.). John Wiley & Sons Ltd, 109-124 p.

Petitguyot T, Bussettini M, Linsen M, Schmidt G, Arqued-Esquía VM, Smolar-Žvanut N, Skoulikidis N, Hernandez-Herrero E, Sanchez-Navarro R, Tanner K, Ureta-Maeso J, Helena-Alves M, Theodoropoulos C (2015). Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy (CIS) Guidance Document nº31. Luxembourg: European Union, 2015

Petts GE (2009) Instream Flow Science For Sustainable River Management. JAWRA Journal of the American Water Resources Association 45: 1071-1086.

Rinaldi M, Belletti B, Comiti F, Nardi L, Mao L, Bussettini M (2015). Sviluppo di un sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM). Rome, Italy: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).

Vezza P, Parasiewicz P, Rosso M, Comoglio C (2012) Defining minimum environmental flows at regional scale: application of mesoscale habitat models and catchments classification. River Res. Appl. 28: 675-792.

Vezza P, Bruno MC, Carolli M, Zolezzi G, Endrizzi S, Siviglia A, Spairani M (2013) Habitat time series analysis to develop flow management criteria in rivers affected by hydropeaking. In International Society of Limnology, XXXII Congress, Budapest, Hungary. ISBN: 978-963-89460-1-0, (Eds Z. Heiszler,R. Hohol).

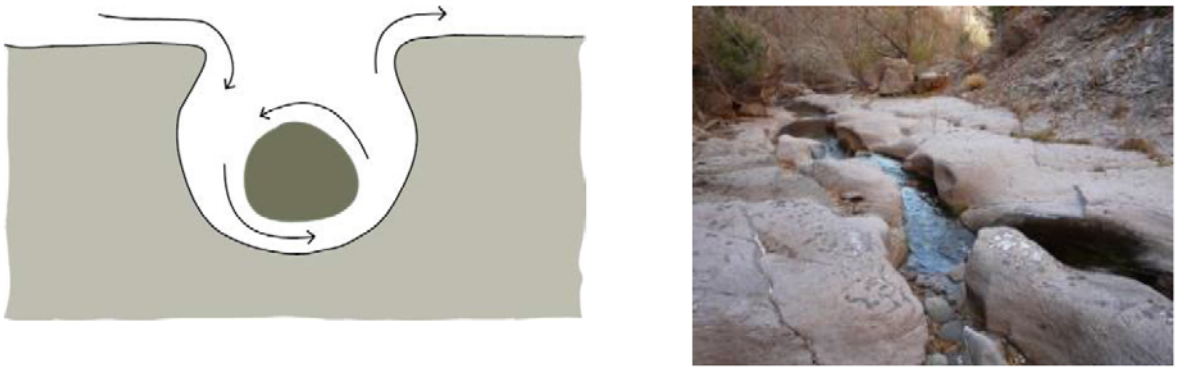
Vezza P, Goltara A, Spairani M, Zolezzi G, Siviglia A, Carolli M, Bruno MC, Boz B, Stellin D, Comoglio C, Parasiewicz P (2014a) Habitat indices for rivers: quantifying the impact of hydro-morphological alterations on the fish community. In IAEG XII Congress, Torino, Italy.

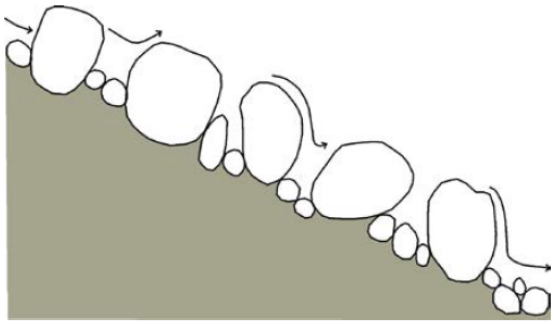
Vezza P, Parasiewicz P, Calles O, Spairani M, Comoglio C (2014b) Modelling habitat requirements of bullhead (*Cottus gobio*) in alpine streams. Aquat. Sci. 76: 1-15.

Vezza P, Parasiewicz P, Spairani M, Comoglio C (2014c) Habitat modelling in high gradient streams: the meso-scale approach and application. Ecol. Appl. doi:10.1890/11-2066.1.

6 Allegati

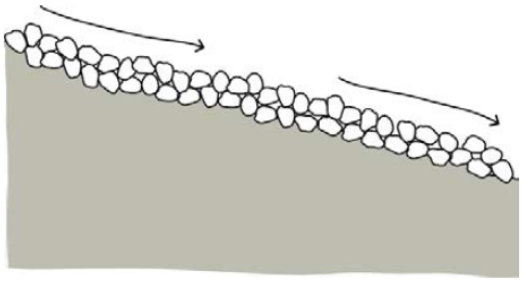
Allegato A – Classificazione delle unità morfologiche da manuale SUM (ISPRA 2015)

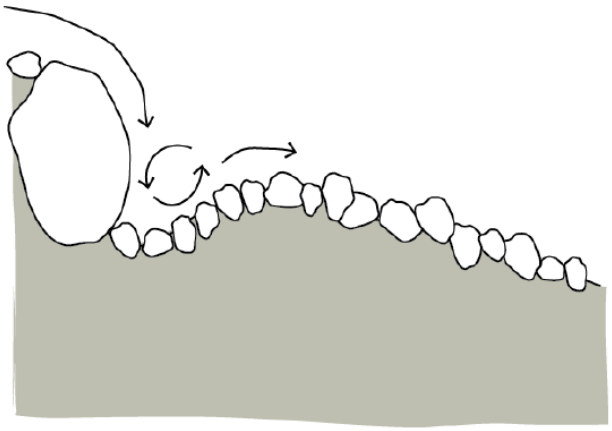
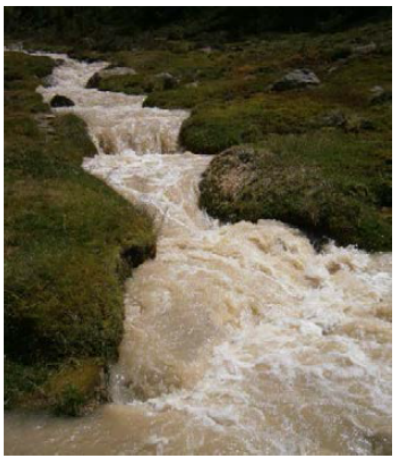
***Pothole* ("marmitta")**
Codice identificativo: CH
Riferimenti: Brierley & Fryirs (2005); Fryirs & Brierley (2013)
Definizione Unità d'erosione tipica di alvei in roccia. Si tratta di unità spesso alquanto incise, di forma circolare, scavate nella roccia in zone, dove vi è una concentrazione di flusso a elevata energia. Le *pothole* sono scolpite nella roccia attraverso processi di cavitazione e abrasione indotti dal materiale trasportato, il quale si ritrova intrappolato nella cavità stessa. Sono unità comunemente associate a livelli litologici meno resistenti o alla presenza di discontinuità strutturali.
Caratteristiche distintive: a differenza delle *pool (plunge pool)*, le *pothole* non sono localizzate a valle di un'unità a "gradino".
(a) (b)  Unità di canale: *pothole* (a, b). In (a) schema modificato da *Brierley & Fryirs (2005)*.

***Cascade* ("rapida a gradino")**
Codice identificativo: CC
Riferimenti: *Halwas & Church (2002)*; *Montgomery & Buffington (1997)*; *Buffington & Montgomery (2013)*; "rapida a gradino": *Lenzi et al. (2000)*
Definizione Unità alluvionali o semi-alluvionali costituite principalmente da massi e/o ciottoli di grandi dimensioni. I sedimenti non sono organizzati in linee (*ribs*) laterali né longitudinali e sono trasportati solo da piene intense e poco frequenti. Le piccole zone di pozza situate tra i massi sono poco profonde e con flusso molto turbolento, e presentano dimensioni inferiori rispetto alla larghezza dell'alveo (sono definite *pocket pool*, e non sono definibili come unità vere e proprie ma piuttosto come sub-unità). Per tutti i livelli idrometrici si ha una diffusa presenza di risalti idraulici che dominano la dissipazione dell'energia della corrente (*spill resistance*), derivante dalla turbolenza di scia indotta dagli elementi più grandi. Queste unità sono tipiche di alvei confinati a forte pendenza (S>7%).
Caratteristiche distintive: rispetto alle unità *step*, anch'esse determinanti getti e successivi risalti idraulici almeno fino a livelli di piena ordinaria, l'organizzazione dei clasti nelle *cascade* è più caotica e con spiccata asimmetria lungo la sezione trasversale. Rispetto alle unità *rapid*, le *cascade* sono caratterizzate da risalti idraulici (e quindi elevata turbolenza e aerazione del flusso) anche per portate ad alveo pieno. I clasti sono inoltre meno organizzati spazialmente nelle *cascade* rispetto alle *rapid*.
(a) (b)   Unità di canale: *cascade* (a, b). In (a) schema modificato da *Halwas & Church (2002)*.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

***Rapid* ("rapida a scivolo")**
Codice identificativo: CR
Riferimenti: Grant et al. (1990); Halwas & Church (2002); "rapida a scivolo": Lenzi et al. (2000)
Definizione Unità di alvei alluvionali caratterizzate da massi e ciottoli di grandi dimensioni parzialmente organizzati in linee irregolari orientate perpendicolarmente od obliquamente all'alveo, lunghe circa quanto la larghezza dell'alveo (*transverse rib*, si vedano le sub-unità). Gli elementi di dimensione maggiore sono visibili solamente in condizioni di portata medio-bassa, e risultano sommersi in condizioni di portata a piene rive. Le aree apparentemente simili a pozze visibili in condizioni di magra sono poco profonde e scarsamente sviluppate, pertanto non sono classificabili come unità morfologiche distinte.
Caratteristiche distintive: rispetto alle unità *cascade* e alle unità *step*, nelle rapide i clasti di maggiori dimensioni sono sommersi in condizioni di portata a piene rive e pertanto vi è presenza di risalti idraulici ben formati (e quindi di *spill resistance*) solo per portate medio-basse. Rispetto alle unità *riffle*, le rapide sono caratterizzate da sedimento più grossolano, che in alcuni casi forma delle linee trasversali o oblique (*transverse rib*). Inoltre, il flusso è più turbolento e caratterizzato da occasionali risalti idraulici e onde stazionarie frangenti (*broken standing waves*), soprattutto in condizioni di basse portate, che producono un flusso localmente molto aerato.
(a) (b)  Unità di canale: *rapid* (a, b). In (a) schema modificato da Halwas & Church (2002).

***Riffle* ("raschio")**
Codice identificativo: CF
Riferimenti: Grant et al. (1990); Church (1992); Wood-Smith & Buffington (1996)
Definizione Unità caratterizzate da flusso meno profondo e più veloce rispetto a unità contigue, composte da sedimento relativamente uniforme (ghiaia e piccoli ciottoli) che raramente emergono dall'acqua. Le differenze di profondità e velocità tra i *riffle* e le unità adiacenti (tipicamente *pool* e *glide*) diminuiscono con l'aumentare delle portate. I *riffle* si formano nei punti di inflessione tra le sponde in corsi d'acqua alluvionali di tipo sinuoso, dove l'alveo è dominato da una sequenza di barre alternate.
Caratteristiche distintive: rispetto alle *rapid*, le unità *riffle* sono caratterizzate da flusso meno turbolento e aerato e presentano onde stazionarie prevalentemente non frangenti (*unbroken standing waves*). Rispetto alle *glide*, i *riffle* sono caratterizzati da pendenze locali maggiori, che inducono un'accelerazione del flusso lungo l'unità producendo quindi un flusso di superficie increspato, spesso con onde stazionarie prevalentemente non frangenti (le onde diventano frangenti in *riffle* a pendenza e/o granulometria maggiore).
(a) (b)   Unità di canale: *riffle* (a, b). In (a) schema modificato da Brierley & Fryirs (2005).

***Step* ("gradino")**
Codice identificativo: CT
Riferimenti: Chin (2003); Halwas & Church (2002); Church (1992); Comiti & Mao (2012)
Definizione Sono unità sono tipiche dei corsi d'acqua ad elevata pendenza alluvionali, semi-alluvionali ed in roccia. Si tratta di salti (gradini) verticali o fortemente inclinati che occupano l'intera larghezza dell'alveo, formati da diversi tipi di materiale (roccia, sedimento, legno, o loro combinazione). Tali gradini sono approsimativamente più alti rispetto alla profondità del flusso in condizioni di piene rive valutata in corrispondenza del gradino stesso, ovvero non vengono sommersi almeno fino ad eventi di piena ordinaria (Comiti & Mao, 2012). Gli *step* determinano accelerazione e convergenza del flusso, che comportano limitate fluttuazioni turbolente ed un pelo libero piuttosto regolare (Wilcox et al., 2011). Come già menzionato, gli *step* possono essere formati, oltre che da sedimento trasportato dalla corrente, da materiale legnoso (*log step*) od essere scavati nella roccia (*rock step*) (si vedano i sotto-tipi).
Caratteristiche distintive: rispetto ai salti presenti anche nelle *cascade*, gli *step* occupano uniformemente l'intera sezione dell'alveo. Rispetto alle *rapid*, il salto caratteristico delle unità *step* non viene sommerso in condizioni di portate a piene rive. Quando gli *step* sono alternati ad unità *pool* (morfologia a scala di tratto a gradinata o a *step-pool*), il flusso risulta caratterizzato da una tipica alternanza di getti liberi e risalti idraulici (il cosiddetto *tumbling flow*), dalle condizioni di magra fino ad eventi di piena ordinaria, con una resistenza al flusso dominata dalla *spill resistance* (Comiti & Mao, 2012).
(a) (b)   Unità di canale: *step* (a, b). In (a) schema modificato da Brierley & Fryirs (2005) e da Halwas & Church (2002).

