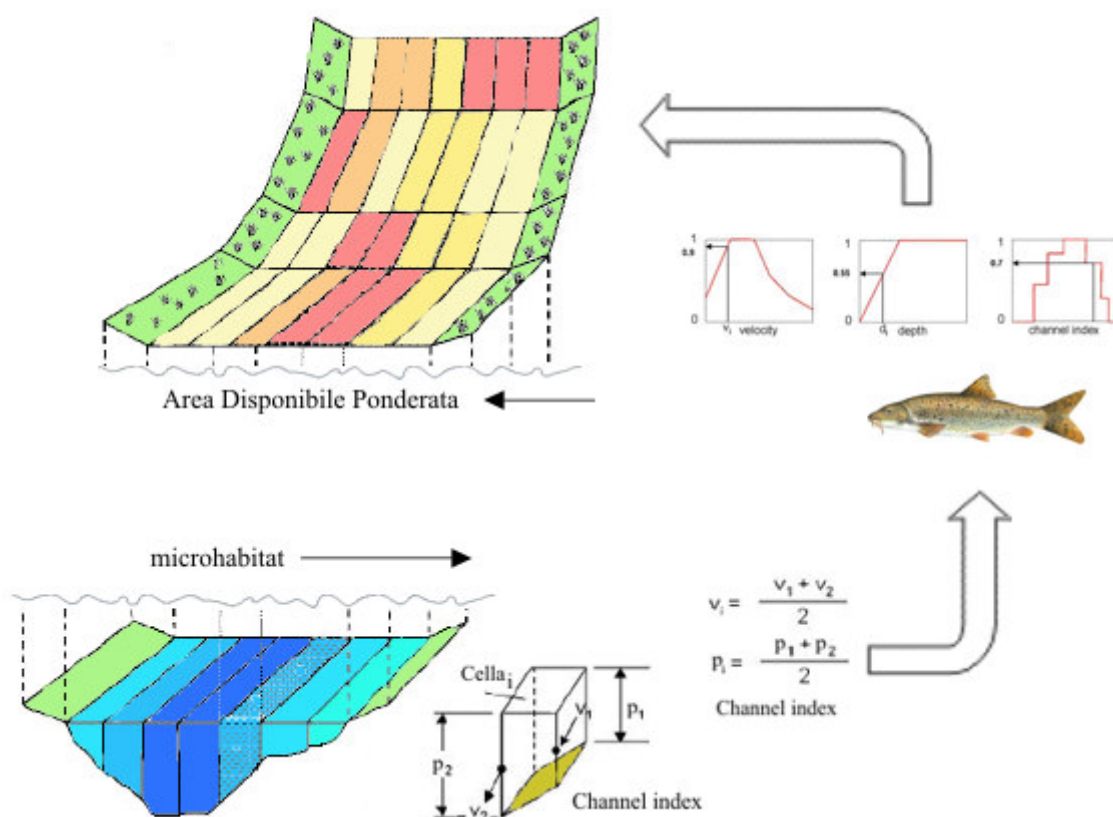


Estensione all'intero bacino del Fiume Arno del calcolo del Deflusso Minimo Vitale su base biologica (*BioDeMiV*)

Relazione finale

Consegna Milestone 3



FEBBRAIO 2007

Autorità di Bacino del Fiume Arno – Via dei Servi 15 Firenze

Museo di Storia Naturale – Sezione di Zoologia “La Specola” - Università degli Studi di

Firenze - Via Romana 17 Firenze

Coordinatore generale
Marta Poggesi

Responsabile tecnico-scientifico

Annamaria Nocita

Elaborazioni

Gabriele Pini

Alessandro Massolo

Collaboratori e tesisti della Facoltà di Scienze Naturali

Enrico Pini Prato

Sebastian Schweizer

Pietro Dolfi

Giulio Piccardi

Fotografia

Gabriele Pini

Enrico Pini Prato

Roberto Merciai

INDICE ANALITICO

1 Introduzione	3
2 Materiali e metodi	6
2.1 IFIM.....	6
2.2 PHABSIM.....	9
2.3 Campionamenti della fauna ittica.....	11
2.3.1 Metodi per la stima delle popolazioni	12
2.3.2 Le specie ittiche.....	13
2.4 Rilevamento dati delle geometrie e dell'habitat	15
2.5 Curve di idoneità	17
2.6 Area Disponibile Ponderata.....	24
2.7 Vocazione ittica. Digitalizzazione delle informazioni.....	27
2.8 Analisi statistica per le vocazioni ittiche	31
2.8.1 Digitalizzazione delle informazioni provenienti dalla Carta Ittica Regionale, Carta delle vocazioni ittiche Elaborazione dei dati riguardanti i corsi d'acqua.....	31
2.8.2. Modellizzazione	35
3 Risultati ed elaborazione dati	37
3.1 Dati biologici	37
3.2 Analisi di similitudine per le vocazioni ittiche.....	45
3.2.1 Atlante delle vocazioni ittiche	47
3.3 Dati geometrici e idraulici delle stazioni IFIM	51
3.3.1 Stazioni di rilevamento dati per l'applicazione del metodo IFIM completo e campionamento ittico.....	51
3.3.2 Dati delle geometrie e dell'habitat.	53
3.4 Calcolo del DMV su base biologica.....	59
3.5 Alcune osservazioni preliminari sull'analisi dell'area disponibile ponderata e sulla stagionalità del DMV	65

4 Conclusioni	68
5 Linee guida	69
5.1 Le Vocazioni Ittiche: definizione	69
5.2 Vocazioni Statistiche e relazione con le specie target	71
6 Bibliografia.....	76

1 Introduzione

La ricerca qui esposta fa seguito al “Progetto pilota per la determinazione e verifica del Deflusso Minimo Vitale su base biologica per l’asta del Fiume di Sieve - (BioDeMiV)” che fin dalla sua nascita ha previsto la necessità di estendere l’esperienza di calcolo del deflusso minimo vitale su base biologica a tutto il Bacino dell’Arno.

L’obiettivo dello studio oggetto del presente progetto comune è quindi l’acquisizione di un complesso di informazioni tali da poter essere utilizzato come supporto decisionale per l’AdB.

Basandosi sui risultati ottenuti grazie al “Progetto pilota per la determinazione e verifica del Deflusso Minimo Vitale su base biologica per l’asta del Fiume di Sieve - (BioDeMiV)”, e utilizzando le informazioni già presenti relative alle sezioni idrauliche sui corsi d’acqua interessati e le nuove informazioni acquisite nel corso di questo progetto, ai dati sulle caratteristiche biologiche ed in particolare sulla fauna ittica del bacino idrografico, sia esistente che potenziale, e avvalendosi dei medesimi presupposti tecnico-scientifici vengono forniti dati tali da poter essere utilizzati nella determinazione del DMV per tutti i tratti.

Il progetto è stato sviluppato in piena collaborazione tecnica e scientifica tra AdB e Museo di Storia Naturale. La metodologia utilizzata è tra le più accreditate nel mondo scientifico: Instream Flow Incremental Methodology.

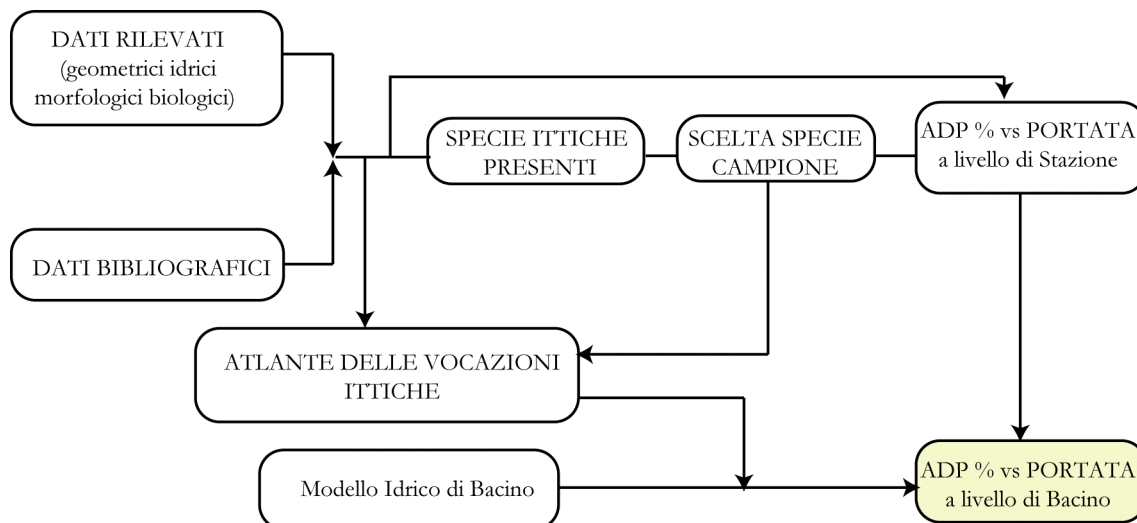
Lo schema operativo del progetto ha previsto gli obiettivi qui di seguito descritti:

1. L’acquisizione dei dati digitali e bibliografici e il loro caricamento, l’analisi ed l’estrazione dei dati necessari alle successive elaborazioni; verifica della congruità delle informazioni ed eventuale loro allineamento; selezione e gerarchizzazione dei parametri ambientali relativi alle specie ittiche; analisi dell’idoneità ambientale per le specie ittiche del bacino idrografico, sia esistenti che potenziali. Una volta identificate tali entità faunistiche si è proceduto all’acquisizione delle curve d’idoneità, su base bibliografica, necessarie al calcolo del DMV su base biologica.
2. Compilazione delle schede per le specie ittiche campione scelte, integrate dalle curve di idoneità, le specifiche ambientali preferenziali nei diversi stadi vitali. La

scelta delle specie è da considerarsi in funzione: dell'alto livello di protezione previsto dalla legislazione vigente e dell'elevato livello di sensibilità ai parametri ambientali. Prima stesura dell'atlante delle vocazioni ittiche compilata con le informazioni recuperate ed elaborate da bibliografia e dati disponibili.

3. Campagna generale di verifica dati lungo i corsi d'acqua. Rilevamento dati relativo all'integrazione delle sezioni idrografiche con misure di portata eseguite in corrispondenza dei principali corsi del Bacino del Fiume Arno tali da ampliare l'attuale copertura con l'applicazione del metodo IFIM completo per sei tratti.
4. Compilazione finale dell'atlante delle vocazioni ittiche, e di un rapporto riguardante l'attività svolta e le procedure per l'applicazione dei dati contenuti nelle schede delle specie ittiche e nei due geodatabase DatiIttiofauna e DatiDMV al modello idraulico per la determinazione del DMV da sviluppare in affiancamento col personale dell'AdB.

Schema operativo del progetto



L'Atlante delle Vocazioni Ittiche qui realizzato permette di estendere l'esperienza di calcolo del deflusso minimo vitale su base biologica a tutto il Bacino dell'Arno. Per ogni corso d'acqua e per ogni tratto viene assegnata una Vocazione che a sua volta fa riferimento a una o più specie target. Il metodo IFIM, permette poi di rendere possibile il collegamento tra le specie ittiche, siano esse effettivamente catturate o potenzialmente presenti nel corpo idrico, e il modello idrico di bacino. Il modello statistico che ha reso

realizzabile l'Atlante delle Vocazioni Ittiche è in definitiva un modello di ricerca di idoneità ambientale: date determinate caratteristiche (o necessità o preferenze) di alcune specie, si procede all'individuazione delle aree (in questo caso i corsi d'acqua) in cui le condizioni idonee per quell'entità faunistica si realizzano. Una volta compiuto il modello si procede naturalmente a verificarlo con i dati di campo, che in questo caso erano piuttosto abbondanti, se pur puntuali, frutto di un'attività di ricerca che si protrae ormai da diversi anni, oltre che di un'accurata ricerca bibliografica, in alcuni casi tra la letteratura grigia, dunque non immediatamente disponibile ai non addetti ai lavori, ma assolutamente indispensabile quando è necessario fare delle valutazioni a carattere biologico su aree ristrette.

Questo modo di procedere permette di estendere ad un'area vasta, quale può essere appunto un bacino idrografico, una serie di esperienze puntuali e di considerazioni sulla distribuzione delle specie ittiche che hanno un loro fondamento basato prevalentemente sul giudizio di esperti ma che con questo tipo di analisi assumono anche un inquadramento logico e statistico.

Si tratta di una delle prime esperienze in questo senso, per quel che è dato sapere, e può rappresentare quindi un avanzamento non solo da un punto di vista gestionale, per ciò che comporta avere uno strumento solido e così facilmente integrabile con altri necessari parametri, ma si tratta soprattutto di un nuovo apporto metodologico dato che, se pur le due metodologie IFIM e ricerca di idoneità ambientale esistevano da molto tempo, non erano mai state utilizzate insieme come strumento di regionalizzazione del calcolo del deflusso minimo vitale.

2 Materiali e metodi

2.1 IFIM

IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) è nato come risposta alle problematiche ambientali legate alla gestione ed allo sfruttamento della risorsa idrica. E' stato sviluppato da una equipe interdisciplinare di esperti sotto la responsabilità del United States Fish & Wild-Life Service (Department of the Interior).

IFIM è una complessa struttura analitica e concettuale, creata allo scopo di comprendere e gestire problematiche legate alla variazione indotta dei regimi fluviali provocate da azione antropica, con particolare riferimento alle portate dei corsi d'acqua (Stalnaker et al., 1995). IFIM deve essere quindi considerato come un mezzo per dare una risposta ai problemi legati alla distribuzione della risorsa idrica in relazione agli organismi appartenenti all'ecosistema acquatico (Bovee et al, 1998).

La scelta dell'habitat quale variabile decisionale sullo stato di sopravvivenza degli organismi acquatici, con particolare riferimento alle specie ittiche, è dovuta al fatto che IFIM è stato appositamente creato per quantificare gli impatti sull'ambiente e che le modificazioni dell'habitat sono senza dubbio le più evidenti manifestazioni di tali variazioni di portata, sicuramente le più facilmente misurabili (Stalnaker et al., 1995).

Le quattro componenti fondamentali di un sistema fluviale che determinano la produttività di organismi acquatici sono: il regime di portata; la struttura fisica dell'habitat (forma del letto fluviale e distribuzione del substrato); la qualità dell'acqua (% di O₂ disciolto nell'acqua, temperatura, etc); l'apporto di nutrienti e materia organica dal bacino idrografico del corso d'acqua preso in esame.

La complessa interazione di tutte queste componenti determina la produzione primaria, quella secondaria e lo stato ecologico delle popolazioni ittiche nell'ambito del sistema fluviale.

Attraverso l'analisi combinata di più variabili ambientali IFIM riesce a predire con buona approssimazione la modificazione subita da un habitat al variare delle condizioni idrauliche di un corso d'acqua. Per una corretta applicazione di IFIM è stato necessario

creare una classificazione gerarchica dell'intero habitat fluviale: si possono distinguere infatti tre livelli di habitat principali, Macro, Meso e Microhabitat.

Si parla di Macrohabitat in relazione a porzioni longitudinali del corso d'acqua all'interno delle quali le condizioni chimiche o fisiche influenzano l'idoneità dell'intero segmento di fiume per tutti gli organismi acquatici.

Al Macrohabitat appartengono i bacini di drenaggio, i sottobacini e le sezioni che sono le più piccole unità usate in IFIM.

Il Mesohabitat invece è una discreta porzione di fiume definita dalla geometria del letto fluviale con caratteristiche simili, quali: pendenza, larghezza, profondità, substrato. Tali unità geomorfologiche del corso d'acqua sono comunemente definite dai termini pool, run, riffle. Con il termine pool viene definita una zona con profondità variabile ($> 0,50$ m), velocità di corrente ridotta, priva di onde o increspature superficiali; velocità inferiore a $0,3$ m/s; run identifica una porzione fluviale nella quale si ha profondità media, poca o nulla turbolenza superficiale, velocità elevata o media; con riffle si identifica una zona di rapida con innalzamento del fondo, basso tirante, superficie increspata, substrato più grossolano, parzialmente sommerso, velocità media superiore a $0,3-0,4$ m/s. La larghezza del Mesohabitat è identificabile principalmente con la larghezza del letto fluviale inteso come superficie bagnata.

Il Microhabitat, infine, si riferisce a piccole e localizzate aree all'interno del Mesohabitat, utilizzate dagli organismi acquatici durante le varie fasi della loro esistenza, come il periodo riproduttivo. Il Microhabitat è identificato come quell'area definita del corso d'acqua dove si riscontrano condizioni omogenee di profondità, velocità, substrato e copertura di fondo (questi ultimi due definiti Channel Index). Queste aree con caratteristiche omogenee, definite "celle", devono essere considerate come l'unità di base nell'ambito del programma per il calcolo del deflusso minimo vitale su base biologica.

L'utilizzazione dei dati relativi a queste diverse categorie di habitat e soprattutto la loro interazione sono legate al tipo di studio che vogliamo intraprendere. E' possibile infatti utilizzare la metodologia IFIM per mettere in relazione le variabili ambientali del Microhabitat con quelle del Macrohabitat (ad esempio composizione chimica e/o temperatura dell'acqua) in modo da analizzare le possibili interazioni tra l'habitat totale e

il flusso di corrente del tratto fluviale preso in esame, ed in particolare considerare le popolazioni ittiche oggetto di studio, così come la loro biomassa, piuttosto che gli invertebrati presenti, come funzione delle quattro componenti ambientali sopra descritte (profondità, velocità, substrato e copertura di fondo), che operano su scale di valori temporali e spaziali diverse (ad esempio m/s per la velocità e m per la profondità).

E' fondamentale nelle analisi effettuate con il modello IFIM la calibrazione e l'aggiustamento dei valori relativi ai parametri ambientali utilizzati, in maniera da predire in maniera il più verosimile possibile i cambiamenti subiti dall'ecosistema ad opera delle modificazioni ambientali, con particolare riferimento ai cambiamenti generati dalle variazioni di portata.

Le limitazioni indotte dall'habitat su di una popolazione ittica o di invertebrati sono legate alla quantità ed alla qualità dell'habitat disponibile per le medesime popolazioni, soprattutto durante gli stadi vitali più critici (stadio giovanile e riproduttivo) ed una riduzione di tale habitat, soprattutto per un lungo periodo, dovuto magari ad una drastica diminuzione della portata, può causare notevoli diminuzioni di produttività delle popolazioni di vertebrati ed invertebrati del sistema fluviale.

2.2 PHABSIM

PHABSIM (PHysical HABitat SIMulation System) è solo una parte di IFIM; è infatti una modello di simulazione idraulica che consente, attraverso un software, di ottenere misure idrauliche e strutturali con pochi valori di portata misurati direttamente sul campo o ricavati da precedenti rilevamenti.

Il fine di PHABSIM è quello di sviluppare relazioni funzionali tra la quantità di acqua che fluisce in un corpo idrico (portata) ed il Microhabitat a sua volta collegato alla comunità biologica fluviale. A tale proposito PHABSIM è stato anche utilizzato per quantificare le diverse portate per una grande varietà di attività ricreative quali ad esempio la pesca sportiva e le discese in canoa.

PHABSIM è composto da tre componenti principali: la geometrie del letto fluviale, la simulazione idraulica ed i criteri di idoneità ambientale.

Il primo comprende tutte le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, come ad esempio le dimensioni e la configurazione delle sezioni del letto fluviale e le caratteristiche e la distribuzione del substrato che vengono trattate come non modificabili con il normale flusso di corrente.

La simulazione idraulica ha come componenti fondamentali le proprietà idrauliche, come la profondità, la velocità, il perimetro della superficie bagnata ed altri, tutti parametri che cambiano dinamicamente in funzione della portata.

L'elaborazione attraverso il software di PHABSIM di tali parametri, come nel nostro caso, a partire da misurazioni delle geometrie e delle velocità per almeno due portate, dette di calibrazione, genera, per altre portate simulate, una mappa di caratteristiche porzioni di fiume rappresentate come un mosaico di "celle" tridimensionali (Fig. 1). Per ogni portata simulata ciascuna di queste celle presenta un'unica e propria combinazione di profondità, velocità, lasciando inalterati substrato e copertura del fondo (Channel Index) e ciò accadrà per ogni variazione di portata.

La mappa informatica ricavata descriverà le modificazioni fisiche del tratto fluviale considerato, ma per trasformare tali modificazioni in stima di microhabitat disponibile è necessario determinare quali valori di profondità, velocità, tipo di copertura e

caratteristiche del substrato saranno idonee alla specie ittica oggetto del nostro studio o ad un suo stadio vitale.

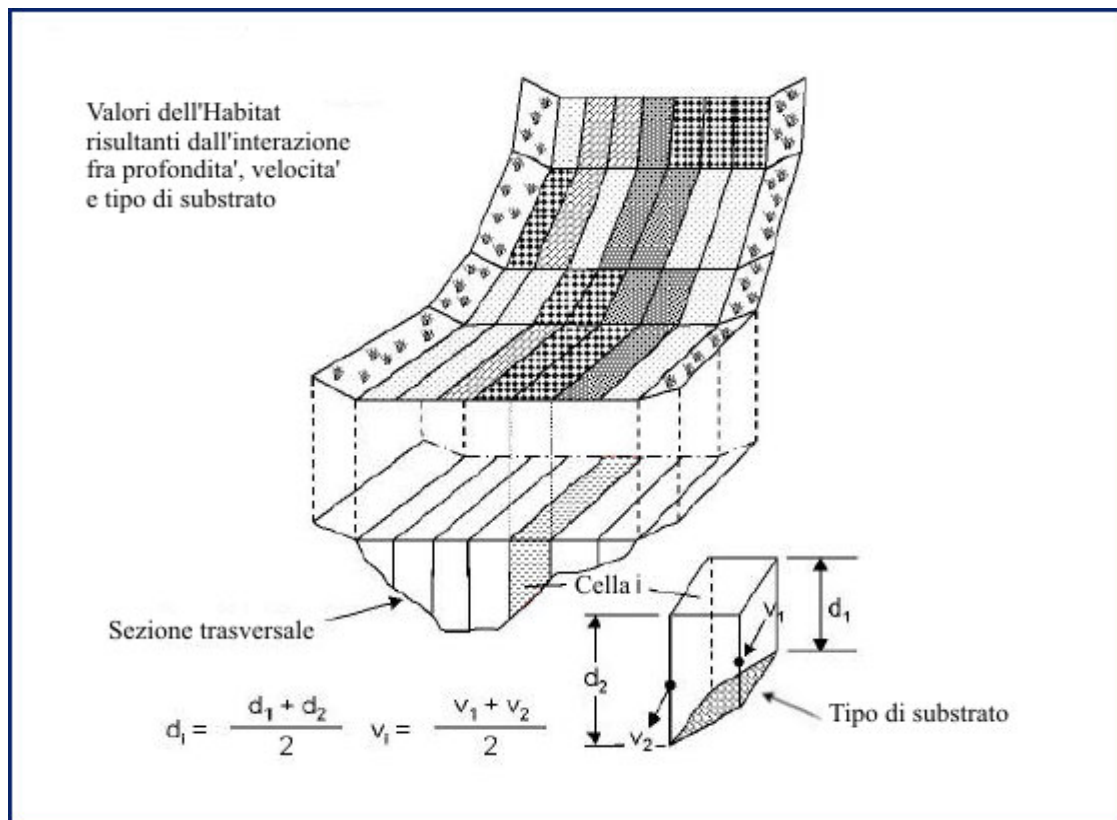


Figura 1. Suddivisione di un tratto di fiume in celle e calcolo delle variabili del microhabitat (in questo caso velocità della corrente e profondità) per ogni singola cella

In generale quindi, possiamo dire che si definiscono criteri di idoneità ambientale, tutte quelle variabili del microhabitat idonee alla sopravvivenza degli organismi acquatici appartenenti al sistema fluviale, variabili cioè che consentono la sopravvivenza degli individui nelle varie fasi di vita (adulto, giovane, avannotto, larva) e permettano un corretto svolgimento di tutte le varie fasi della riproduzione (dalla deposizione allo sviluppo degli embrioni all'interno delle uova).