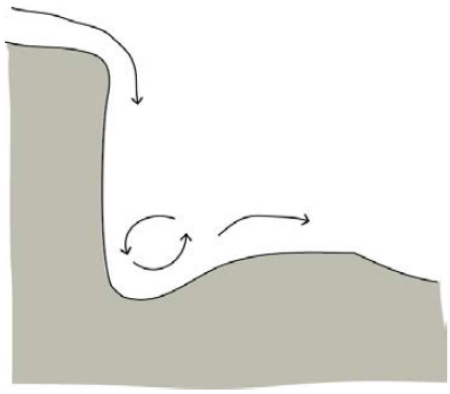
***Waterfall* (cascata)**

Definizione

Sono gradini sub-verticali di notevole altezza formati dall'attività erosiva del corso d'acqua in corrispondenza di eterogeneità di resistenza del substrato roccioso o di discontinuità strutturali. Vengono distinti da un *rockstep* per l'altezza elevata, indicativamente > 3 m, e per il presentarsi come salti singoli o comunque non formanti una sequenza relativamente regolare in termini di interdistanza. Quando una di queste condizioni non sussiste un gradino in roccia è più correttamente definibile come *rockstep*.

Termini equivalenti: *knickpoint*

(a)

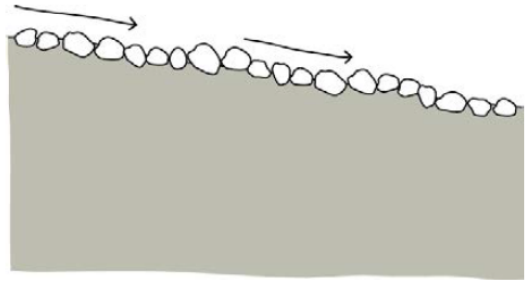


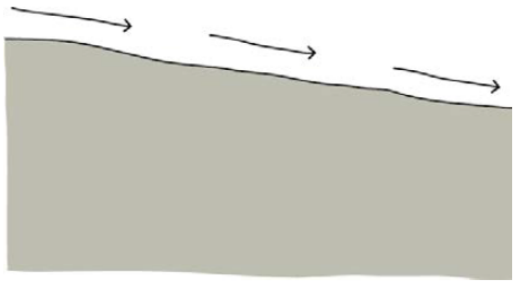
(b)

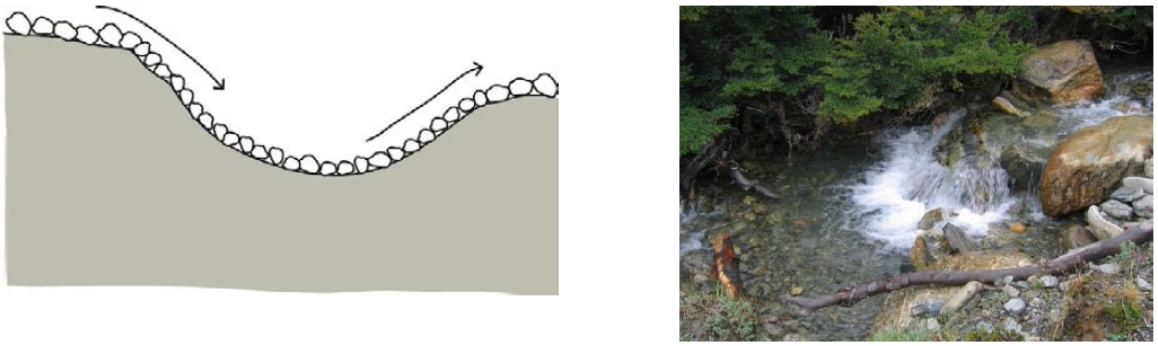


Unità di canale: *waterfall* (a, b). In (a) schema modificato da *Brierley & Fryirs (2005)*. In (b) foto da *www.gocime.com*.

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

***Glide* ("scivolo")**
Codice identificativo: CG
Riferimenti: Bisson et al. (1982); Church (1992); Grant et al. (1990); Sullivan (1986); Halwas & Church (2002)
Definizione Si tratta di unità caratterizzate da un profilo longitudinale del fondo e del pelo libero piuttosto regolare. Il pelo libero può presentarsi leggermente increspato ma si presenta quasi parallelo al fondo dell'alveo (condizioni molto prossime a quelle di un flusso a moto uniforme) e visivamente poco turbolento ed aerato. In alvei ghiaiosi relativamente pendenti, queste unità presentato sedimento non uniforme, spesso corazzato, e negli alvei a maggiore pendenza possono anche essere presenti sedimenti molto grossolani (ciottoli e massi) che emergono però solo localmente dalla superficie dell'acqua. Comunque le *glide* sono anche comuni in corsi d'acqua ghiaiosi di bassa pendenza così come in corsi d'acqua a fondo sabbioso, dove sono tipicamente localizzate a valle di *pool* o a monte di *riffle*.
Caratteristiche distintive: rispetto ai *riffle* e alle *rapid*, le *glide* sono caratterizzate da pendenza locale minore e da un flusso più uniforme (assenza di onde stazionarie), eccetto che in prossimità di eventuali massi emersi. Rispetto alle *pool*, queste unità sono caratterizzate da fondo all'incirca parallelo alla superficie dell'acqua.
Termini equivalenti: run (generalmente usato per indicare una *glide* di lunghezza limitata al passaggio tra una *pool* ed uno *step* o un *riffle* e/o in tratti con minor pendenza)
(a) (b)   Unità di canale: *glide* (a, b). In (a) schema modificato da Brierley & Fryirs (2005).

Rock glide
Definizione Unità presenti in corsi d'acqua a fondo roccioso, caratterizzate da condizioni idrodinamiche equivalenti alle *glides* di alvei alluvionali (flusso uniforme o increspato circa parallelo al fondo). *Termini equivalenti: bedrock glide*
(a)  (b)  Unità di canale: *bedrock glide* (a, b). In (a) schema modificato da *Wohl (1998)*.

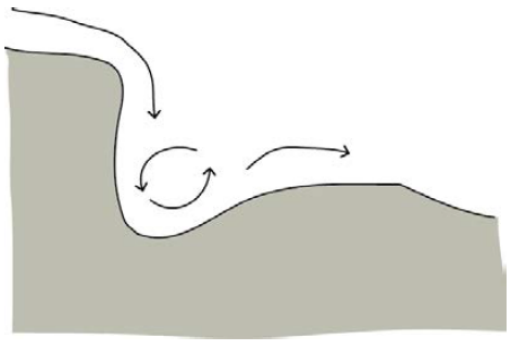
***Pool* ("pozza")**
Codice identificativo: CP
Riferimenti: *Church (1992)*; *Grant et al. (1990)*; *Wood-Smith & Buffington (1996)*; *Halwas & Church (2002)*
Definizione Sono unità prevalentemente di origine erosiva che si presentano come depressioni topografiche del fondo dell'alveo con pendenza inversa nella porzione più a valle, ed occupano l'intera sezione trasversale. Sono caratterizzate da tiranti relativamente elevati e velocità ridotte, ma anche da caratteristiche idrodinamiche (fluttuazioni turbolente) complesse. Il sedimento spesso appare più fine rispetto alle unità adiacenti, nel caso in cui vi sia stata sedimentazione, altrimenti può essere anche molto grossolano. Le *pool* si alternano spesso a *step* o a *riffle*, rispettivamente in corsi d'acqua ad elevata pendenza in massi e ciottoli ed in alvei ghiaiosi, ma possono trovarsi anche in corsi d'acqua a fondo sabbioso associate ai meandri. Numerosi sono infatti i processi alla base della loro formazione, dando quindi origine a diversi sotto-tipi.
Caratteristiche distintive: Tutti i tipi di *pools* sono caratterizzati da una depressione topografica avente pendenza inversa nella porzione più a valle, che le rende abbastanza differenti da tutte le altre unità caratterizzate da bassa velocità (ad es., *glides* di bassa pendenza).
(a) (b)  Unità di canale: *pool* (a, b). In (a) schema modificato da *Brierley & Fryirs (2005)*.

Plunge pool

Definizione

Sono unità di *pool* in genere piuttosto profonde e circolari, formate in alvei in roccia da processi di corrosione e cavitazione a valle di unità a gradino di tipo *rock step* o *waterfall* grazie all'azione di caduta del getto d'acqua.

(a)



(b)



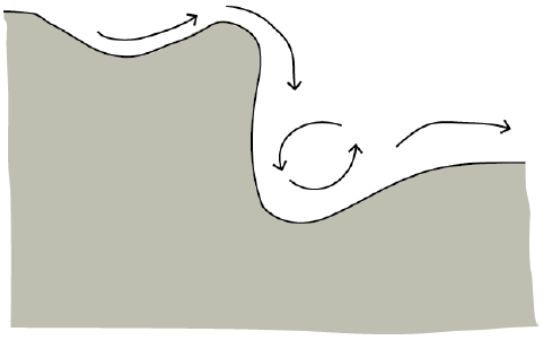
Unità di canale: *plunge pool* (a, b). In (a) schema modificato da *Brierley & Fryirs (2005)*.

Backwater pool

Definizione

Questa unità si può formare immediatamente a monte di un'unità a gradino di tipo *rock step* o *log step*, e perdura finché la sedimentazione derivante dal trasporto solido non la colma raccordando il profilo longitudinale.

(a)



(b)



Unità di canale: *backwater pool* (a, b). In (a) schema modificato da *Brierley & Fryirs (2005)* e da *Halwas & Church (2002)*.

Sistema di dune
Codice identificativo: CD
Riferimenti: *Simons & Richardson (1966)*; *Knighton (1998)*
Definizione La duna è una forma di fondo tipica di corsi d'acqua a bassa pendenza alluvionali a fondo sabbioso. Il pelo libero è influenzato dalla presenza delle dune, con la presenza di "rigonfiamenti" non in fase con le dune stesse. Una singola duna o qualche duna occasionale non possono essere classificate come unità morfologica bensì come sub-unità (per la stessa ragione per la quale un singolo masso o un albero non sono classificati come unità). Un insieme di dune è classificato come unità ("sistema di dune") quando esse si estendono per una lunghezza almeno pari all'incirca alla larghezza del corso d'acqua. In genere, un sistema a dune può includere anche la presenza di *ripple* sovraimposte alle dune (morfologia *dune-ripple*, *Montgomery & Buffington, 1997*). Il sistema di dune è difficilmente rilevabile, soprattutto nel caso di corsi d'acqua relativamente profondi per i quali non è possibile osservare il fondo, eccetto che nei casi in cui sia disponibile un rilievo batimetrico di dettaglio. In molti casi si può tuttavia presumere la presenza di un fondo a dune in base alla conoscenza del materiale costituente il fondo (prevalentemente sabbioso) e all'andamento ondulato del pelo libero, che manifesta inoltre fluttuazioni turbolente organizzate in strutture coerenti e periodiche.
(a) (b)  Unità di canale: sistema di dune (a, b). In (a) schema modificato da *Montgomery & Buffington (1997)*.