Il software di PHABSIM mette in relazione i valori di microhabitat riscontrati in ciascuna cella con i dati di idoneità ambientale, in modo da ottenere una stima dell'area disponibile con caratteristiche compatibili con le esigenze dell'organismo acquatico studiato. Quando i valori di idoneità combinati ottenuti (S_i) sono moltiplicati per la superficie della cella (A_i) si ottiene un prodotto che sommato ai valori ottenuti per le altre celle determina Area Disponibile Ponderata per quella portata.

2.3 Campionamento della fauna ittica

Si riassume la metodologia di campionamento della fauna ittica, in parte già riportata in versione estesa nella relazione consegnata a fine marzo 2005 e riguardante il “Progetto pilota per la determinazione e verifica del Deflusso Minimo Vitale su base biologica per l’asta del Fiume di Sieve - (BioDeMiV)”.

Per i campionamenti della fauna ittica, effettuati in collaborazione con il Corpo delle Polizia Provinciale di Firenze e quello di Prato, è stata utilizzata la tecnica dell’elettropesca, metodologia decisamente efficace e poco invasiva per i pesci, effettuando in precedenza due o tre “passate” per ciascun sito di campionamento, ad una certa distanza temporale l’una dall’altra per ovviare al problema dell’intorbidimento dell’acqua causato da materiale che tende ad andare in sospensione durante il passaggio degli operatori nel fiume. Per il campionamento sono stati scelti i medesimi quattro siti utilizzati per i rilievi geometrici e di habitat necessari all’applicazione completa del metodo IFIM.

I tratti fluviali scelti sono stati delimitati da reti affinché non si verificasse nessuno spostamento della fauna ittica. I pesci catturati sono stati messi in vasche ossigenate grazie a diversi aeratori a batteria, dopo di che si è proceduto con le varie fasi di misurazione e pesatura. In particolare sono stati pesati i pesci appartenenti alla medesima specie catturati in ciascuna delle passate effettuate.

Tutte le fasi sono avvenute nel minor tempo possibile per non recare un eccessivo danno alla fauna ittica. Grazie ai dati ottenuti, sarà possibile calcolare anche la biomassa totale dei siti analizzati (Zippin, 1958)

Per la cattura della fauna ittica è stato utilizzato un elettrostorditore modello IEL63GI, potenza di 4,5 KW, tensione 350/600 Volt + 80 impulsi/sec, in dotazione al Corpo di Polizia Provinciale e un modello a batteria, potenza da 600 Watt con funzionamento a corrente continua e pulsata e voltaggio fino a 600 V.

Per la pesatura e misurazione della taglia degli animali è stata utilizzata una bilancia elettronica.

2.3.1 Metodi per la stima delle popolazioni

La metodologia di Zippin, ritenuta da molti la più attendibile, si basa su una elaborazione dei dati molto specifica e complessa, mentre la metodologia di Hayne, anche se presenta un margine di errore più ampio, può facilmente essere utilizzata anche sul campo, per una veloce stima di biomassa o grandezza di popolazione.

Si possono effettuare più passaggi successivi di cattura (nel nostro caso ne sono stati effettuati tre) all'interno di un'area delimitata da reti; quest'ultimo fattore è fondamentale per ridurre gradualmente ad ogni passata le dimensioni della popolazione del tratto prescelto e impedire che si verifichino variazioni nel numero di individui totale e stimare quindi in maniera corretta il valore di densità di popolazione.

Questa è la formula utilizzata:

$$N=T/(1-q^k)$$

Con **N** stima della grandezza di popolazione, **T** individui catturati totali o biomassa campionata totale, $q^k=1-p$, dove **p** è la probabilità di cattura ad ogni passaggio. Si assume che **p** sia uguale o costante ad ogni passaggio.

P è ottenuto con la seguente formula: $p= y_1-y_2/y_1$, con y_1 = peso individui catturati alla I^a passata e y_2 = peso individui catturati alla II^a passata. Il valore $(1-q^k)$ è anche estrapolabile dai grafici per la stima di $(1-q)$ appunto in relazione a **R** (rapporto tra la sommatoria delle biomasse riscontrate nei vari campionamenti con la biomassa totale) (Zippin, 1958). **R** si ottiene secondo la formula: $R=\sum_{i=1}^k(i-1)y_i/T$ con **k** numero di passate, y_i numero iesimo di catture. Entrambi le metodologie necessitano di un'attenta valutazione dei dati prima del loro utilizzo; in particolare i valori relativi ai singoli passaggi di cattura dovrebbero seguire precisi andamenti per poter essere utilizzati, ovvero dovrebbero essere in ordine decrescente (con i valori maggiori nella prima passata, e i minori nella terza) e possibilmente il valore della terza passata dovrebbe essere prossimo allo zero, indice questo di un ottimo sforzo di cattura delle passate precedenti. Se i dati riscontrati non seguissero questo preciso andamento, sarebbe compito dell'esperto valutare l'attendibilità dei medesimi. Nel caso in cui valori riscontrati fossero tutti decrescenti, con i valori dell'ultima passata relativamente bassi, si avrebbe conferma di buona attendibilità dei campionamenti effettuati.

Come si può facilmente intuire sia la metodologia Zippin che la metodologia di Hayne, non consentono soltanto una valida elaborazione dei dati ottenuti sulla fauna ittica, ma consentono, attraverso l'applicazione rigorosa delle loro indicazioni, una corretta modalità di campionamento, proprio per poter utilizzare in maniera appropriata tali metodologie.

2.3.2 Le specie ittiche

Le schede riguardano le principali specie ittiche rinvenute fino ad oggi nel Bacino dell'Arno. Un particolare riguardo è stato rivolto alle specie considerate nella Legge Regionale 56/2000, la cosiddetta "legge sulla biodiversità". Non è stato possibile rinvenire in letteratura le curve d'idoneità per tutte le specie considerate, e per tutti i parametri e stadi vitali.

Le schede sono state tratte in gran parte da Zerunian S., 2004, pubblicata dal Ministero dell'ambiente, anche se rispetto al testo originale possono risultare delle variazioni nella nomenclatura, delle modifiche/integrazioni/sintesi di alcuni degli argomenti affrontati, basati su altre fonti bibliografiche o su osservazioni personali.

I dati riguardanti le specie sono stati forniti sia come documento testuale che inseriti come tabelle nel geodatabase DatiIttiofauna.mdb.

Tab. 1

Specie table (lista delle specie presenti e potenziali)

Campo	Descrizione
TAXON	Gruppo tassonomico di appartenenza
NomeScientifico	Nome scientifico della specie (in latino)
NomeComune	Nome comune utilizzato per la specie (in italiano)
ID_Specie	Codice univoco utilizzato come chiave primaria
NOME2	Altro nome comune per la specie
NOME3	Altro nome comune per la specie
NOME4	Altro nome comune per la specie
Scheda	Riferimento al file PDF, scheda della specie

Tab. 2

CurveLib table (lista delle curve di idoneità, per specie e stadio vitale)

Campo	Descrizione
ID_Curva	Codice univoco utilizzato come chiave primaria
Specie	Nome comune utilizzato per la specie (in italiano)
Stadio	Stadio vitale della specie

ID_Biblio	Codice di riferimento alla tabella (BiblioDati) bibliografia e dati vari
-----------	--

Tab. 3

HSDEP table (valori delle curve di idoneità per la profondità)

Campo	Descrizione
ID_Curva	Codice univoco utilizzato come chiave primaria
Dep	Profondità
HS	Idoneità (suitability index)

Tab. 4

HSVEL table (valori delle curve di idoneità per la velocità)

Campo	Descrizione
ID_Curva	Codice univoco utilizzato come chiave primaria
Vel	Velocità
HS	Idoneità (suitability index)

Tab. 5

SpecieVocazionePotenziale table (abaco delle specie in relazione ai valori di vocazione ittica: valori espressi come classe di vocazione ittica in ordine al maggior grado di preferenza)

Campo	Descrizione
ID_Specie	Codice univoco utilizzato come chiave primaria
VOCAITTI1	Vocazione ittica preferenziale
VOCAITTI2	Vocazione ittica secondario
VOCAITTI3	Vocazione ittica secondario
VOCAITTI4	Vocazione ittica secondario
VOCAITTI5	Vocazione ittica secondario

Tab. 6

VocazionePerSpecie table (abaco delle specie in relazione ai valori di vocazione ittica: valori espressi rispetto alle prime 4 classi di vocazione ittica)

Campo	Descrizione
ID_Specie	Codice univoco utilizzato come chiave primaria
ValVoca1	Preferenza rispetto a vocazione ittica = 1
ValVoca2	Preferenza rispetto a vocazione ittica = 2
ValVoca3	Preferenza rispetto a vocazione ittica = 3
ValVoca4	Preferenza rispetto a vocazione ittica = 4

2.4 Rilevamento dati delle geometrie e dell'habitat

Si riassume la metodologia di rilevamento dati di campagna, già riportata in versione estesa nella relazione consegnata a fine marzo 2005 e riguardante il “Progetto pilota per la determinazione e verifica del Deflusso Minimo Vitale su base biologica per l'asta del Fiume di Sieve - (BioDeMiV)”.

Operativamente, per definire le geometrie di ogni singolo transetto, riferendosi a due capisaldi (rispettivamente in destra e sinistra orografica) è stato teso un cavo inestensibile (treccia EXCEL D12 Marlow in Dyneema F 2.5mm) come riferimento alle misurazioni di X e Z, rispetto ai capisaldi. In corrispondenza a tale riferimento, per ogni valore di X, è stata rilevata la velocità media della colonna d'acqua sottostante, ponendo lo strumento a 6/10 della profondità, come richiesto dalle procedure di rilevamento dati del Manuale IFIM dell'USGS (United States Geological Survey) Bovee, 1997, per la misurazione della velocità dell'acqua è stato utilizzato il mulinello mod. GLOBAL WATER FLOW PROBE FP201 della Global Water Instr.,Inc.

Per gli stessi punti X sono state rilevate le caratteristiche granulometriche e la tipologia del substrato.

Le quote del substrato e le quote dell'acqua sono state misurate in valore relativo per ogni transetto e non come quote assolute s.l.m.m., i parametri X sono stati misurati anch'essi in valore relativo e non in un sistema di coordinate assoluto.

Per quanto riguarda la definizione del modello dell'habitat sono stati rilevati i seguenti parametri:

- Caratteristiche morfologiche generali della stazione in relazione alla posizione dei transetti (riffle, pool e run);
- Substrato o copertura del fondo, rilevati in modo descrittivo (granulometria, presenza di vegetazione, ecc.).

La scelta di utilizzare un numero diverso di transetti per ogni stazione è da porsi in relazione con le caratteristiche morfologiche e del mesohabitat specifiche di ogni sito.

I dati delle geometrie, velocità e caratteristiche del substrato, rilevati in campagna sono stati riportati su file MS Excell.

Per ogni lettura sono state riportate oltre alle informazioni sulla Stazione e sulla data, anche le seguenti informazioni:

- Indicazione e ordine dei capisaldi del transetto (PIN)
- X - distanza trasversale da destra orografica, progressiva a partire dal caposaldo;
- Z' - quota del terreno per ogni X del transetto riferita ai capisaldi;
- Z – profondità dell'acqua per ogni X del transetto immerso;
- Vm0.6 - velocità media della colonna d'acqua in m/s per ogni X del transetto immerso
- CI - caratteristiche del substrato o copertura del fondo, rilevate in modo descrittivo.