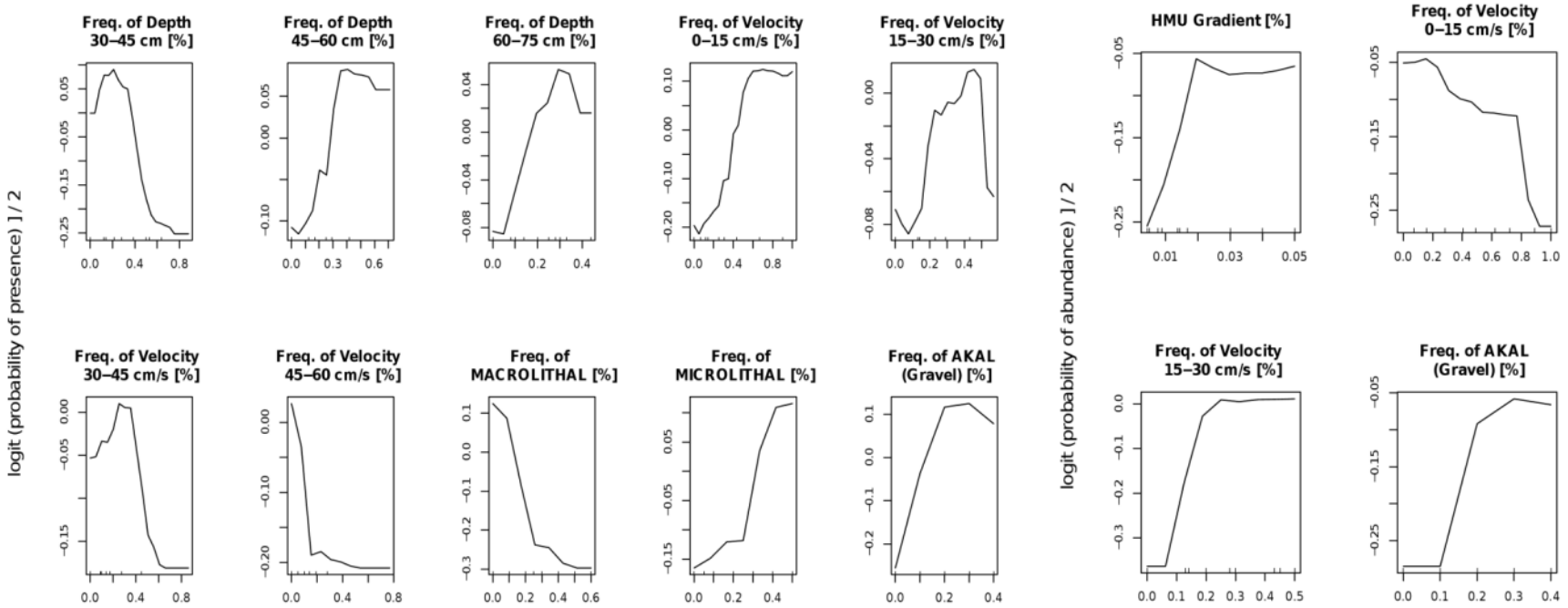


Figura 22 – *Modelli di idoneità di habitat assenza/presenza (figura di sinistra) e presenza/abbondanza (figura di destra) costruiti con la tecnica Random Forests per il barbo adulto*

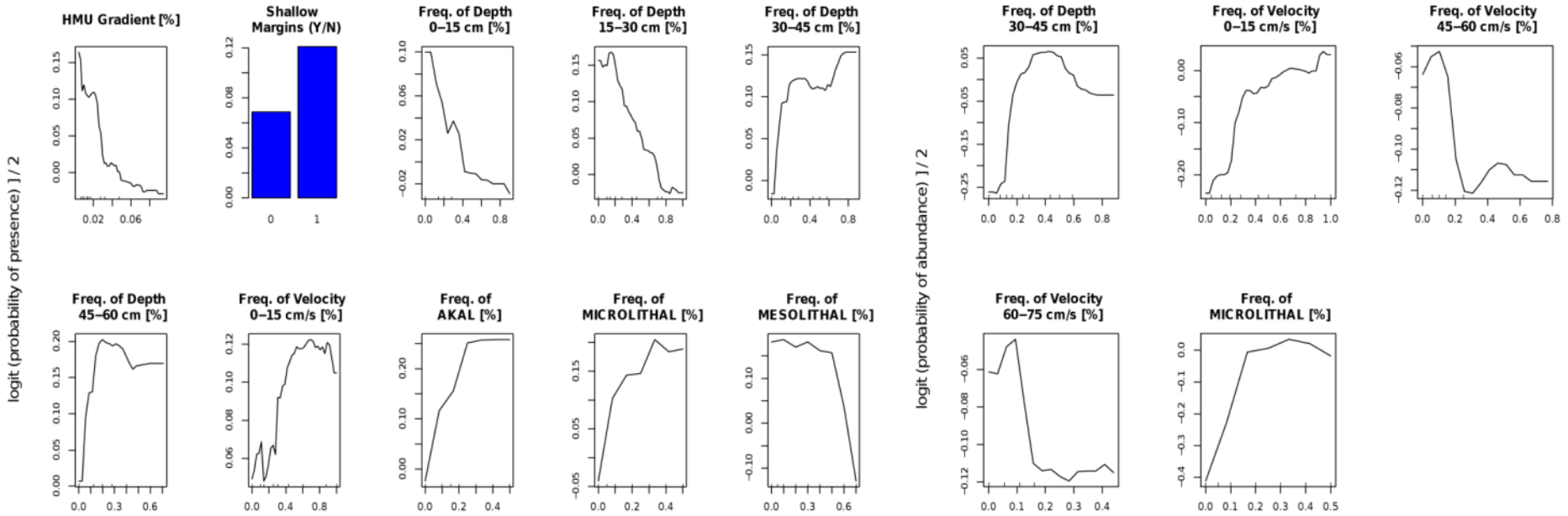


Figura 23 – *Modelli di idoneità di habitat assenza/presenza (figura di sinistra) e presenza/abbondanza (figura di destra) costruiti con la tecnica Random Forests per il vairone adulto*

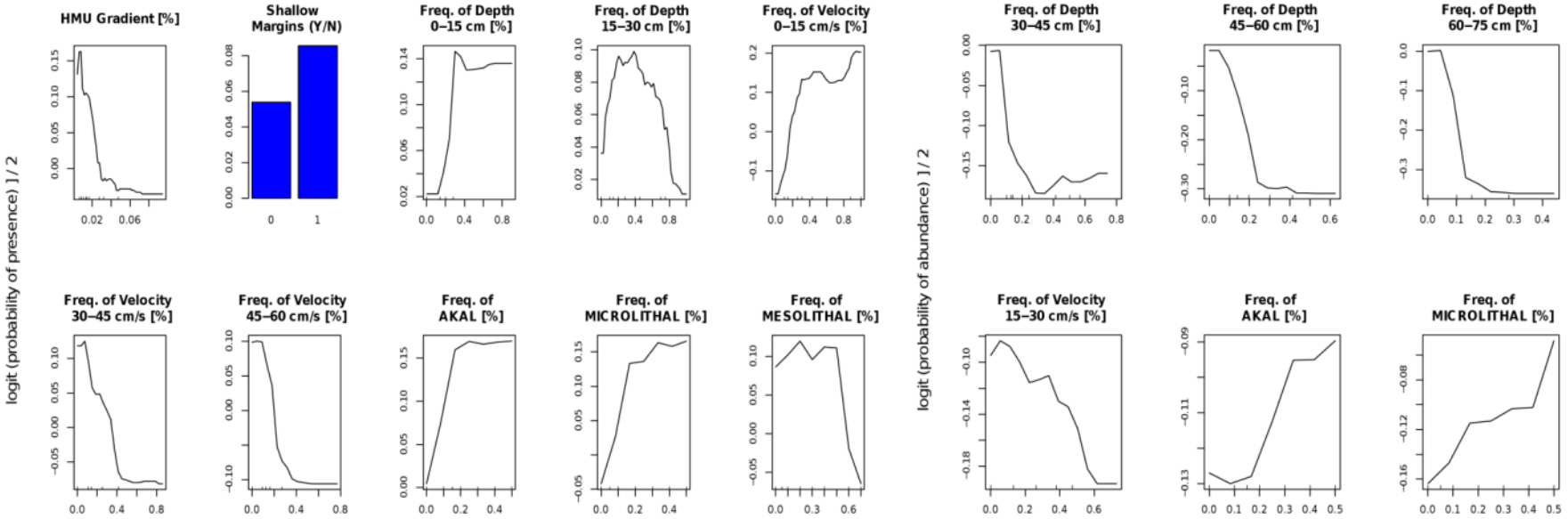


Figura 24 – *Modelli di idoneità di habitat assenza/presenza (figura di sinistra) e presenza/abbondanza (figura di destra) costruiti con la tecnica Random Forests per il vairone giovane*

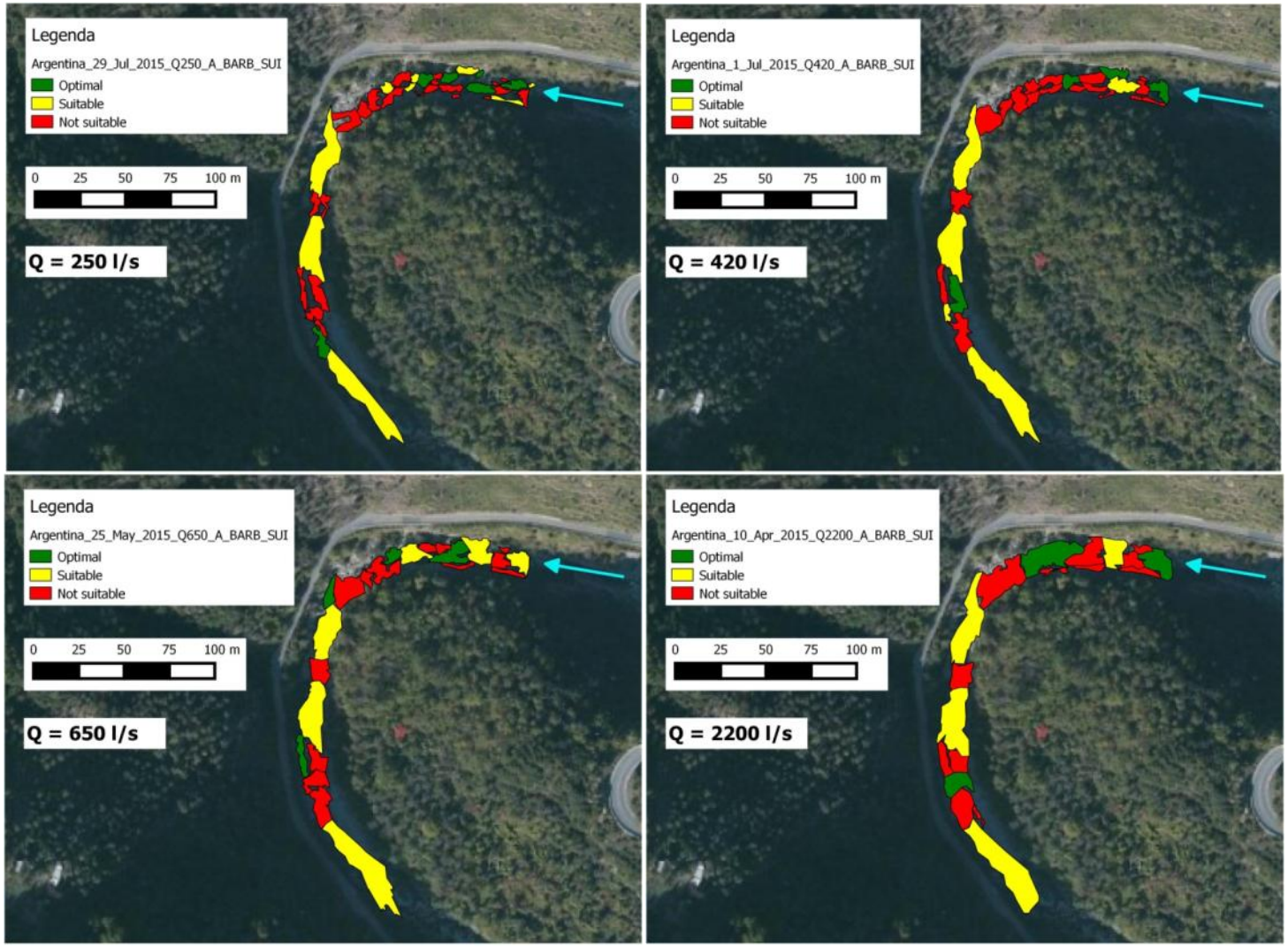


Figura 25 - *Classificazione di idoneità dei meso-habitat per la specie barbo (Barbus plebejus), stadio vitale adulto*

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

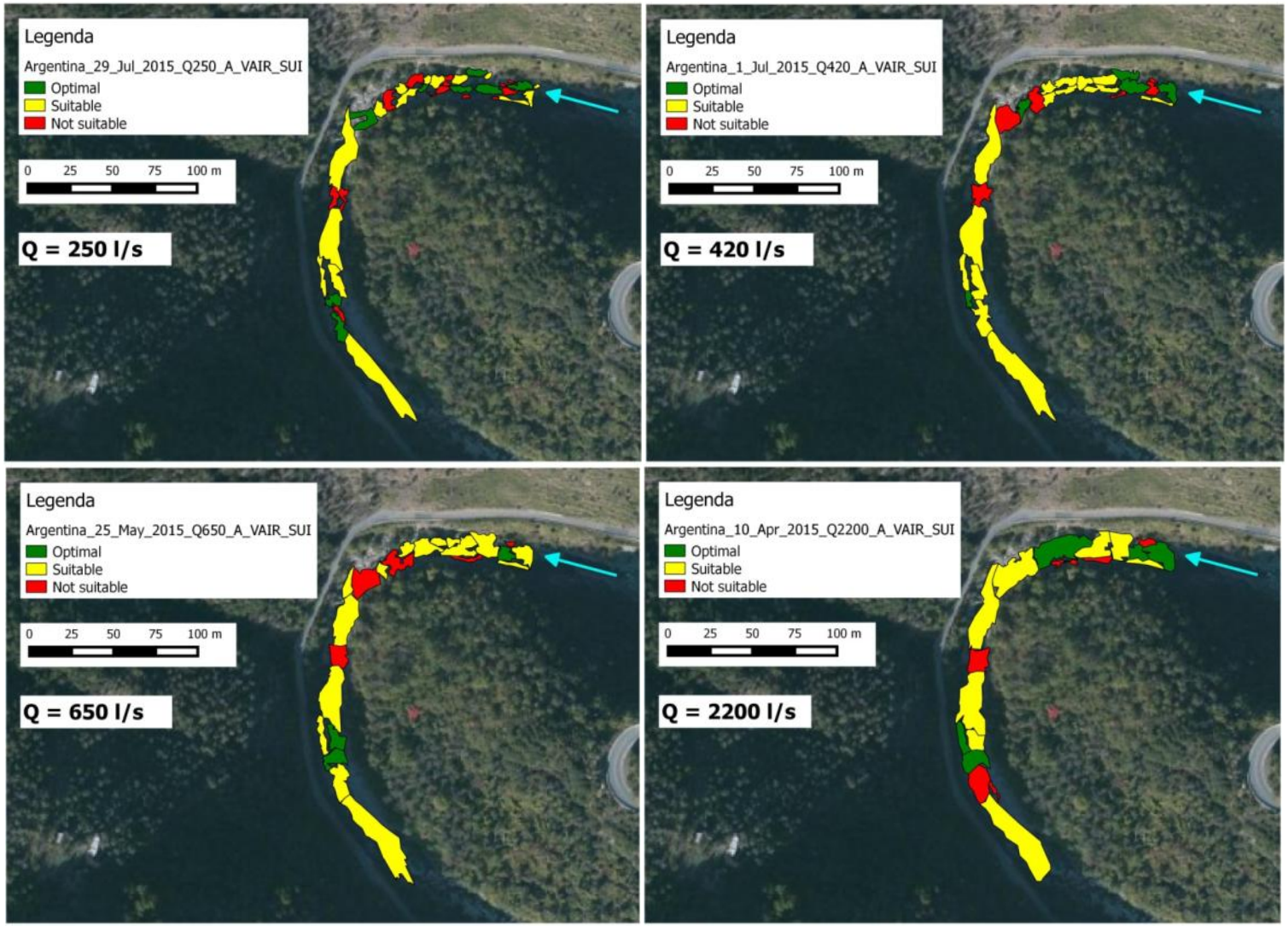


Figura 26 - *Classificazione di idoneità dei meso-habitat per la specie vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale adulto*