A partire dai valori inseriti sono riorganizzati i valori di x e ricalcolate le z come profilo del transetto. Dai dati originali X, Z e velocità vengono calcolate le portate da assegnare al transetto per quella data e quelle geometrie.

2.5 Curve di idoneità

Le curve di idoneità sono l'elemento fondamentale nella stima dell'habitat favorevole alla sopravvivenza ed alla riproduzione della specie ittica presa in esame. Tali curve divengono così parte integrante del sistema PHABSIM, in quanto, integrando i dati relativi alle simulazioni di portata, ci consentono di ottenere la stima dell'area necessaria affinché l'ecosistema acquatico, nella fattispecie la fauna ittica, possa svolgere le varie funzioni vitali. Le curve d'idoneità sono rappresentate in un sistema cartesiano nel quale l'ascissa e l'ordinata corrispondono rispettivamente alla variabile ambientale e al grado di idoneità espresso fra 0 e 1.(Fig. 2)

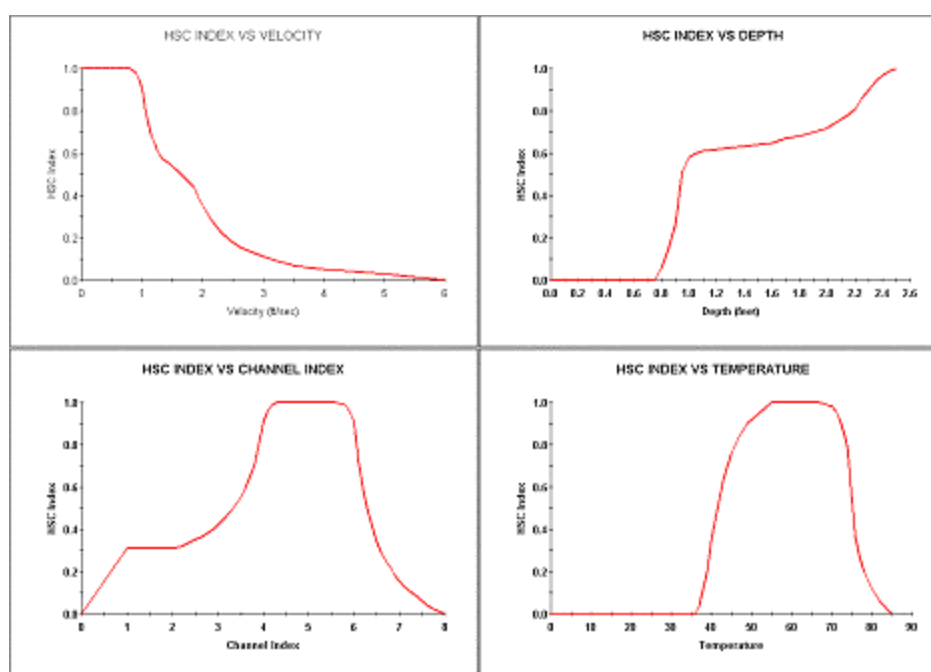


Figura 2. Esempio di curve di idoneità. Sono presi in considerazione parametri quali velocità, profondità, Channel Index ed anche temperatura (unico parametro non appartenente al microhabitat). Da Waddle, T.J., 2001

Generalmente presentano un andamento a campana, la cui ampiezza è pari all'ambito dei valori compatibili con lo sviluppo dell'organismo e il cui picco indica la zona di condizioni ottimali.

Il grado di idoneità del parametro utilizzato nella costruzione della curva è solitamente identificabile secondo tre diversi intervalli (Thomas & Bovee, 1993):

- intervallo **ottimale**: è ottimale il range di parametro con preferenza maggiore/uguale a 0,7;
- intervallo **utilizzabile**: si tratta di un intervallo non ottimale ma comunque gradito e corrisponde al range di parametro con preferenza variabile fra 0,2 e 0,7. L'intervallo comprendente l'habitat ottimale e quello utilizzabile (osservazioni di pesci fino al 95% oppure con preferenza maggiore/uguale di 0,2) è definito **idoneo**;
- intervallo **non utilizzabile** o **non idoneo**: con preferenza inferiore a 0,2.

I criteri biologici per la costruzione delle curve di preferenza sono primariamente indirizzati a quei parametri dell'ambiente acquatico legati alla distribuzione della fauna ittica e sono direttamente collegati al flusso della corrente e alla morfologia dell'alveo: profondità, velocità, temperatura e Channel Index (copertura di fondo e substrato) (Fig. 3), quest'ultimo parametro è solo indirettamente collegato al flusso di corrente, ma riveste notevole importanza nell'ecologia delle varie specie. Possono essere considerati anche altri parametri ambientali sempre legati alle caratteristiche dell'ambiente fluviale analizzato quali ossigeno disciolto, pH, salinità etc.

L'assunzione di base è che l'abbondanza, così come la distribuzione di ciascuna specie non sono influenzate dai singoli parametri del corso d'acqua, ma sono dipendenti, in misura diversa, da tutti i parametri idraulici del corso d'acqua stesso e soprattutto dalla loro interazione. I singoli individui di ciascuna specie tenderanno a selezionare le migliori condizioni per la loro sopravvivenza all'interno dell'ecosistema acquatico, ma sfrutteranno anche zone con condizioni meno favorevoli con utilizzo decrescente delle medesime zone con il peggiorare delle condizioni ambientali. Grazie quindi alle trasformazioni di variabili idrauliche rispetto a parametri biologici determinati (densità, produzione, successo riproduttivo, strutture di popolazione, riproduzione etc.) è possibile ottenere una rappresentazione grafica del grado di preferenza di una certa specie ittica per uno o più parametri ambientali già descritti in precedenza.

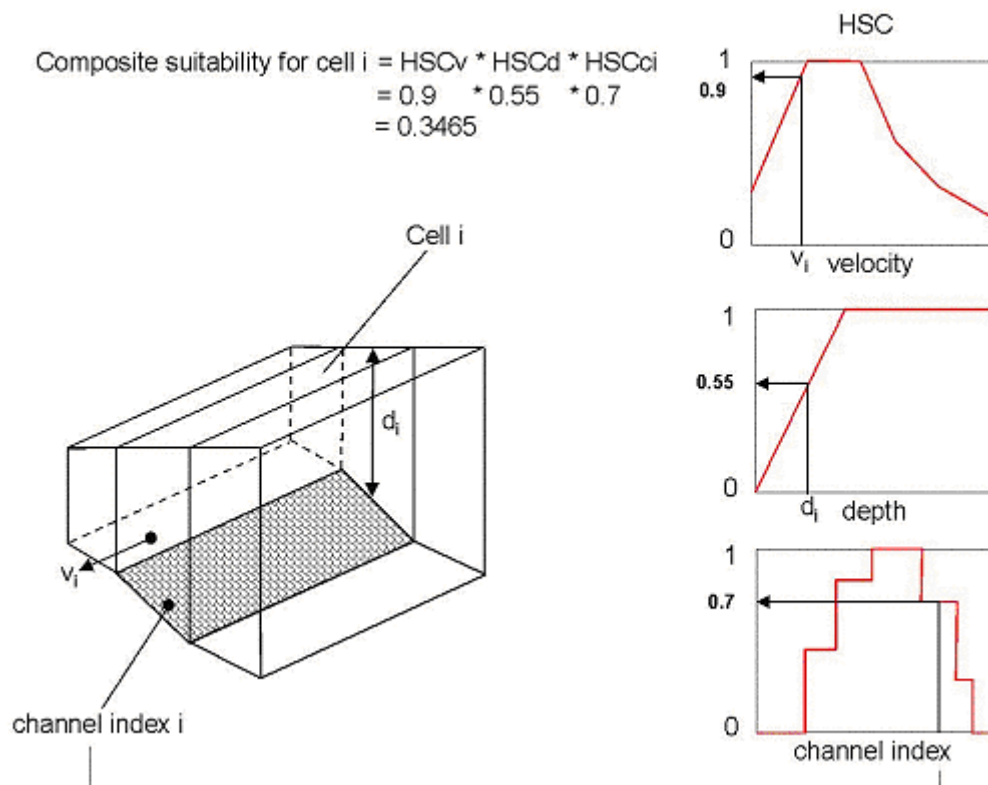


Figura 3. Relazione esistente tra cella e curve di idoneità. Da Waddle, T.J., 2001

In generale le curve di idoneità sono classificate secondo tre distinte categorie che ne descrivono le metodologie di creazione (Bovee *et al.*, 1998).

- **Categoria 1:** appartengono a questa categoria le curve ricavate dalla letteratura o dal giudizio dell'esperto, derivanti cioè dalla conoscenza dell'esperto, accumulata nel tempo, sull'ecologia delle specie ittiche prese in esame oppure da dati riscontrati in letteratura.

- **Categoria 2:** ne fanno parte le curve derivate direttamente dall'osservazione diretta sull'utilizzo dell'habitat da parte delle specie nelle varie fasi vitali, segnalando quindi la presenza-assenza dei vari individui al variare dei valori di microhabitat.

- **Categoria 3:** a questa categoria appartengono quelle che vengono definite "curve di preferenza dell'habitat". Sono curve elaborate grazie a dati ottenuti dall'osservazione diretta (sul campo) sull'uso dell'habitat, che verranno poi messi in relazione alla reale disponibilità di tale habitat per l'intero corso d'acqua.

Nella costruzione di tali curve solitamente si adotta uno schema metodologico replicabile ed estendibile a reti idrografiche e bacini con le medesime caratteristiche del corso d'acqua o bacino idrografico oggetto dello studio, anche se i criteri di comparazione dei microhabitat tra corsi fluviali simili possono essere usati, ma solo sui stadi vitali.

Infatti nel caso in cui vengano utilizzati modelli di idoneità ambientale elaborati per corsi d'acqua diversi da quello in studio, *è importante apportare modifiche su tali modelli perché le differenti caratteristiche dei corsi d'acqua e le differenti abitudini ecologiche delle specie ittiche considerate, possono indurre in errori di valutazione, tali da compromettere la validità dello studio effettuato* (Raleigh, 1986), (Thomas & Bovee, 1993), (Vismara *et al.*, 2001).

Sia quindi che si debbano costruire curve di idoneità ex novo sia che si utilizzino curve ricavate da bibliografia è indispensabile da parte dell'esperto acquisire una conoscenza diretta o indiretta dell'ecologia del sistema fluviale preso in esame. Così osservazioni dirette sul campo, campionamenti di fauna ittica, dati bibliografici recenti e storici contribuiscono in maniera determinante ad un corretto utilizzo di tali curve. Le popolazioni di una medesima specie possono infatti assumere comportamenti differenti in relazione alle caratteristiche dell'ambiente nel quale si trovano; ad esempio le popolazioni di Trota fario, *Salmo (trutta) trutta* Linnaeus, 1758, dei fiumi del Nord Europa non dovranno affrontare condizioni particolarmente critiche come quelle di magra estiva accentuata come invece accadrà alle popolazioni mediterranee, che per questo avranno acquisito caratteristiche idonee per affrontare tali particolari periodi sviluppando la capacità di sopportare temperature lievemente maggiori o di sfruttare in maniera ottimale ambienti con velocità di corrente minori. Questa è solo una delle considerazioni che devono essere attentamente vagliate quando si utilizzano dati ricavati da studi su ambienti totalmente o parzialmente diversi. L'attenta e costante valutazione della trasferibilità dei dati relativi a criteri di idoneità ambientale tra corsi d'acqua differenti è un fattore che deve in ogni momento condizionare le scelte dell'esperto.