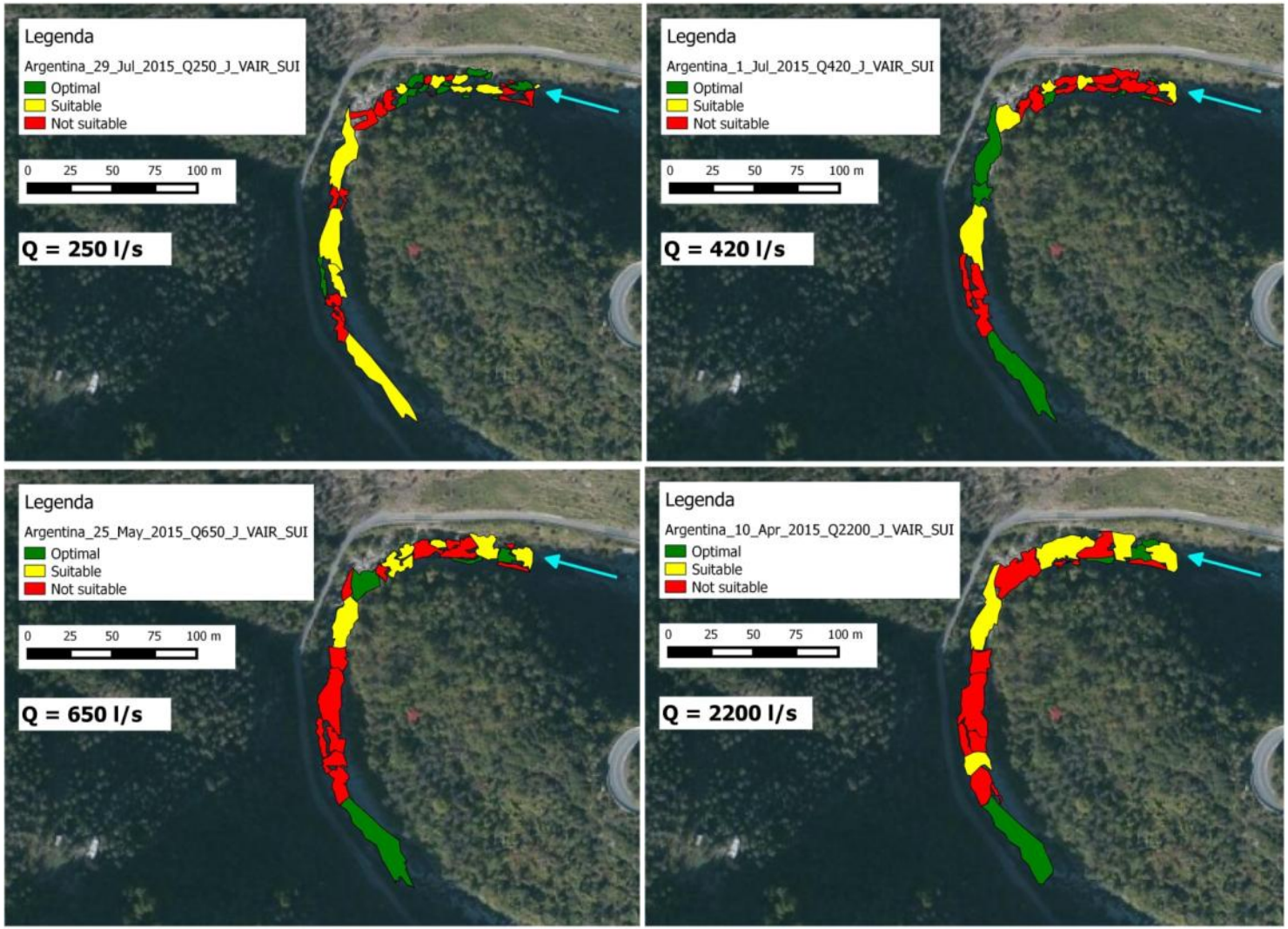


Figura 27 - Classificazione di idoneità dei meso-habitat per la specie vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale giovane

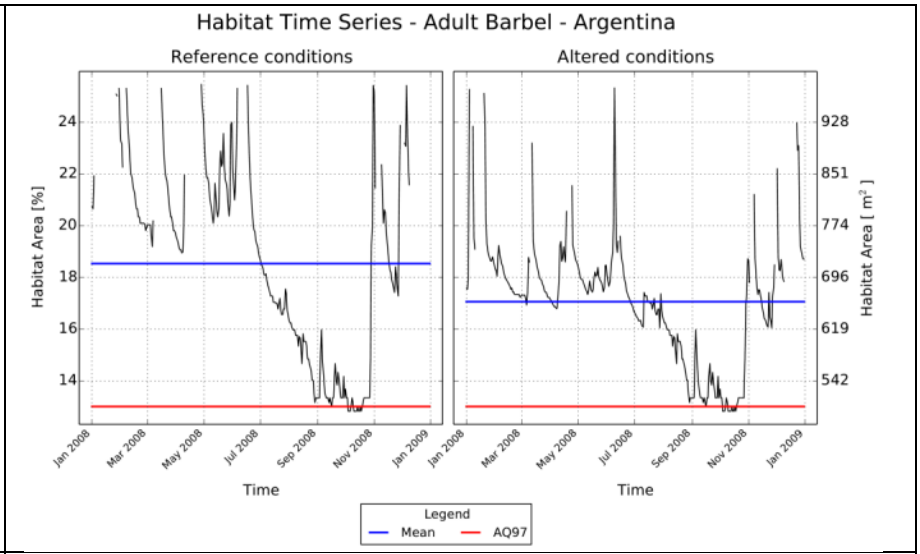
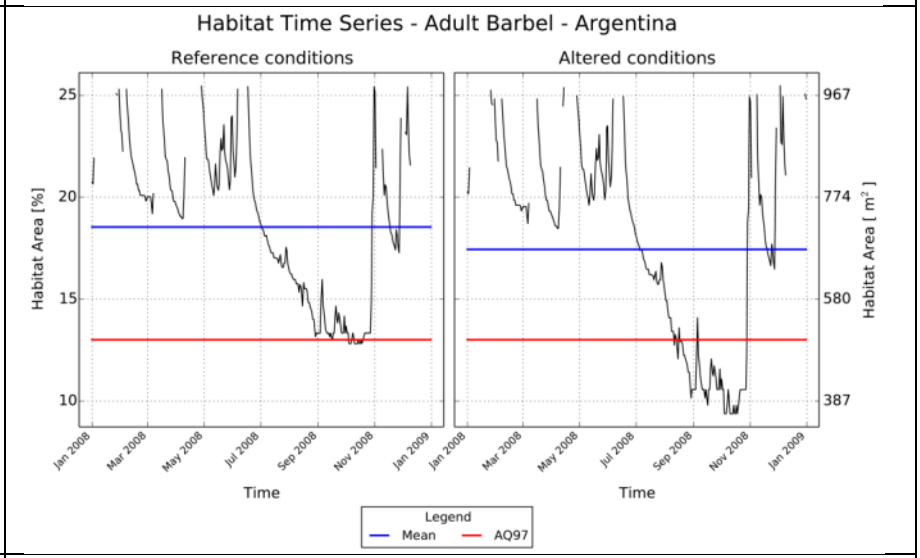
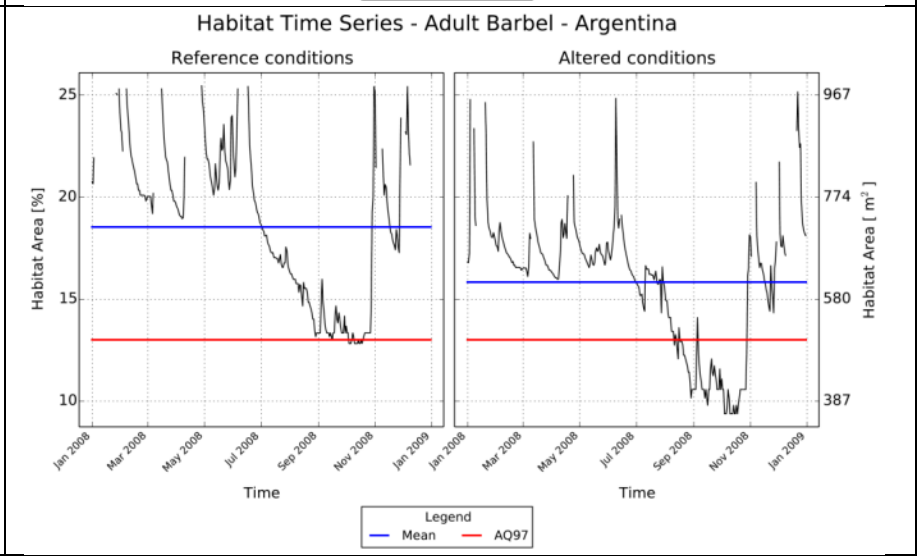
SC1 - 2008: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	
SC2 - 2008: Condizioni attuale ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3 - 2008: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

Tabella 11 - Serie storiche di habitat per il 2008 nei tre scenari di rilascio per la specie barbo (Barbus plebejus), stadio vitale adulto

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

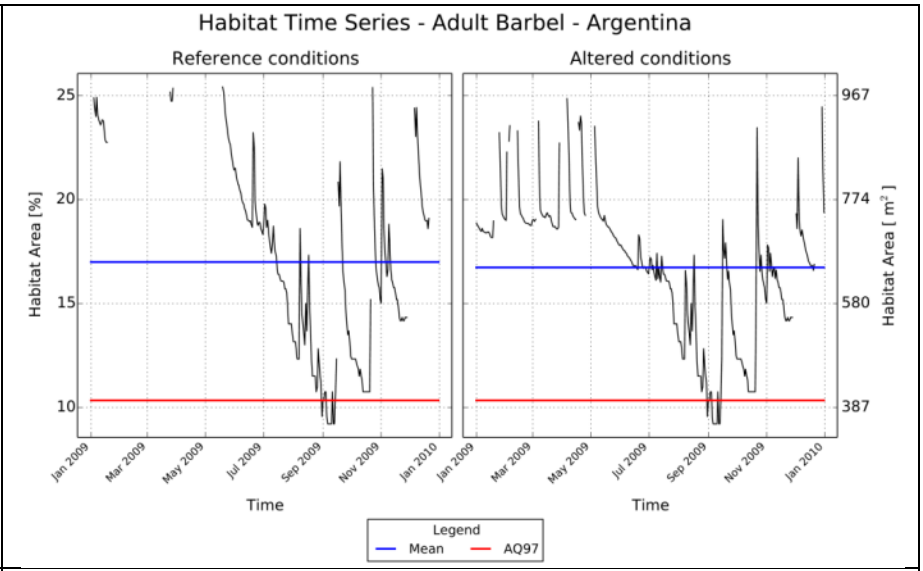
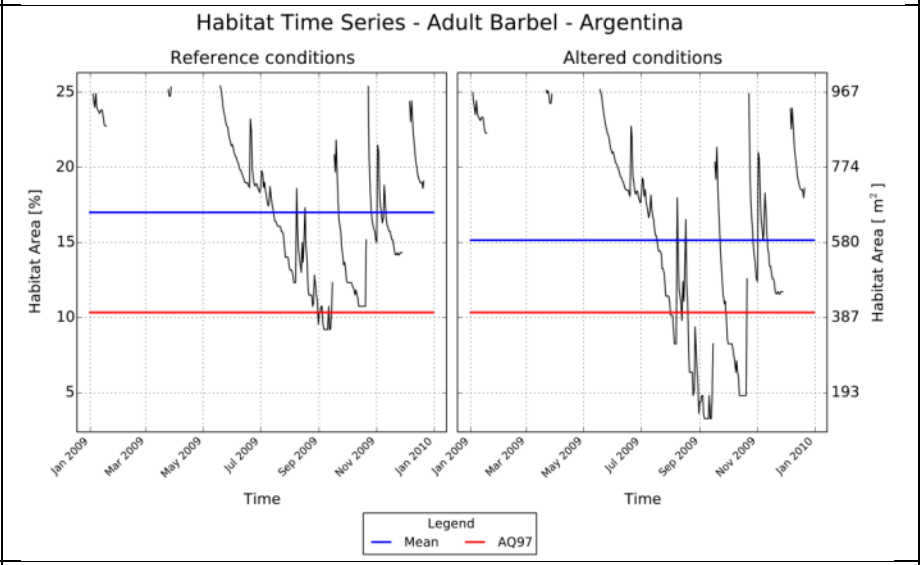
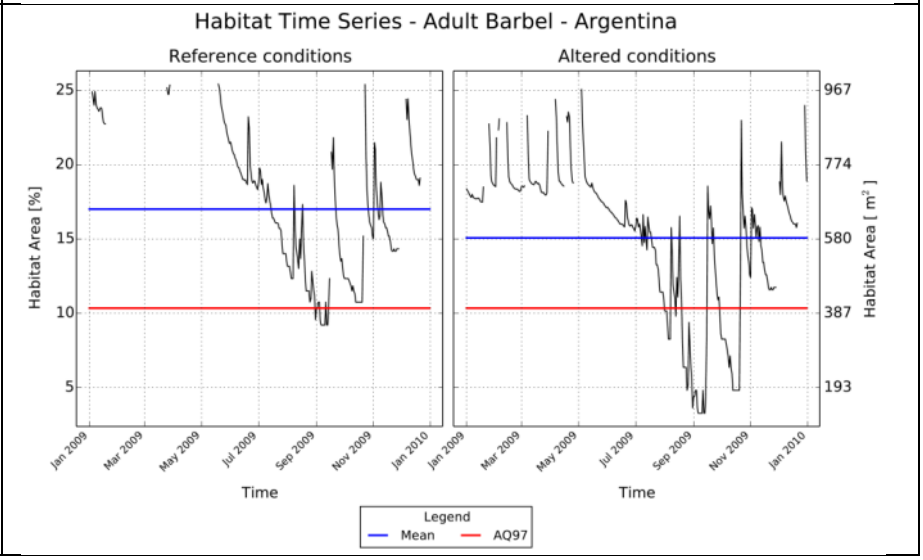
SC1 - 2009: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	
SC2 - 2009: Condizioni attuale ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3 - 2009: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