Nella costruzione ex novo di tali curve, l'esperto può scegliere quali e quanti parametri ambientali prendere in considerazione: l'utilizzo di più variabili nella

costruzione di una singola curva (curva multivariata) ha caratterizzato l'approccio iniziale dei primi ricercatori che si occupavano di questo campo di studi, ma negli ultimi anni le curve univariate (curve costruite utilizzando un solo parametro ambientale) hanno preso decisamente il sopravvento su qualsiasi altro tipo di curva di preferenza, in particolare sulle curve multivariate; il metodo che prende in esame una sola variabile ambientale è infatti considerato molto affidabile ed attendibile (Bovee *et al.*, 1998), anche se, secondo altri autori (Morhardt & Mesick, 1988), questa metodologia non considera le forti interazioni tra le variabili stesse.

La costruzione di curve di idoneità, utilizzando classi univariate (quali: profondità, velocità, substrato), sviluppate indipendentemente e adottando regressioni polinomiali (multiple, di 2° fino al 4° ordine) sui dati in esame, si basa su alcuni punti fondamentali qui riassunti:

Divisione di ogni variabile in classi di frequenza di utilizzazione delle specie ittiche considerate e disponibilità;

1) Le preferenze di ogni classe di intervallo delle variabili misurate sono calcolate dalle frequenze di utilizzazione delle specie e disponibilità relative, stimate con la seguente formula:

$$P_i = U_i / A_i$$

Dove P_i è il grado di preferenza, U_i è utilizzazione della variabile, A_i è la disponibilità della variabile nel settore analizzato.

2) Le preferenze sono adottate con un valore massimo di 1.0

3) Per la costruzione di tali curve vengono usati modelli di regressione polinomiale, basati su valori di preferenza relativa.

Per ogni stadio di vita o variabile sono esaminate diverse funzioni polinomiali di ordine diverso. Le matrici polinomiali (elaborate per ciascuna variabile, quali: la velocità, la profondità, il substrato) servono per il calcolo di P. Gli stadi vitali considerati sono di solito quello giovanile e quello adulto o uno dei due, anche se possono essere presi in esame anche lo stadio riproduttivo e quello di avannotto.

Le specie ittiche prese in esame, dovranno essere scelte con precisi criteri legati e all'importanza ecologica all'interno dell'ecosistema fluviale da noi studiato. Sarà importante altresì effettuare una scelta oculata sullo stadio vitalesu cui focalizzare l'attenzione: nello studio di ambienti alquanto degradati sarà inutile prendere in considerazione specie di pregio o stadi vitali altamente sensibili alle modificazioni ambientali quali gli stadi giovanili, nonostante possano essere presenti alcune condizioni favorevoli alla loro sopravvivenza. Infatti molti corsi d'acqua della nostra regione per buona parte dell'anno possono presentare condizioni favorevoli alla sopravvivenza dei salmonidi adulti, ma difficilmente presentano le caratteristiche ambientali idonee alla fase riproduttiva nè tanto meno alle varie fasi giovanili di questa famiglia. Dovrà quindi essere valutato molto attentamente l'ambiente fluviale analizzato, ovvero le caratteristiche fisiche, ambientali ed ecologiche del medesimo, prima che venga effettuata la scelta della specie e dello stadio vitale sui quali effettuare lo studio.

Non avendo a disposizione una gamma esaustiva di tali curve elaborate su base sperimentale soprattutto in riferimento alle specie caratterizzanti i corsi d'acqua della nostra penisola sono state utilizzate curve costruite su base teorica, utilizzando dati in parte bibliografici od ottenuti sul campo, in parte elaborati sulla base dell'esperienza professionale. In particolare sono state modificate o elaborate, ex novo, le curve d'idoneità che prendevano in considerazione i due parametri ambientali ritenuti più importanti per l'ecologia delle specie ittiche presenti nel Fiume Sieve. La quasi totale omogeneità del substrato del fiume oggetto dello studio (presenza pressoché costante su tutto il suo corso di ciottoli di dimensioni medio-piccole) ha reso tale variabile ambientale meno importante ai fini del suo utilizzo nell'ambito della metodologia informatica PHABSIM. Le curve sono state estrapolate e successivamente modificate, per una corretta utilizzazione, dai seguenti lavori: Lamouroux *et al.*, 2002, La Porta *et al.*, (anno sconosciuto), Raleigh *et al.*, 1986, Rambaldi *et al.*, 1997, Strakosh *et al.*, 2003. Sono state prese in considerazione le seguenti specie:

Barbo adulto, Barbo novellame, Barbo riproduttivo, Rovella adulta, Vairone adulto, Ghiozzo adulto, Gobione adulto, Cavedano giovane, Cavedano adulto, Cavedano

riproduttivo, Trota fario avannotto, Trota fario giovane, Trota fario adulto, Trota fario adulto riproduttivo, Scazzone adulto.

I dati riguardanti le curve di idoneità sono stati inseriti come tabelle nel geodatabase DatiIttiofauna.mdb: i dati relativi alla velocità in HSVEL; i dati relativi alla profondità in HSDEP.

2.6 Area Disponibile Ponderata

L'habitat favorevole si traduce in Area Disponibile Ponderata (ADP) della parte di sezione bagnata considerata (cella), che sarà a sua volta indispensabile nel calcolo del Deflusso Minimo Vitale. L'ADP è un valore che viene prodotto direttamente dal PHABSIM; è infatti una misura che utilizza la combinazione di quantità e qualità del Microhabitat per esprimere unità di area di Microhabitat disponibile. Utilizzando curve di idoneità univariate, l'ADP calcolato è solo un indice, che non può essere misurato direttamente, anche se, utilizzando differenti metodi di aggregazione degli indici di idoneità si possono fare differenti stime di ADP (Morhardt & Mesick 1988).

Il valore massimo di ADP (Fig. 4) indica le condizioni idrauliche ottimali per le esigenze biologiche ed ecologiche della fauna ittica. Valori inferiori devono essere considerati limitanti in quanto modificano le caratteristiche demografiche e strutturali sia della comunità ittica che delle popolazioni; la limitazione aumenta col ridursi dei valori di portata ottimale e nel caso si riduca drasticamente può comportare condizioni di non idoneità per la vita acquatica.

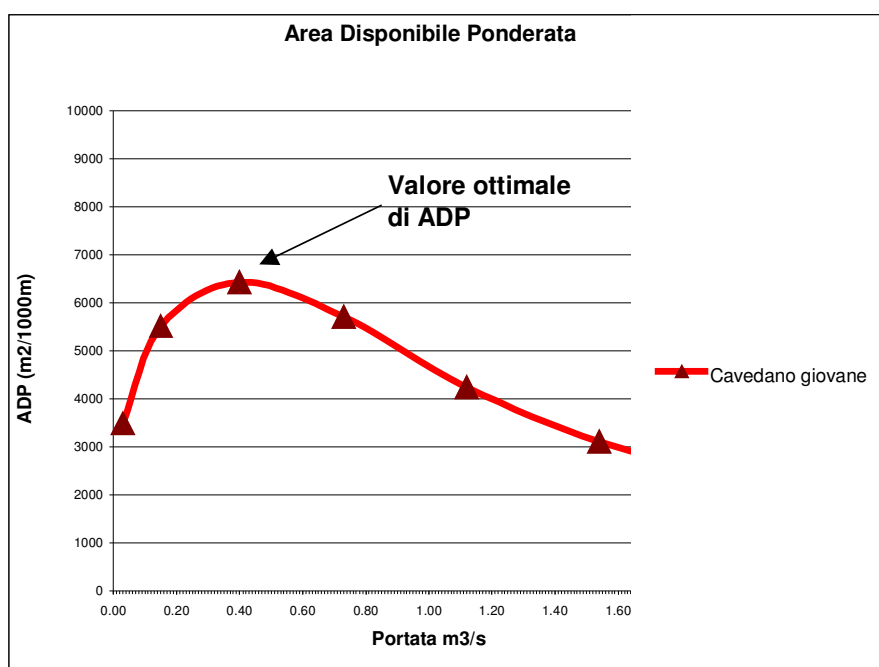


Figura 4. Esempio di curva di idoneità. In ascissa sono riportati i valori di portata (m³/s) in relazione ai valori (in ordinata) di Area Disponibile Ponderata (m²/1000m) per la specie, in questo caso il Cavedano nello stadio giovanile

I valori di ADP totale (relativi ad ogni portata simulata) ricavati dalla sommatoria delle ADP relative alle singole celle, una volta graficizzati, consentono la determinazione delle curve ADP/Portata, che costituiscono il risultato primario dell'applicazione del metodo.

Le curve ADP/Portata esprimono la variazione della “quantità di habitat” disponibile per la specie ittica e per lo stadio vitale di riferimento, al variare della portata.

Tale “quantità di habitat” è riferita evidentemente alle sole aree caratterizzate dalle condizioni idrauliche (tiranti e velocità) e di substrato considerato nel metodo.

Sono escluse pertanto le zone di rifugio eventualmente non caratterizzate da un punto di vista idraulico (zone di sponda, detriti in alveo ecc.) e le zone con morfologie particolari (pools di grandi dimensioni) che normalmente non sono inserite nei tratti di monitoraggio e analisi idraulica per problemi di carattere logistico nell'esecuzione dei rilievi e di significatività delle simulazioni numeriche.

In questo caso tale metodologia può fornire risultati non corrispondenti a pieno alla realtà fisica, risultando quindi conservativi sul piano ambientale.

Le curve ADP/Portata vengono normalmente utilizzate per valutare le portate di deflusso minimo vitale conseguenti a determinate ipotesi di riduzione della quantità di habitat ottimale (espressa dal massimo della curva o da punti caratteristici nel campo delle portate di regime idrologico medio).

Nel secondo caso la riduzione di habitat viene espressa schematicamente assumendo percentuali ridotte di ADP (normalmente comprese nel campo 40÷80% del valore ottimale).

Fisicamente tale riduzione corrisponde alla diminuzione della superficie delle zone d'alveo idonee alla manifestazione delle funzioni vitali della specie ittica considerata, che viene espressa come dato assoluto (area in m²) o come percentuale della superficie d'alveo bagnata complessiva.

Una volta ottenuta la curva di riferimento che mette in relazione la portata con l'habitat disponibile, si passa all'individuazione di un possibile valore di deflusso minimo vitale,

riferendosi ad uno dei seguenti criteri fra quelli più comunemente utilizzati in letteratura.

- **l'individuazione del *break-point*** (Milhous et al., 1989) rappresenta il punto di evidente cambiamento di pendenza della curva dell'habitat-portata ed è particolarmente idoneo per l'interpretazione di curve in cui tale cambiamento sia particolarmente evidente. Concettualmente il punto di "rottura" rappresenta il confine tra una situazione in cui al crescere della portata, l'ADP aumenta in modo sostanziale, ed una situazione in cui ulteriori incrementi di ADP sono ottenuti solo con un notevole aumento delle portate, anche se oltre un determinato valore di portata l'ADP rimane costante. In un'ottica costi-benefici, il punto di "rottura" individua quindi il valore di portata per il quale potrebbe essere raggiunto il migliore compromesso tra le esigenze di tutela ambientale e quelle di natura economica.

- nel caso in cui curve di l'ADP subiscano un incremento graduale, fino ad un punto massimo, oltre il quale l'habitat disponibile decresce, in genere a causa delle velocità troppo sostenute, la portata minima può essere scelta in corrispondenza del massimo di ADP (portata ottimale) o di sue percentuali variabili fra il 40 e l'80% del valore massimo (Orth & Leonard , 1990, García de Jalón, 2003).

2.7 Vocazione Ittica. Digitalizzazione delle informazioni.

A seguito del reperimento delle informazioni delle analisi dei dati contenuti è stato stabilita una comune organizzazione dei dati.

Le seguenti tabelle contenute nel geodatabase DatiIttiofauna.mdb risultano dall'aggregazione di tutte le informazioni.

Tabella 1 **Stazioni** Geometry Type: Point (stazioni di campionamento della fauna ittica)

Campo	Descrizione
ID_STAZIONE	Codice univoco utilizzato come chiave primaria
POINT_X	Coordinata Est nel sistema Gauss-Boaga
POINT_Y	Coordinata Nord nel sistema Gauss-Boaga
ID_Biblio	Codice di riferimento alla tabella (BiblioDati) bibliografia e dati vari
IDTRATTO	Codice univoco utilizzato come chiave esterna al network reti

Tabella 2 **Presenze** table + Geometry Type: Point (**Presenze20061114**) (fauna ittica rilevata nelle stazioni di campionamento)

Campo	Descrizione
ID_STAZION	Chiave esterna alla tabella STAZIONI
Nome	Nome comune della specie presente
Biom	Peso degli animali catturati riferito a unità di area (gr/m2)
Dens	Numero degli animali catturati riferito a unità di area (n/m2)
BiomStim	Peso totale stimato degli animali riferito a unità di area (gr/m2)
ID_Specie	Codice univoco utilizzato come chiave primaria
NomeComune	Nome comune utilizzato per la specie
Scheda	Riferimento al file PDF, scheda della specie
POINT_X	Coordinata Est nel sistema Gauss-Boaga
POINT_Y	Coordinata Nord nel sistema Gauss-Boaga
ID_Biblio	Codice di riferimento alla tabella (BiblioDati) bibliografia e dati vari
IDTRATTO	Codice univoco utilizzato come chiave esterna al network reti

Tabella 3 **BiblioDati** table (fonte dei dati riguardati le stazioni di campionamento, il campionamento della fauna ittica e le curve di idoneità delle specie)

Campo	Descrizione
ID_Biblio	Codice univoco utilizzato come chiave primaria
Autore	Autori o produttori del dato
Titolo	Titolo della pubblicazione o del lavoro
Riferimenti	Riferimenti bibliografici e note

I dati riguardanti Stazioni e Presenze sono stati inseriti in base alla tipologia della fonte.

Per la **Provincia di Arezzo** i dati sulle stazioni e quelli relativi alle specie presenti sono stati acquisiti in formato digitale [Fonte dati 1] (fogli di lavoro Excell) già forniti di coordinate. Per alcune stazioni i dati acquisiti erano corredati da informazioni su peso e

numerosità del campione, oltre che dalle dimensioni della stazione. Tuttavia chi ha fornito ha tenuto a precisare che si tratta di dati semiquantitativi, quindi non del tutto rappresentativi della biomassa e densità sia catturata che stimata. E' stato quindi deciso di inserire esclusivamente il dato di presenza/assenza. Per le medesime stazioni sono disponibili anche dati IBE e IFF di cui si può eventualmente tenere conto per le successive elaborazioni.

Per la **Provincia di Firenze** i dati sulle stazioni e quelli relativi alle specie presenti sono stati acquisiti in parte in formato digitale [Fonte dati 2, 3, 4] (parte geodatabase e parte fogli di lavoro Excell) già forniti di coordinate. Le fonti dati 2 e 4 contengono esclusivamente dati di presenza/assenza e dati semiquantitativi, mentre la fonte dati 3 contiene dati quantitativi di biomassa e densità del campione, sia catturato che stimato.

Per la **Provincia di Livorno** i dati sulle stazioni e quelli relativi alle specie presenti sono stati completamente digitalizzati e georeferenziati, trattandosi di pubblicazione in formato cartaceo [Fonte dati 5]. Il posizionamento delle stazioni è avvenuto basandosi sulla cartografia acclusa e sulla descrizione introduttiva relativa ad ogni singola stazione. Nonostante la ricchezza delle informazioni relative ai campioni di fauna ittica catturati non è stato possibile desumere indicazioni sulla biomassa e densità, trattandosi di dati principalmente di natura morfometrica, così come scarse sono le informazioni sulle dimensioni della stazione..

Per la **Provincia di Lucca** non è stato possibile raccogliere alcun dato. Nonostante il l'ufficio competente sia stato contattato, non pare che siano disponibili dati ne quantitativi ne qualitativi.

Per la **Provincia di Pisa** non è stato possibile raccogliere alcun dato. Nonostante il l'ufficio competente sia stato contattato, non pare che siano disponibili dati ne quantitativi ne qualitativi.

Per la **Provincia di Pistoia** i dati sulle stazioni e quelli relativi alle specie presenti sono stati completamente digitalizzati e georeferenziati, trattandosi di pubblicazione in formato cartaceo [Fonte dati 6]. Il posizionamento delle stazioni è avvenuto basandosi sulla cartografia acclusa e sulla descrizione introduttiva relativa ad ogni singola stazione. La fonte dati contiene dati qualitativi (presenza/assenza) e, in parte, dati quantitativi espressi come biomassa e densità del campione stimato.

Per la **Provincia di Prato** i dati sulle stazioni e quelli relativi alle specie presenti sono stati acquisiti in parte in formato digitale [Fonte dati 7, 8, 4] (parte geodatabase e parte fogli di lavoro Excell) e in parte cartaceo, solo in parzialmente forniti di coordinate. Le fonti dati 7 e 8 contengono esclusivamente dati di presenza/assenza, mentre la fonte dati 4 contiene dati quantitativi di biomassa e densità del campione, sia catturato che stimato.

Per la **Provincia di Siena** i dati sulle stazioni e quelli relativi alle specie presenti sono stati completamente digitalizzati e georeferenziati, trattandosi di pubblicazione in formato cartaceo [Fonte dati 9]. Il posizionamento delle stazioni è avvenuto basandosi sulla cartografia acclusa e sulla descrizione introduttiva relativa ad ogni singola stazione. La fonte dati contiene dati qualitativi (presenza/assenza) e, in parte, dati quantitativi espressi come biomassa e densità del campione stimato.

Fonte dati

1. Provincia di Arezzo e Graia srl. Dati fauna ittica Provincia di Arezzo. Dati inediti, campionamenti risalenti al 2003-2004.
2. Nocita A., 2002. Carta Ittica della Provincia di Firenze. Assessorato Agricoltura Caccia e Pesca.,[6] + 254 pp., 1 cartina fuori testo
3. Nocita A., Bartali S., Pini G.. Progetto pilota per la determinazione e verifica del Deflusso Minimo Vitale su base biologica per l'asta del Fiume di Sieve - (*BioDeMiV*) – 2004-2005
4. Nocita A.. Dati inediti. 2004-2006

5. Gualtieri M., Mecatti M., 2003. Monitoraggio della fauna ittica delle acque interne della provincia di Livorno. (campionamenti risalenti a 2001-2002). Amministrazione provinciale di Livorno
6. Carta ittica della provincia di Pistoia (anno sconosciuto, probabilmente 2003). Amministrazione Provinciale di Pistoia. pp. 168, di M. Pascale.
7. Proposta di classificazione e zonizzazione dei corsi d'acqua della provincia di Prato e linee guida per la gestione della fauna ittica, 1997. Provincia di Prato. Eseguito da NEMO s.a.s., Firenze.
8. Barbaresi S., Fratini S., Nocita A.. *Studio sulla presenza e distribuzione, in Provincia di Prato, delle specie di pesci e crostacei tutelate dalla L.R.T.n.56 del 6 aprile 2000*; in Elisabetta Fancelli (a cura di) Biodiversità in Provincia di Prato 2: Molluschi Pesci e Crostacei, Montepulciano, Le Balze, 2005, pubblicazione a cura della Provincia di Prato.
9. Loro R. Carta ittica provincia di Siena.
10. Auteri R., Abella A., Baino R., Righini P., Serena F., Silvestri R., Voliani A., Zucchi A., 1995. Gestione della fauna ittica. Carta ittica regionale. I.S.T.I.P., Prov. Livorno e Regione Toscana, vol. VII, [IV]+147 pp, 2 cartine fuori testo.

2.8 Analisi statistica per le vocazioni ittiche

2.8.1 Caricamento delle informazioni provenienti dalla Carta Ittica Regionale, Carta delle vocazioni ittiche ed elaborazione dei dati riguardanti i corsi d'acqua

Il livello informativo Reti è stato importato nel geodatabase DatiDMV.mdb come Feature class lineare DMVreti.

Il livello informativo dtm_arno è stato utilizzato senza alcuna modifica o elaborazione. Alla Feature class DMVreti sono stati aggiunti tre campi VOCAITTI, OrigineVal e FontiDato utilizzati per l'inserimento dei dati sulla vocazione ittica. È stata fatta una scansione della Carta delle vocazioni ittiche, georeferenziata è stata sovrapposta al livello informativo DMVreti, tutti i tratti direttamente assimilabili ad una delle cinque zone di vocazione ittica sono stati editati manualmente assegnando la zona di appartenenza. Nell'eseguire le operazioni di popolamento della banca dati, sono stati esclusi i tratti con HEDGETYPE uguale a 3 (bordo lago) e 4 (linea di costa), da 65794 archi sono stati utilizzati i 63689 archi con HEDGETYPE uguale a 1 e 2, inoltre non sono state modificate le geometrie né la chiave alla banca dati originaria (IDTRATTO).

Tabella 3 **VOCAITTI** valori del campo

Valore	Livello di conoscenza del dato
-1	Nessuna vocazione ittica
0	Vocazione Ittica non assegnata
1	Zona della Trota superiore (Abaco > 85)
2	Zona della Trota inferiore (Abaco 60-84)
3	Zona dei Ciprinidi reofili (Abaco < 60)
4	Zona dei Limnofili (Abaco < 60)
5	Zona delle acque salmastre (sal. > 5x1000)

Tabella 4 **FontiDato OrigineVal** valori dei campi

Valore	Livello di conoscenza (FontiDato) e origine valore assegnato (OrigineVal) del dato	Numero di archi per FontiDato
1	Vocazione ittica da cartografie regionali integrate con dati sulla biomassa	14
1a	Vocazione ittica da dati sulla biomassa	5
2	Vocazione ittica da cartografie regionali integrate con dati di presenza/assenza	118
2a	Vocazione ittica da dati di presenza/assenza	44
3	Vocazione ittica da cartografie regionali	4665
4	Vocazione ittica da analisi di similitudine	257
5	Nessuna informazione	58587

I 257 tratti con vocazione ittica assegnata per similitudine (val = 4) sono quelli che alla fine dell'assegnazione dei valori FontiDato sono rimasti inseriti fra tratti di uguale classe.

I valori di VOCAITTI risultanti in questa fase sono:

VOCAITTI	ConteggioDiIDTRATTO
-1	1
0	58587
1	542
2	978
3	2091
4	1416
5	75

I 5102 tratti risultanti a valore diverso da zero sono presi in considerazione durante l'elaborazione dei dati per verificare l'attendibilità della modellizzazione dei valori per similitudine.

La Feature class DMVreti è stata drappeggiata sul DTM dtm_arno dal quale ha ereditato le quote.