Tabella 12 - Serie storiche di habitat per il 2009 nei tre scenari di rilascio per la specie barbo (Barbus plebejus), stadio vitale adulto

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

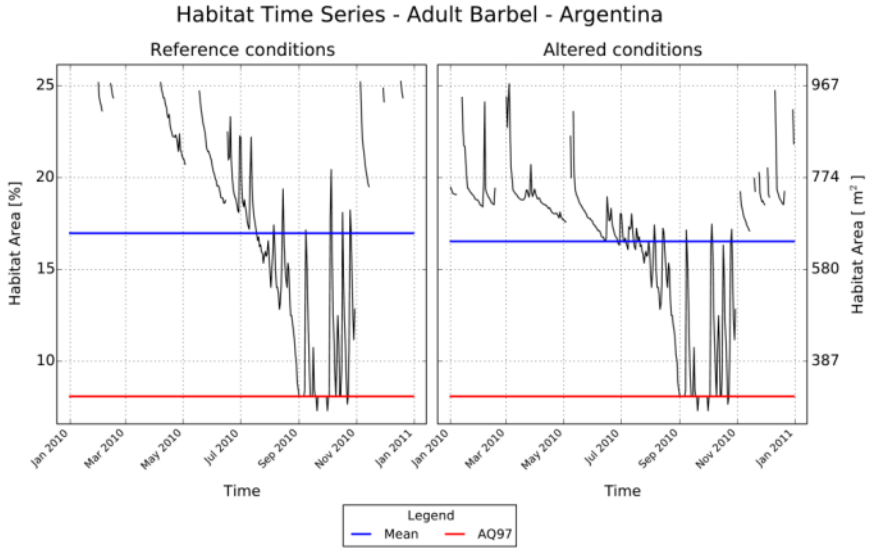
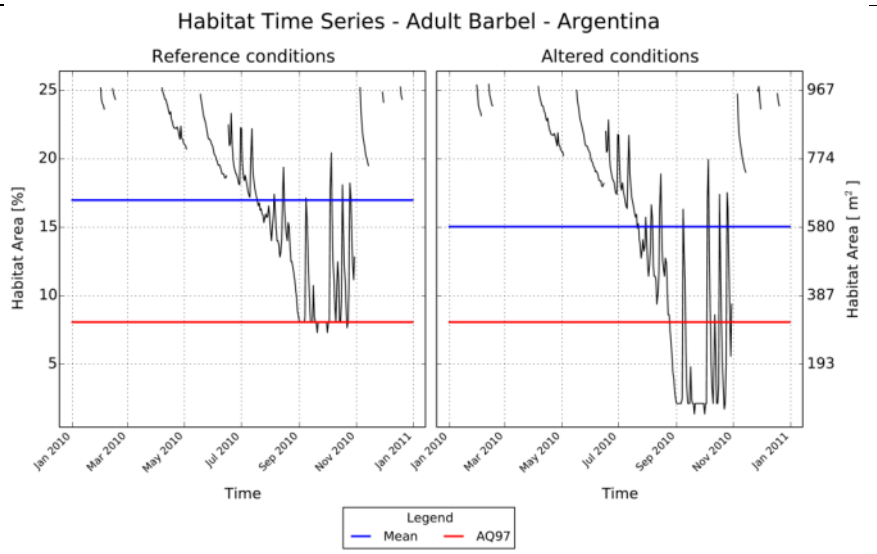
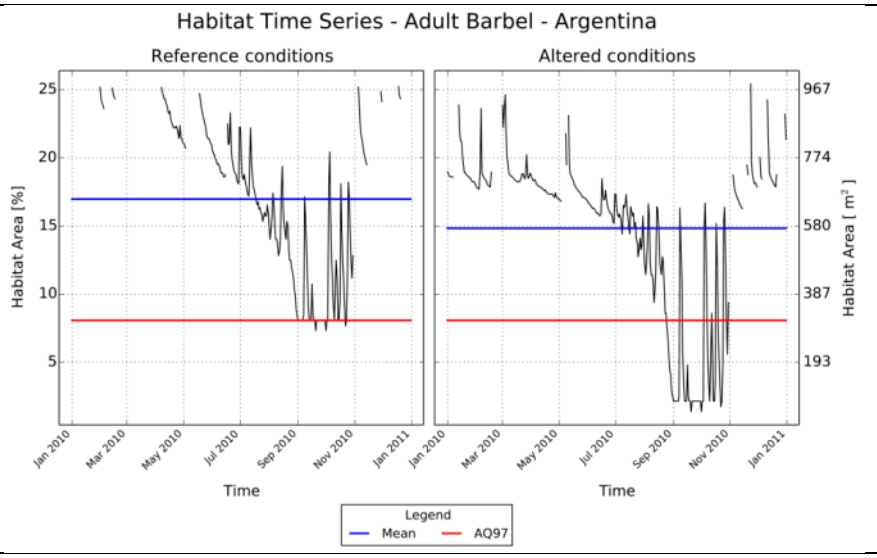
SC1 - 2010: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	
SC2 - 2010: Condizioni attuale ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3 - 2010: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

Tabella 13 - Serie storiche di habitat per il 2010 nei tre scenari di rilascio per la specie barbo (Barbus plebejus), stadio vitale adulto

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

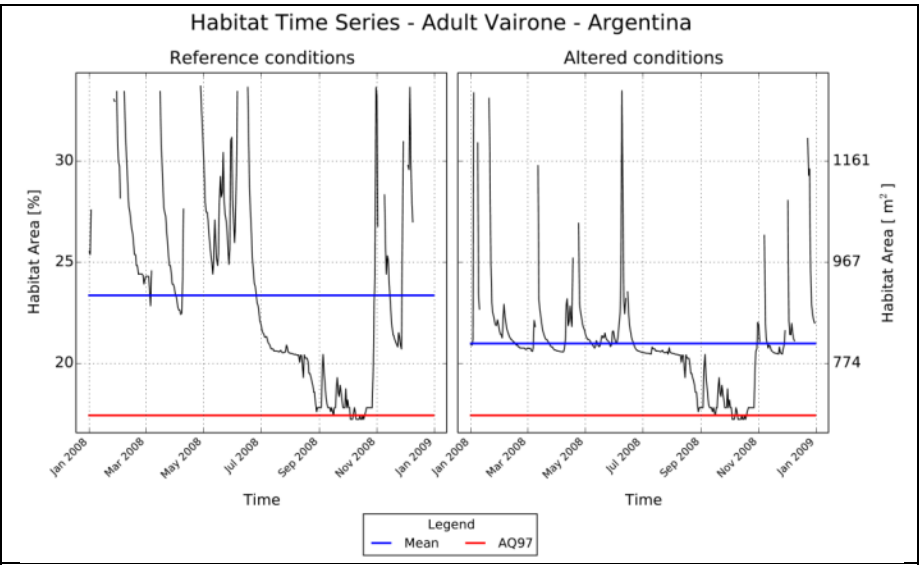
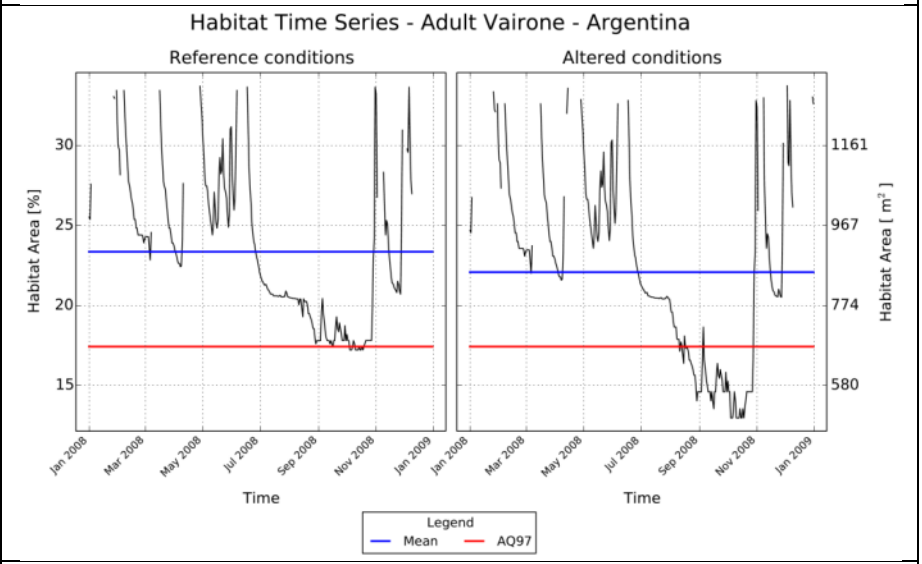
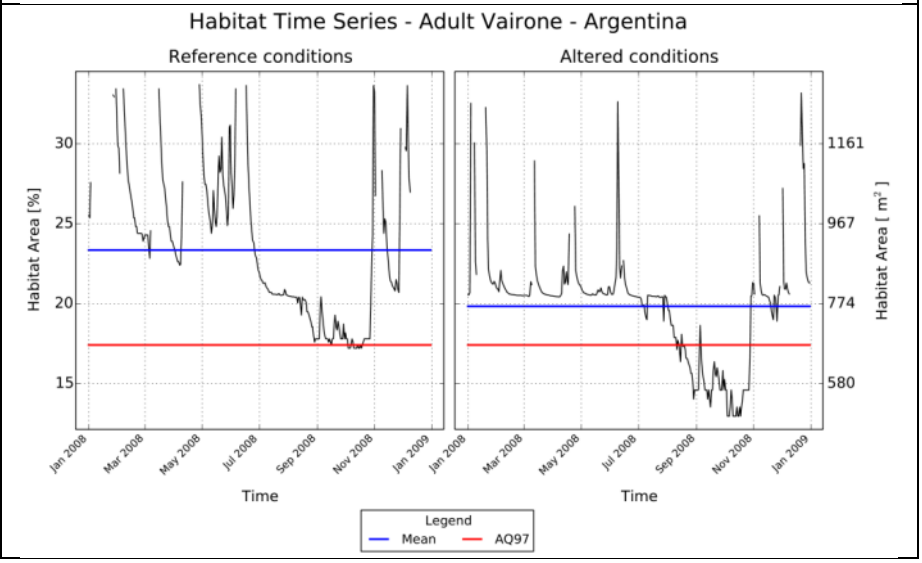
SC1 - 2008: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	
SC2 - 2008: Condizioni attuale ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3 - 2008: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

Tabella 14 - Serie storiche di habitat per il 2008 nei tre scenari di rilascio per la specie vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale adulto

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

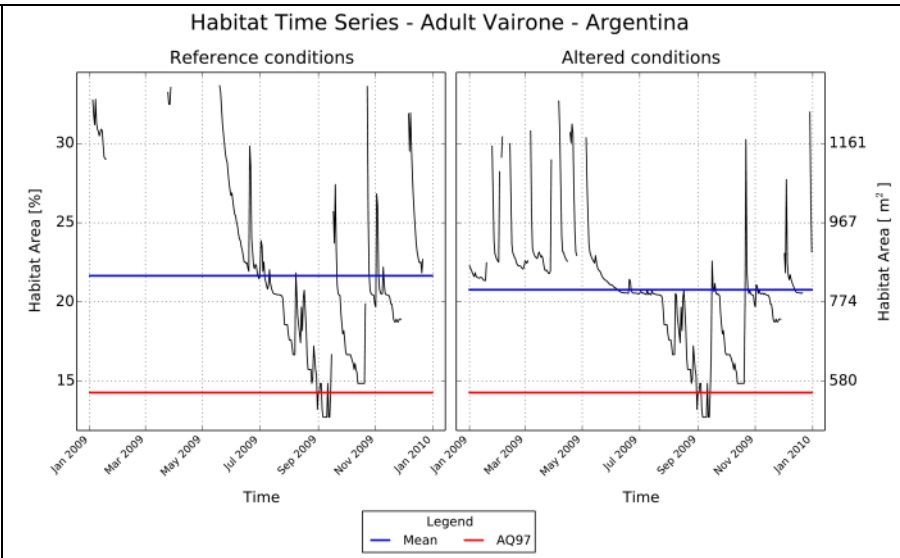
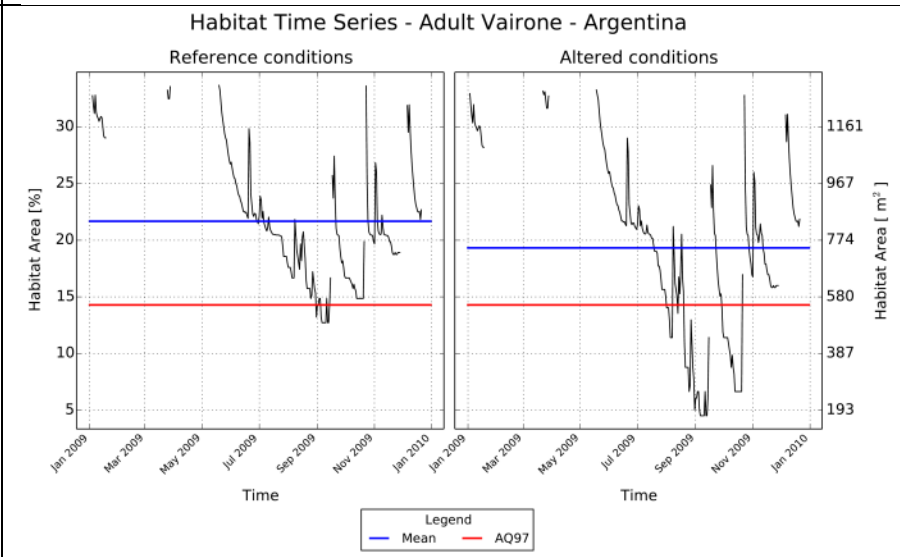
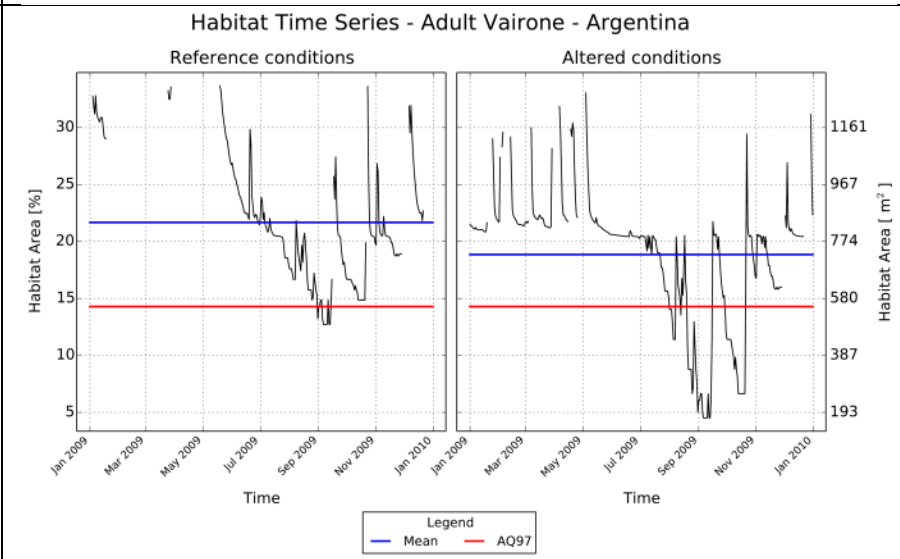
SC1 - 2009: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	
SC2 - 2009: Condizioni attuale ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3 - 2009: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

Tabella 15 - Serie storiche di habitat per il 2009 nei tre scenari di rilascio per la specie vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale adulto

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

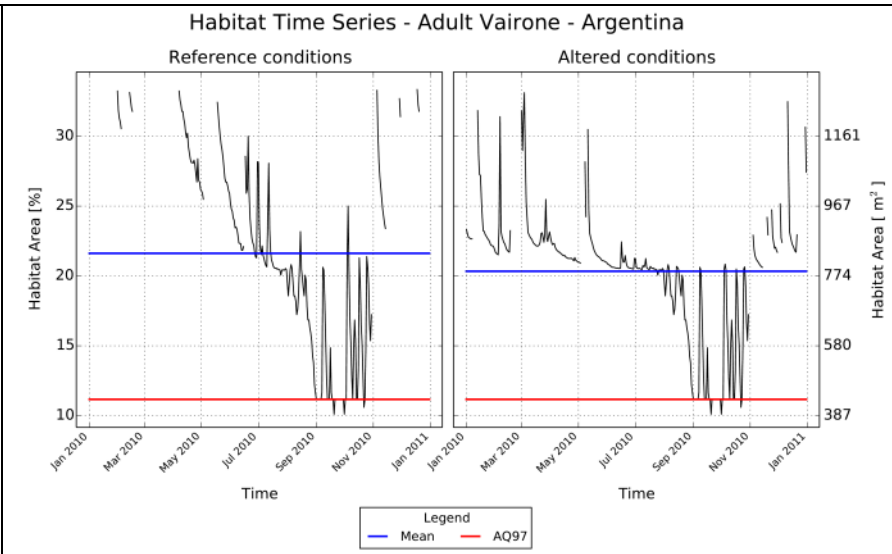
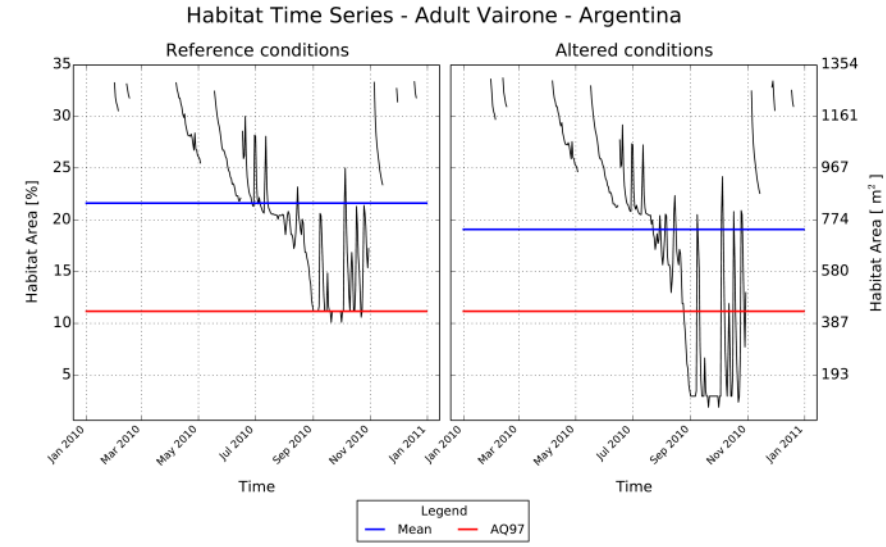
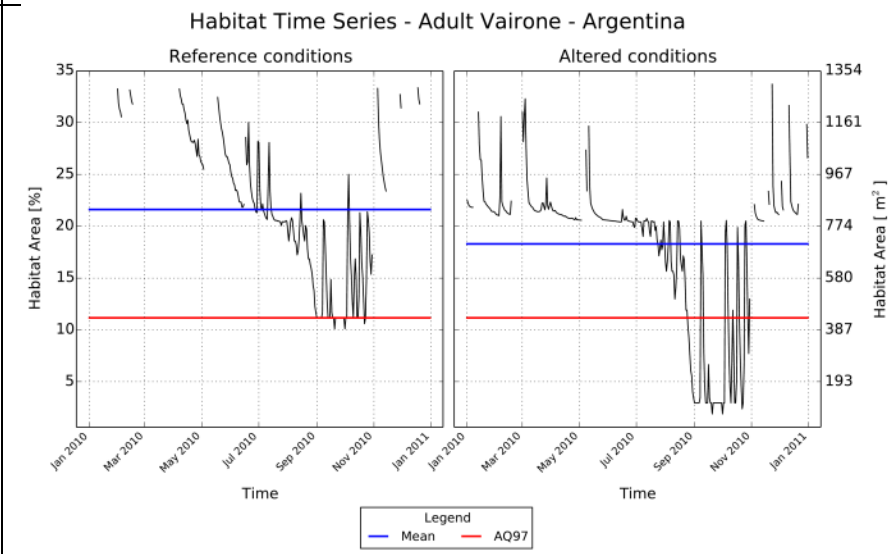
SC1 - 2010: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	
SC2 - 2010: Condizioni attuale ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3 - 2010: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

Tabella 16 - Serie storiche di habitat per il 2010 nei tre scenari di rilascio per la specie vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale adulto

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

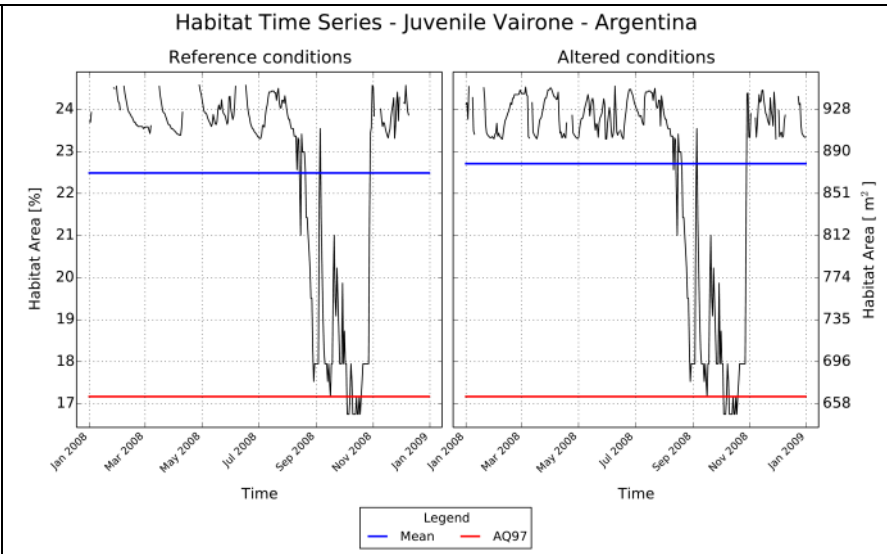
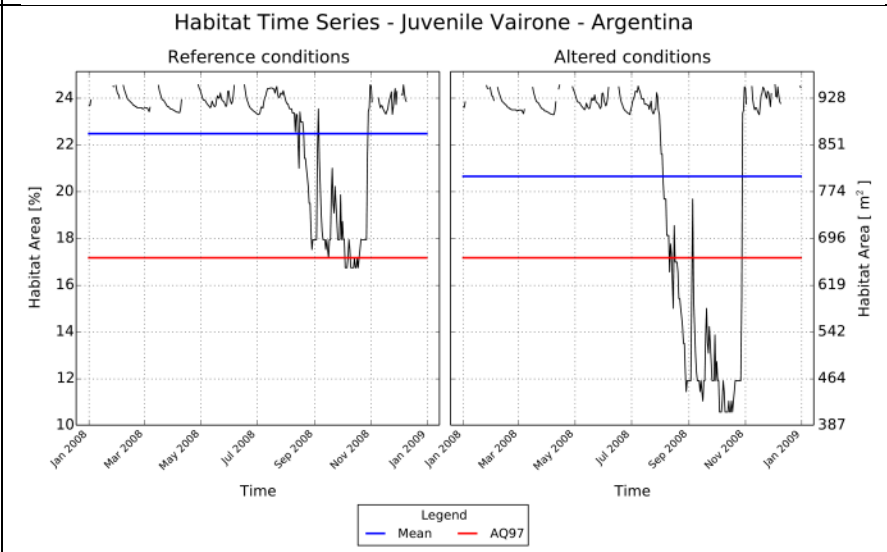
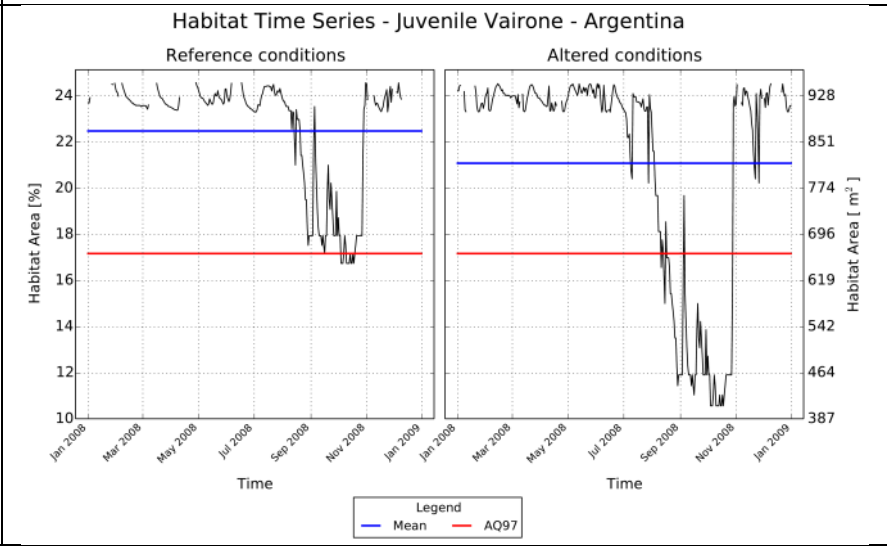
SC1 - 2008: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	
SC2 - 2008: Condizioni attuale ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3 - 2008: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