Con i vertici di DMVreti forniti delle quote è stato possibile ricavare per ogni IDTRATTO i seguenti dati:

QuotaMediaP (quota media ponderata su lunghezza tratto) metri sul livello del mare

MediaDiQuotaMediaP	MinDiQuotaMediaP	MaxDiQuotaMediaP	DevStDiQuotaMediaP
327.494435021991	-2.38361185428716	1530.47735908335	247.26148817613

SlopeP (pendenza media ponderata su lunghezza tratto) valore percentuale

MediaDiSlopeP	MinDiSlopeP	MaxDiSlopeP	DevStDiSlopeP
0.149406515148242	0	3.4156280886669	0.136541522239206

Altri dati elaborati per ogni IDTRATTO sono:

Length2D (lunghezza proiettata sul piano orizzontale) in metri

MediaDiLength2D	MinDiLength2D	MaxDiLength2D	DevStDiLength2D	SommaDiLength2D
375.645817197703	0.99993600044	24415.46605539	441.754076548329	23924506.4515045

Length3D (lunghezza reale) in metri

MediaDiLength3D	MinDiLength3D	MaxDiLength3D	DevStDiLength3D
381.856581447918	0.999989916165234	24418.2099033284	443.777195696316

DIREZIONE (direzione di flusso media del tratto) in gradi da 0 a 359 in senso orario

MediaDiDIREZIONE	MinDiDIREZIONE	MaxDiDIREZIONE	DevStDiDIREZIONE
183.747867501976	0	359	98.7193163241873

In aggiunta sono stati ricavati altri due valori per tutti gli IDTRATTO:

- Ordine di Strahler (valore da 1 a 8), inserito nel campo **StrahlerOrder**
- Distanza dalla sorgente (metri), inserito nel campo **LengthSottesa**

StrahlerOrder (Ordine di Strahler) valore da 1 a 8

StrahlerOrder	ConteggioDiStrahlerOrder	SommaDiLength2D
1	31832	12198625.3660352
2	16107	5419600.27137923
3	8133	2941126.18910073
4	4378	1664751.99276518
5	1922	877487.137528941
6	649	378569.691266243
7	312	175358.344828484
8	356	268987.458600351

LengthSottesa (lunghezza cumulata tratti sottesi) in metri

MediaDiLengthSottesa	MinDiLengthSottesa	MaxDiLengthSottesa	DevStDiLengthSottesa
77304.2818880334	1.1179624357	22499088.1428638	884003.606119318

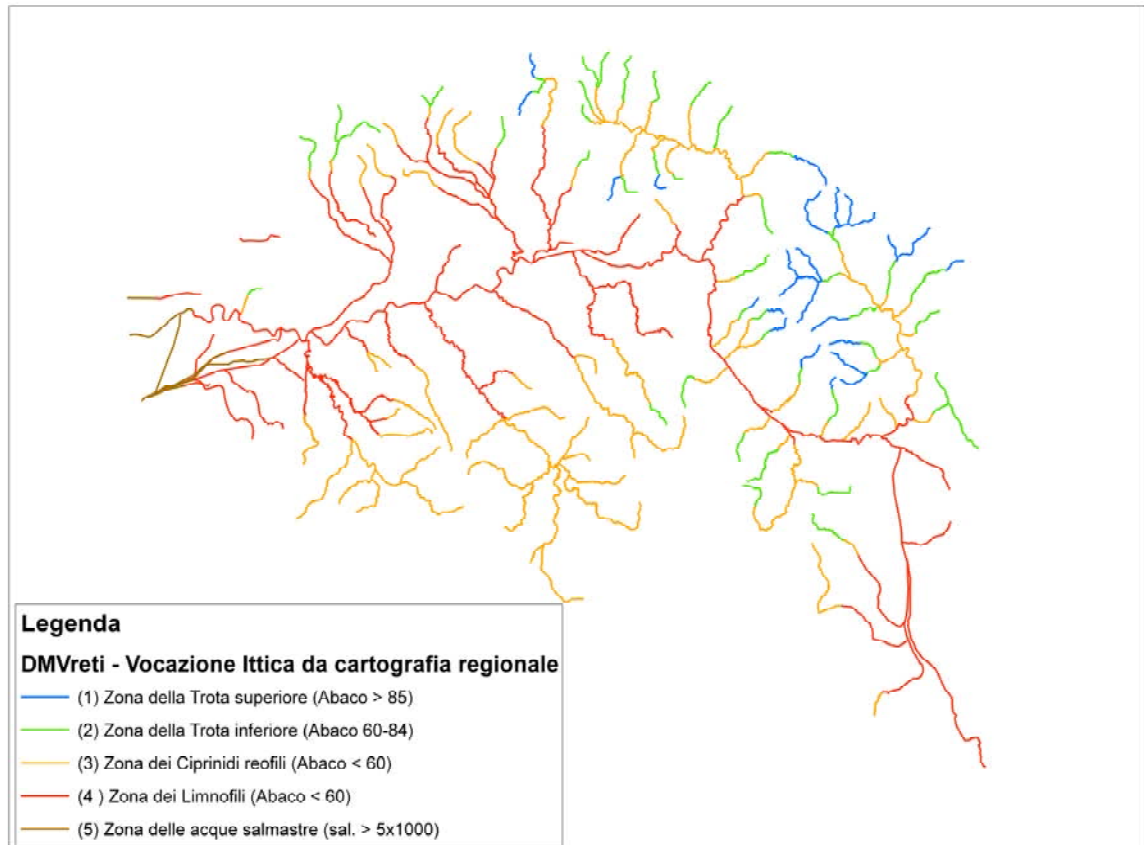
Occorre tenere conto che alcuni dati a disposizione, come BFI, AREA, AVESLOPE, LENGTH_3D, SLOPE e Q710 risultano o incompleti o con valori incompatibili con le grandezze rappresentate, tali da supporre errori nella loro origine.

Attraverso i valori di AREA contenuti nella feature class areale Catchment sono stati integrati tutti i valori di AREA mancanti in DMVreti, l'aggiornamento è stato eseguito in parte tramite query e in parte manualmente.

AREA (area sottesa) in km²

MediaDiAREA	MinDiAREA	MaxDiAREA	DevStDiAREA
28.488197200141	0	8201.21387	330.004981101865

Nell'assegnare l'ordine di Strahler e la lunghezza sottesa ai tratti, sono stati riscontrati degli errori nel dato originale **reti** ed effettuate le correzioni solo sulle features di DMVreti, la tabella ErroriConnessioneReti contenuta nel geodatabase DatiDMV elenca gli errori per una eventuale correzione del dato originale. I riscontri sono stati fatti per tutti i tratti, il valore di FLOWDIR è risultato sempre = 1 e mai modificato, i valori FromNode ToNode sono stati modificati coerentemente con le variazioni geometriche effettuate, non è stato aggiunto, tolto o modificato nessun IDTRATTO.



Plot di valori di Vocazione Ittica dai soli dati della Carta Ittica Regionale

2.8.2 Modellizzazione

Per la formulazione del modello è stato utilizzato il modello di regressione logistica dicotomica (Hosmer & Lemeshow 1989; Massolo e Meriggi 1998). Questa nasce come uno strumento per stimare la probabilità di un evento (nel caso specifico, la classe di vocazione ittica) sulla base di un insieme di variabili predittive che caratterizzano ciascuna unità statistica (le Unità Campione, che nel nostro caso coincidono con i tratti fluviali) secondo il seguente modello:

$$p(x) = \frac{e^{b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_i x_i}}{1 + e^{b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_{ix_i}}}$$

dove

$p(x)$ = probabilità che l'evento (idoneità) accada.

x_i = i-esima variabile indipendente (caratteristica ambientale)

b_i = coefficiente parziale di variazione unitario

come si può notare, una trasformazione denominata *logit* data dal logaritmo naturale del rapporto tra la probabilità che l'evento accada e il suo complementare (questo rapporto è definito *odds*) e indicata con $g(x)$ può essere rappresentata da un'equazione analoga al modello lineare:

$$g(x) = \ln \frac{P(Y=1|x)}{P(Y=0|x)} = B_{k0} + B_{k1}x_1 + \dots + B_{kp}x_p$$

La selezione delle variabili ambientali da inserire nel modello è stata effettuata mediante una procedura di selezione *stepwise* basata sulla una procedura di massimizzazione della funzione di verosimiglianza (likelihood).

Con questa tecnica si riescono a stimare i coefficienti del modello di regressione logistica, e quindi, una volta misurati i parametri ambientali (le variabili indipendenti, x_i), è possibile stimare, per ciascun tratto fluviale, le probabilità di appartenenza a ciascuna classe di vocazione ittica.

I modelli sono stati successivamente verificati statisticamente utilizzando test di confronto di verosimiglianza (likelihood), mentre le variabili selezionate e inserite nel modello sono state verificate mediante test basati sul rapporto fra valore stimato e errore standard della stima (t test), o mediante rapporti di varianze (statistica di Wald o F di Fisher).

I modelli formulati sono stati infine confrontati sulla base della loro capacità di classificare correttamente i casi originari e in seguito il modello selezionato è stato applicato a ogni tratto fluviale presente nel bacino idrico. A ciascun tratto è stato attribuito quindi un valore di probabilità di appartenenza a una delle classi di vocazione ittica.

Le analisi sono state condotte utilizzando il programma Statistical Package for Social Sciences SPSS for Windows 12.01 (SPSS Inc. ®).

3 Risultati ed elaborazione dati

3.1 Dati biologici

Stazione: GRE2006 Fiume GREVE Località Scopeti

Area superficie Campionamento = m² **335.42**

Lunghezza stazione di Campionamento = m **51.60**

Specie presenti, biomassa per specie (g) e biomassa per superficie (g/m²)

Specie	g	g/m ²
Barbo - <i>Barbus sp.</i>	5437.3	16.21
Carassio - <i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	597.0	1.78
Lasca - <i>Chondrostoma genei</i> (Bonaparte, 1839)	2252.7	6.72
Cobite - <i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758	9.5	0.03
Alborella - <i>Alburnus alburnus</i> (De Filippi, 1844)	167.3	0.50
Rovella - <i>Rutilus rubilio</i> (Bonaparte, 1837)	138.3	0.41
Cavedano - <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	24938.8	74.35
Ghiozzo - <i>Padogobius nigricans</i> (Canestrini, 1867)	133.0	0.40
Biomassa totale catturata	33673.9	100.39

Biomassa totale stimata (metodo Zippin) (g) **34715.4**



Figura 5 Cobite

Stazione: ERA2006 Fiume ERA Località Capannoli

Area superficie Campionamento = m² **198.83**
Lunghezza stazione di Campionamento = m **47.30**

Specie presenti, biomassa per specie (g) e biomassa per superficie (g/m²)

Specie	g	g/m ²
Barbo - <i>Barbus sp.</i>	30.0	0.15
Anguilla - <i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	230.0	1.16
Lasca - <i>Chondrostoma genei</i> (Bonaparte, 1839)	210.0	1.06
Cavedano - <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	2360.0	11.87
Biomassa totale catturata	2830.0	14.23

Biomassa totale stimata (metodo Zippin) (g) **3050.9**



Figura 6 Anguilla

Stazione: ELS2006 Fiume ELSA Località Castelfiorentino

Area superficie Campionamento = m² **194.48**
Lunghezza stazione di Campionamento = m **18.46**

Specie presenti, biomassa per specie (g) e biomassa per superficie (g/m²)

Specie	g	g/m ²
Barbo - <i>Barbus sp.</i>	5150.0	26.48
Lasca - <i>Chondrostoma genei</i> (Bonaparte, 1839)	2020.6	10.39
Alborella - <i>Alburnus alburnus</i> (De Filippi, 1844)	29.3	0.15
Rovella - <i>Rutilus rubilio</i> (Bonaparte, 1837)	42.4	0.22
Cavedano - <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	21056.4	108.27
Ghiozzo padano - <i>Padogobius bonelli</i> (Bonaparte, 1846)	5.7	0.03
Biomassa totale catturata	28304.4	145.54