Tabella 17 - Serie storiche di habitat per il 2008 nei tre scenari di rilascio per la specie vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale giovane

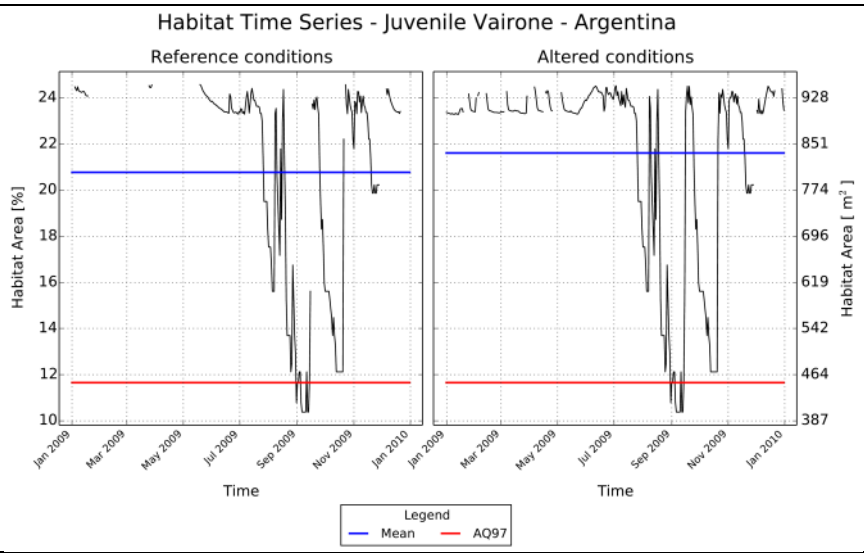
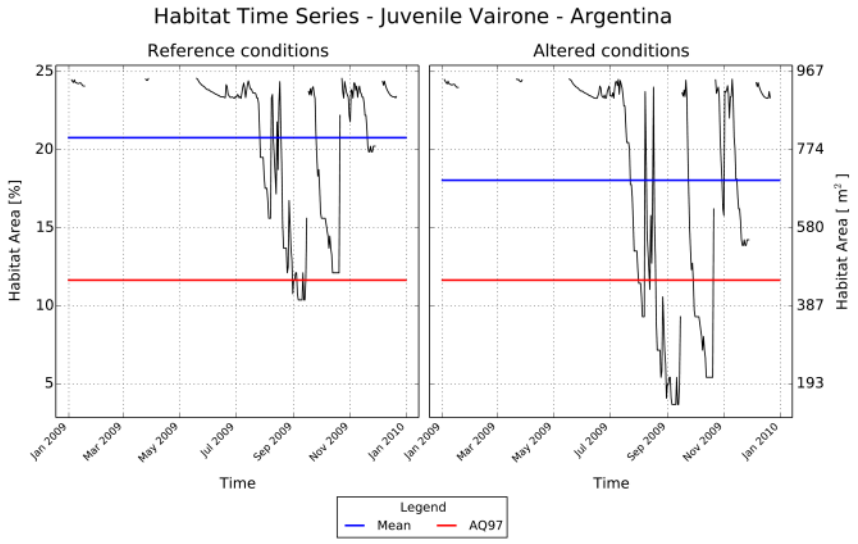
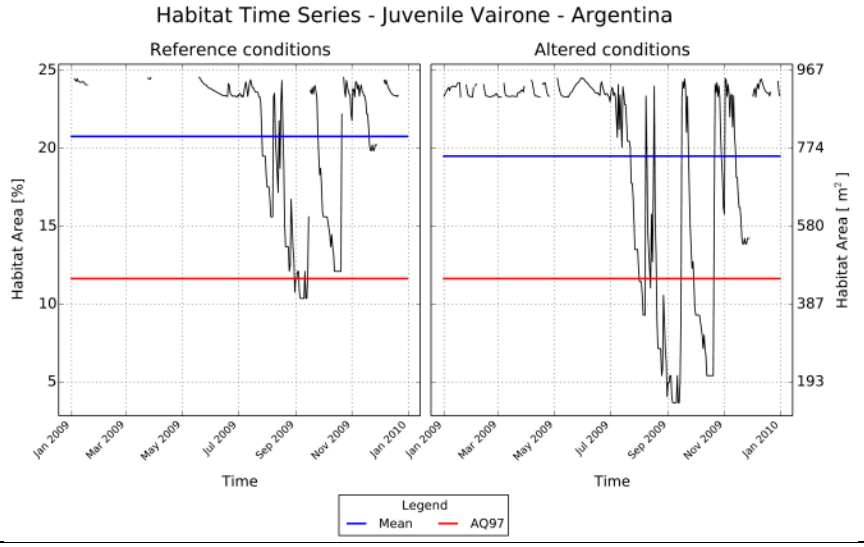
SC1 - 2009: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	
SC2 - 2009: Condizioni attuale ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3 - 2009: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

Tabella 18 - Serie storiche di habitat per il 2009 nei tre scenari di rilascio per la specie vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale giovane

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

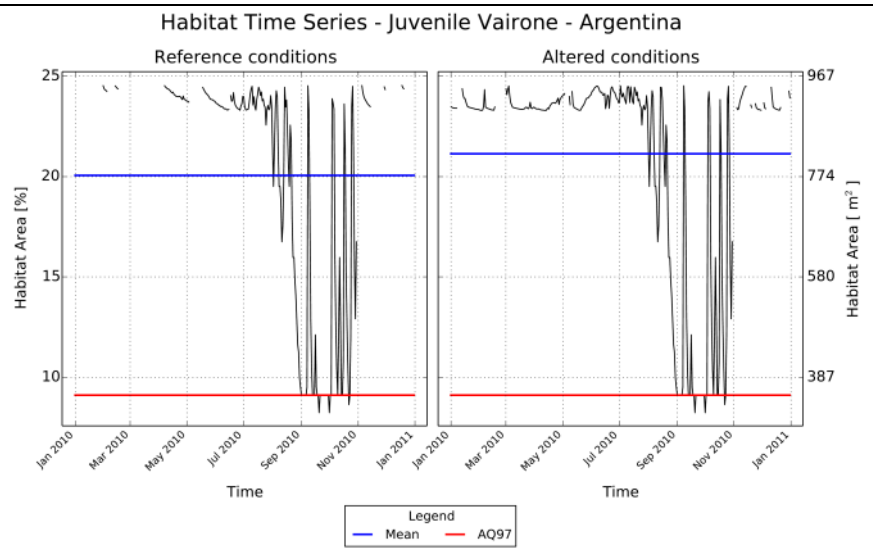
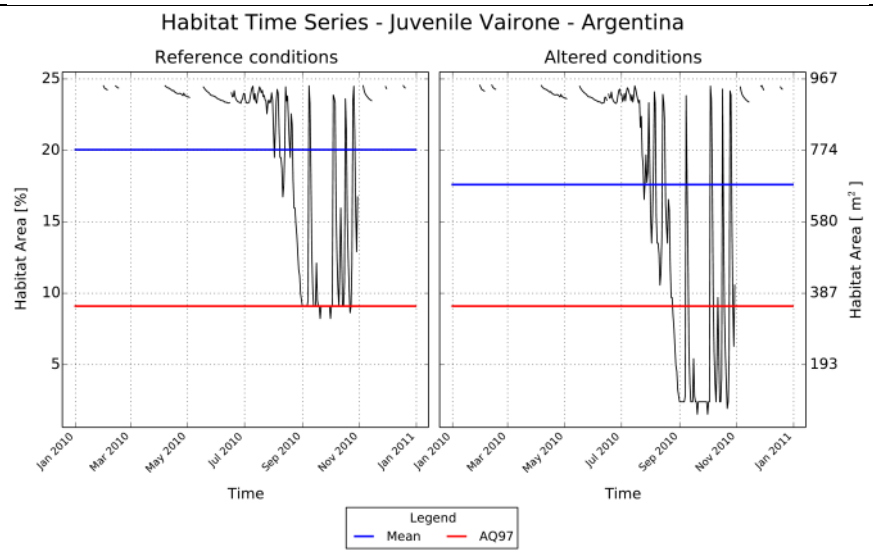
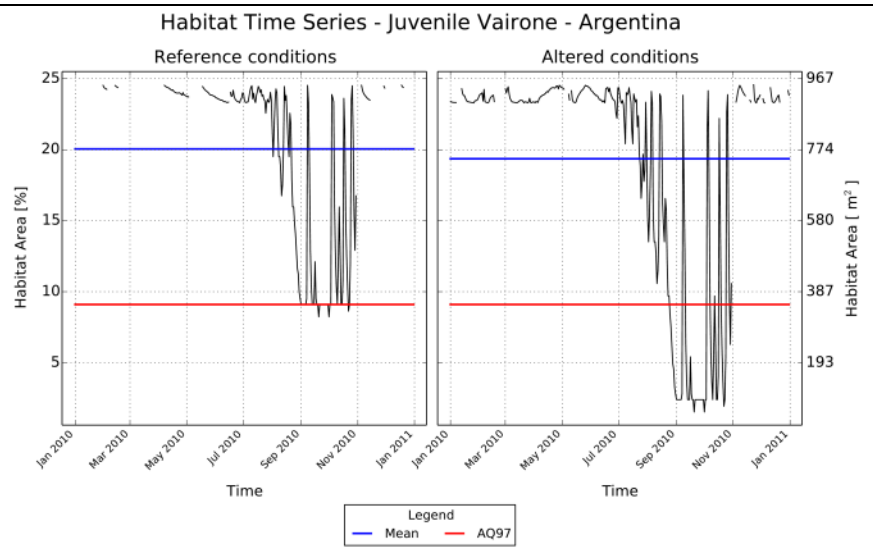
SC1 - 2010: Scenario di rilascio di progetto dato dalla sola derivazione proposta da REMNA Srl	
SC2 - 2010: Condizioni attuale ante-operam (futuro tratto sotteso interessato dalla sola derivazione della ditta Saccheri Antonio e Giacomo)	
SC3 - 2010: Condizioni post-operam (tratto sotteso interessato da entrambe le derivazioni)	

Tabella 19 - Serie storiche di habitat per il 2010 nei tre scenari di rilascio per la specie vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale giovane

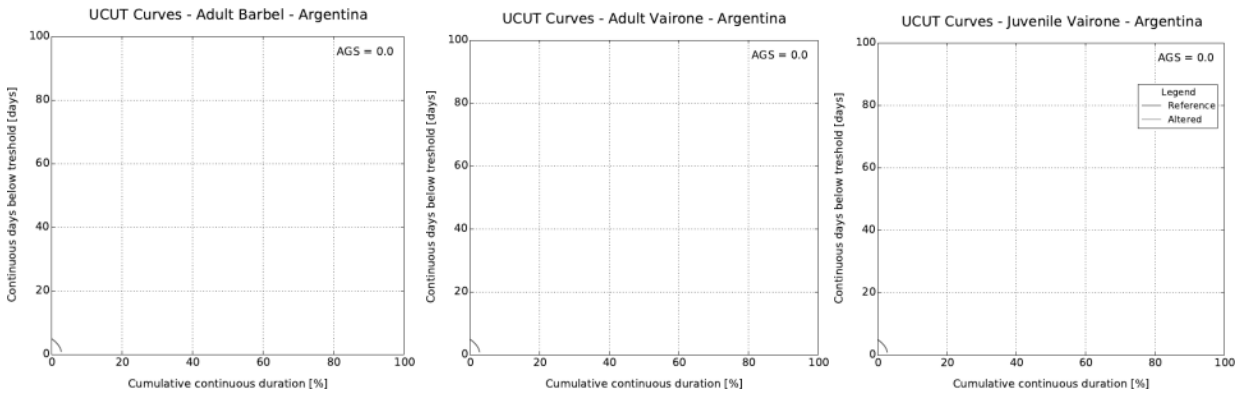
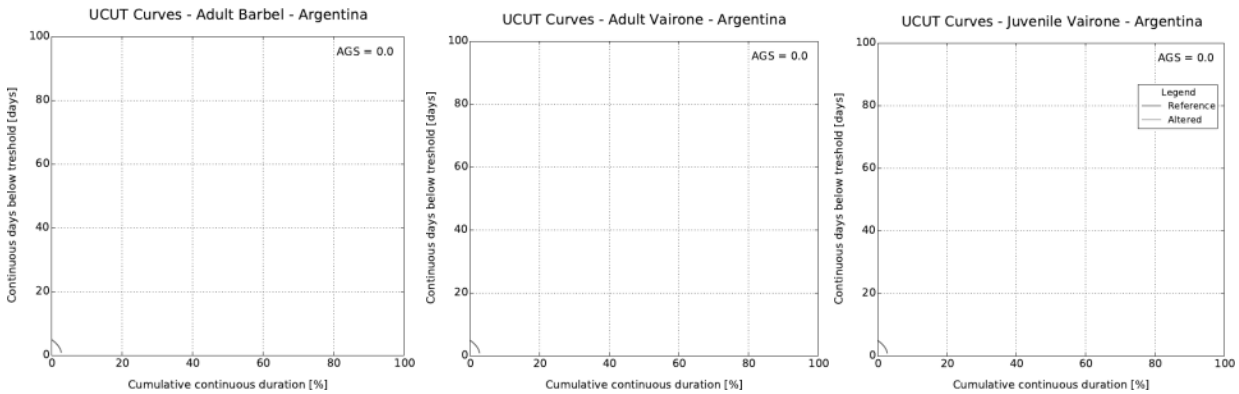
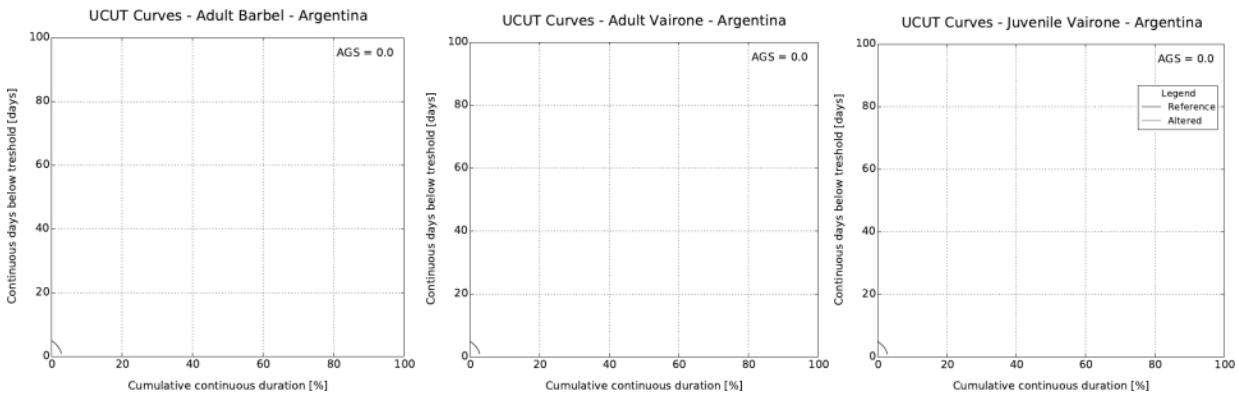
SC1 2008	
SC1 2009	
SC1 2010	

Tabella 20 – Calcolo dell'indicatore AGS per il 2008, 2009 e 2010 per lo scenario SC1 di rilascio per le specie barbo (Barbus plebejus), stadio vitale adulto e vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale adulto e giovane

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

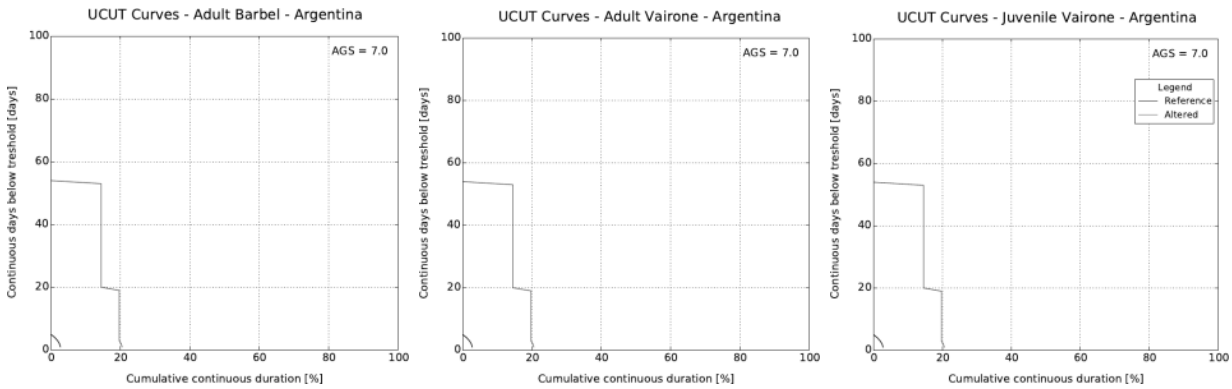
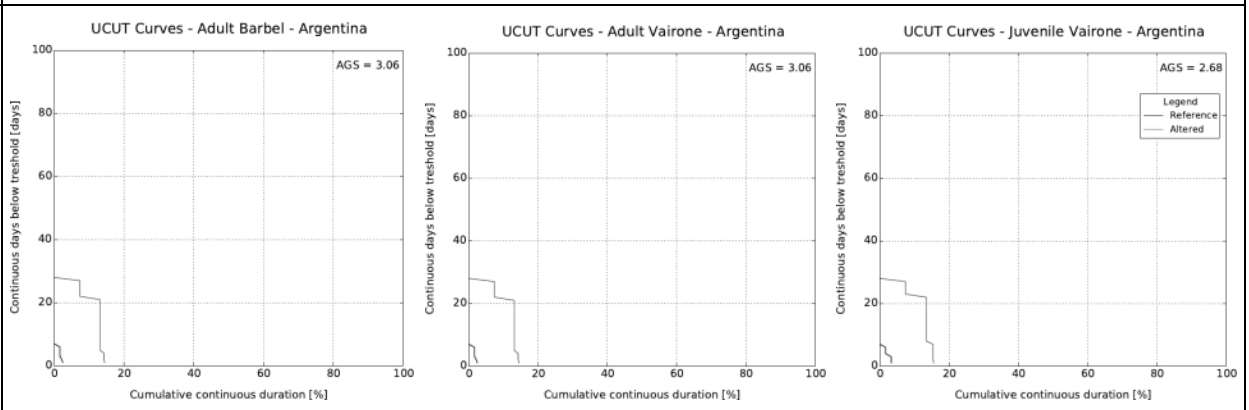
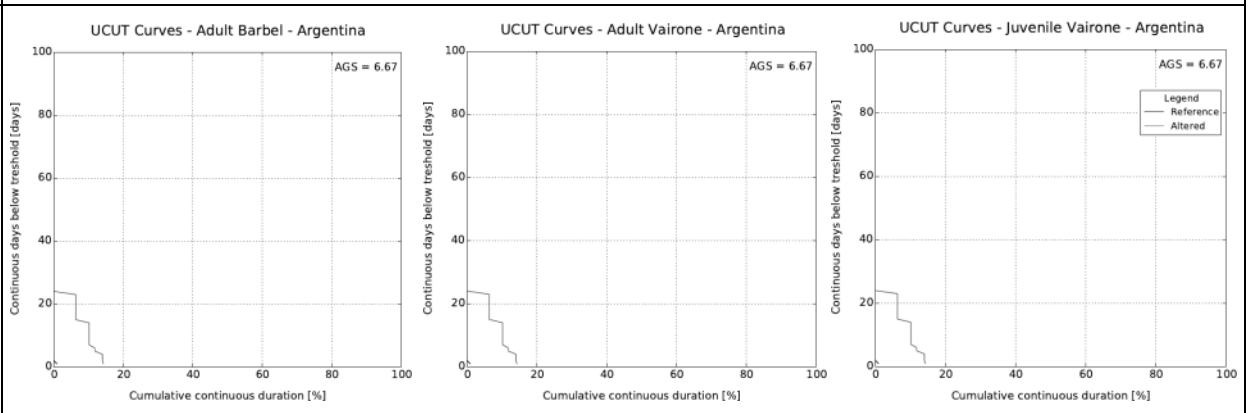
SC2 2008	
SC2 2009	
SC2 2010	

Tabella 21 – Calcolo dell'indicatore AGS per il 2008, 2009 e 2010 per lo scenario SC2 di rilascio per le specie barbo (Barbus plebejus), stadio vitale adulto e vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale adulto e giovane

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075

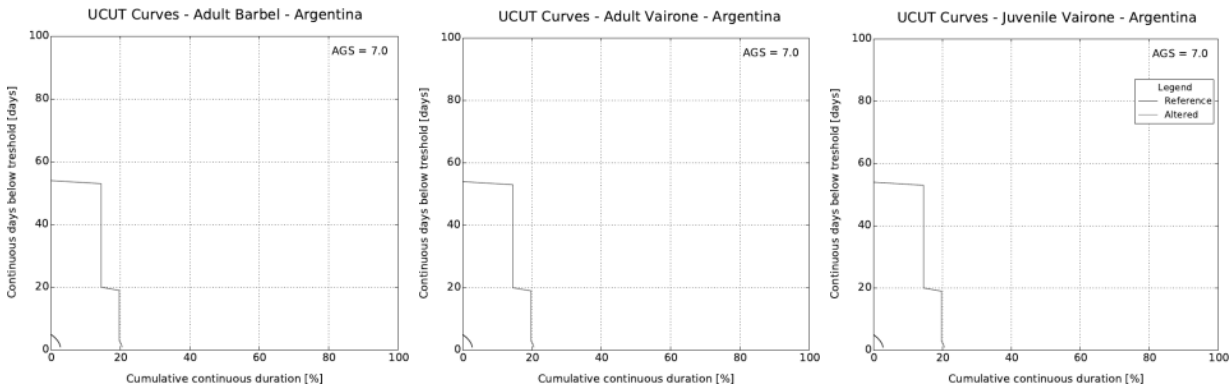
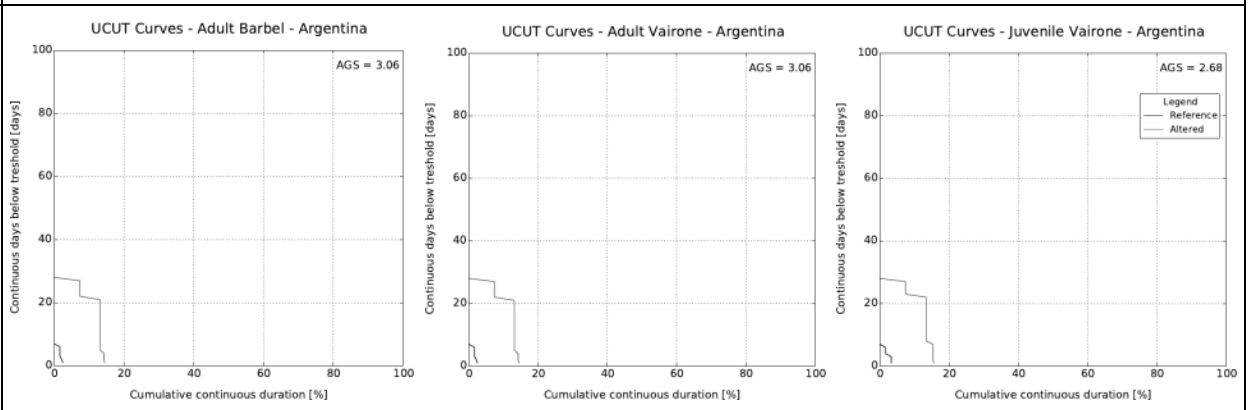
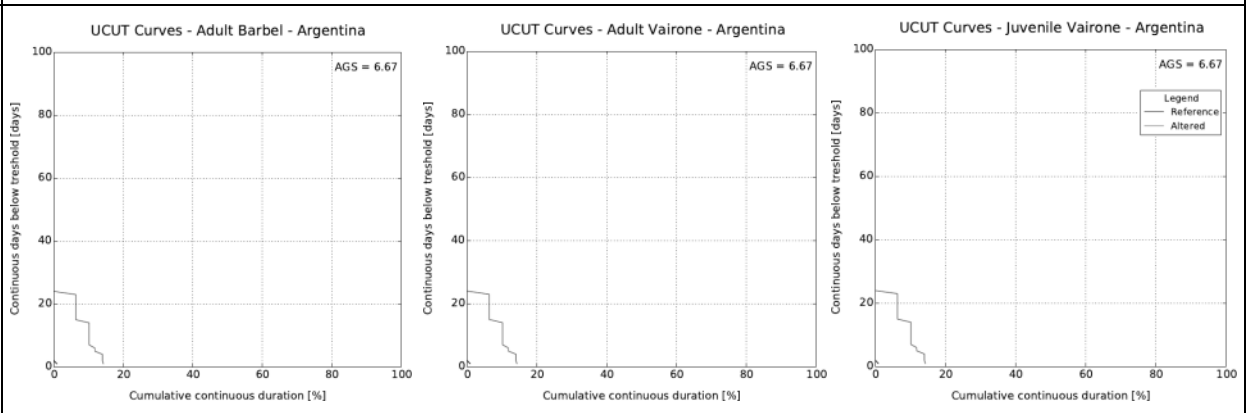
SC3 2008	
SC3 2009	
SC3 2010	

Tabella 22 – Calcolo dell'indicatore AGS per il 2008, 2009 e 2010 per lo scenario SC3 di rilascio per le specie barbo (Barbus plebejus), stadio vitale adulto e vairone (Leuciscus souffia), stadio vitale adulto e giovane

FLUME s.r.l.
Loc. Alpe Ronc, 1 - 11010 GIGNOD (AO)
info@flumesrl.it
C.F. e P. IVA: 01180000075