Biomassa totale stimata (metodo Zippin) (g) -----

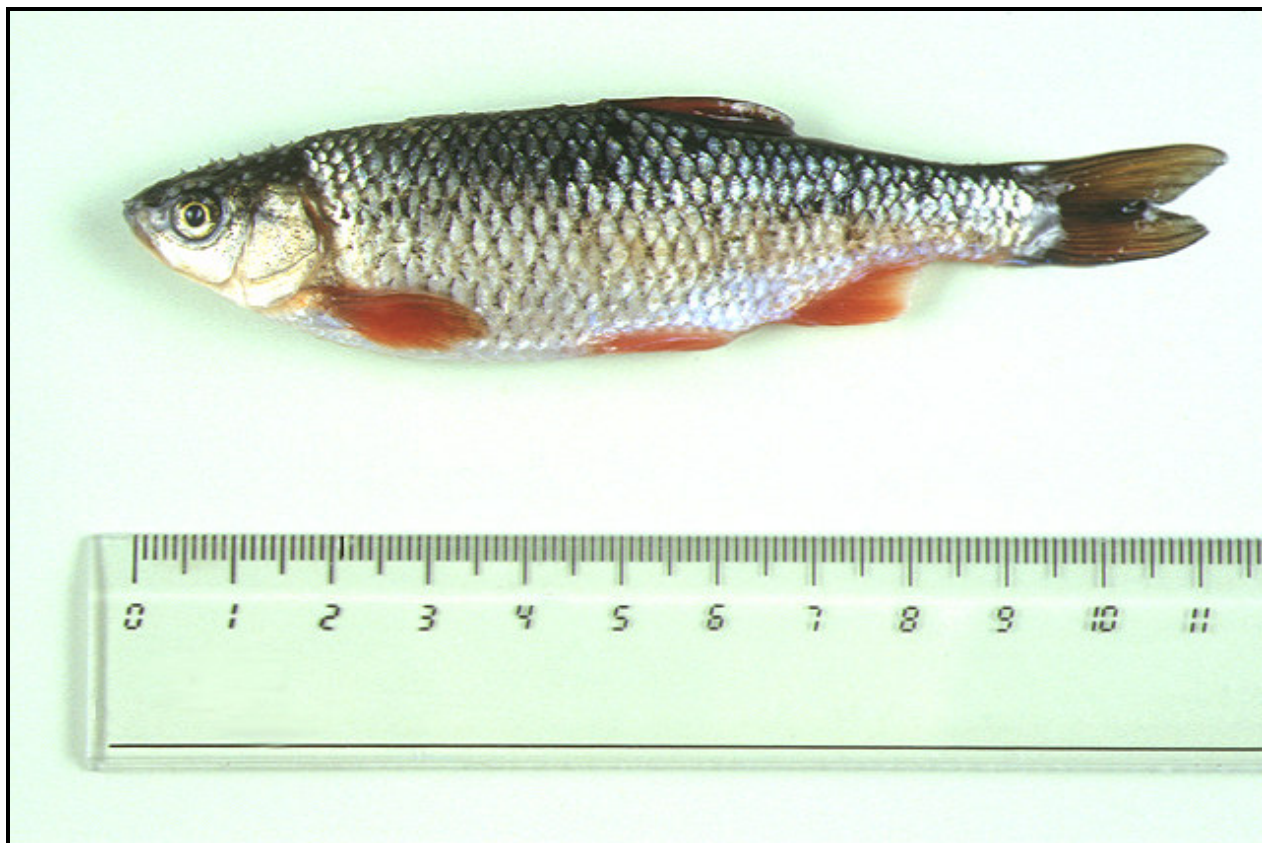


Figura 7 Rovella

Stazione: Canv04 Torrente Canvella Località Dagnana

Area superficie Campionamento = m² **170.18**
Lunghezza stazione di Campionamento = m **71.6**

Specie presenti, biomassa per specie (g) e biomassa per superficie (g/m²)

Specie	g	g/m ²
Scazzone - <i>Cottus gobio</i> Linnaeus, 1758	1108.9	6.52
Trota Fario - <i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758	493.8	2.90
Biomassa totale catturata	1602.7	9.42

Biomassa totale stimata (metodo Zippin) (g) **1885.5**



Figura 8 Scazzone

Stazione: BIS2006 Fiume BISENZIO Località Gamberame

Area superficie Campionamento = m² **727.71**
Lunghezza stazione di Campionamento = m **63.3**

Specie presenti, biomassa per specie (g) e biomassa per superficie (g/m²)

Specie	g	g/m ²
Barbo - <i>Barbus sp.</i>	2432.4	3.34
Carpa - <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	4060.0	5.58
Gobione - <i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	30.7	0.04
Cobite - <i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758	5.8	0.01
Pseudorasbora - <i>Pseudorasbora parva</i> (Schlegel, 1842)	30.0	0.04
Rovella - <i>Rutilus rubilio</i> (Bonaparte, 1837)	50.0	0.07
Cavedano - <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	10675.1	14.67
Ghiozzo - <i>Padogobius nigricans</i> (Canestrini, 1867)	30.0	0.04
Carassio - <i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	170.0	0.23
Biomassa totale catturata	17484.0	24.03

Biomassa totale stimata (metodo Zippin) (g) **25163.6**

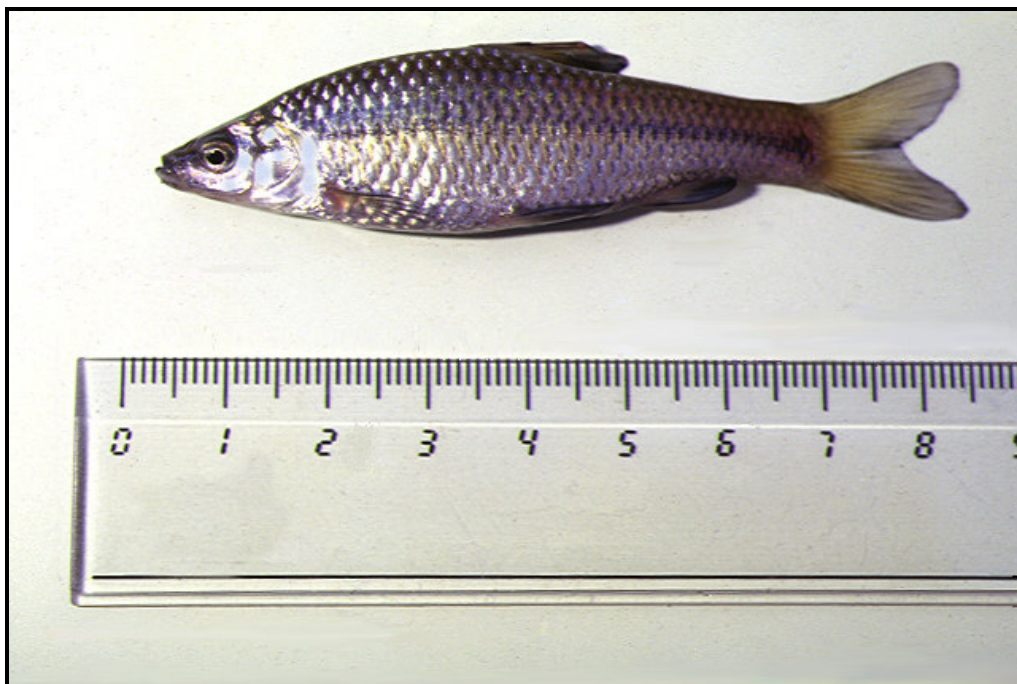


Figura 9 Pseudorasbora



Figura 10 Barbo

Stazione: ARN2006 Fiume ARNO Località Rosano

Area superficie Campionamento = m² **1984.85**

Lunghezza stazione di Campionamento = m **67.80**

Specie presenti, biomassa per specie (g) e biomassa per superficie (g/m²)

Specie	g	g/m ²
Barbo - <i>Barbus sp.</i>	6220.0	3.13
Alborella - <i>Alburnus alburnus</i> (De Filippi, 1844)	11.0	0.01
Lasca - <i>Chondrostoma genei</i> (Bonaparte, 1839)	63.5	0.03
Rovella - <i>Rutilus rubilio</i> (Bonaparte, 1837)	92.0	0.05
Cavedano - <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	2540.4	1.28
Ghiozzo - <i>Padogobius nigricans</i> (Canestrini, 1867)	35.0	0.02
Biomassa totale catturata	8961.9	4.51516

Biomassa totale stimata (metodo Zippin) (g) **15190.0**



Figura 11 Cavedani

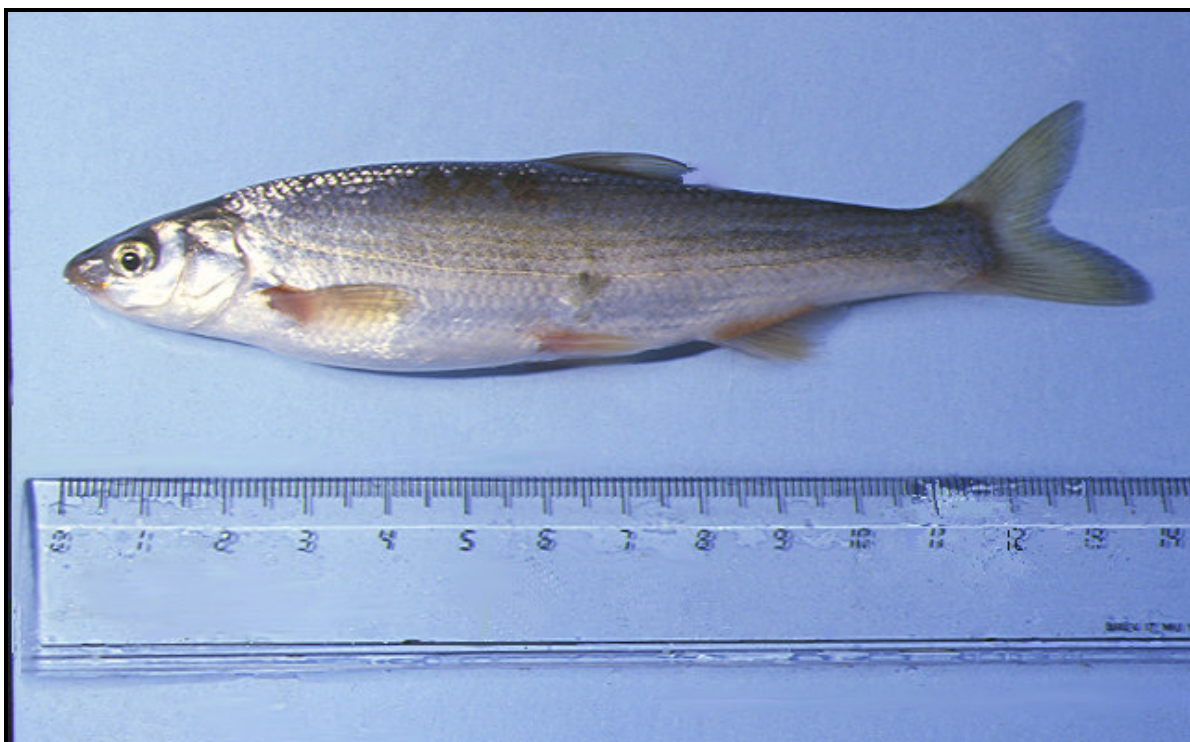


Figura 12 Lasca

3.2 Analisi di similitudine per le vocazioni ittiche

Per l'individuazione della variabile dipendente (vocazione ittica), mancando un dato preciso rilevabile sul campo per individuare la classe di vocazione ittica per ciascun tratto di fiume soggetto a campionamento, sono state utilizzate delle classi di appartenenza di ciascuna specie indicatrice a ciascuna classe di vocazione ittica come descritte in precedenza, provenienti dalla tabella VocazioniPerSpecie contenuta nel geodatabase DatiIttiofauna.mdb.

Sulla base di queste classi di appartenenza, una volta riscontrata la presenza/assenza di ciascuna specie per ciascun tratto di fiume campionato, si è stimato quindi un grado di probabilità di ciascun tratto di appartenere all'una o all'altra classe di vocazione.

NomeComune	Classe di vocazione da VocazioniPerSpecie				Probabilità di appartenenza a ciascuna classe di vocazione			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Anguilla	1	1	1	1	0.25	0.25	0.25	0.25
Barbo canino	0	0	2	1	0	0	0.67	0.33
Barbo europeo	0	0	2	1	0	0	0.67	0.33
Barbo padano	0	0	2	1	0	0	0.67	0.33
Barbo tiberino	0	0	2	1	0	0	0.67	0.33
Carpa	0	0	1	2	0	0	0.33	0.67
Cavedano	0	0	1	1	0	0	0.5	0.5
Cavedano etrusco	0	0	1	1	0	0	0.5	0.5
Ghiozzo dell'Arno	0	1	2	1	0	0.25	0.5	0.25
Ghiozzo padano	0	1	2	1	0	0.25	0.5	0.25
Gobione	0	1	2	1	0	0.25	0.5	0.25
Luccio	0	0	1	2	0	0	0.33	0.67
Rovella	0	0	2	1	0	0	0.67	0.33
Scazzone	3	1	0	0	0.75	0.25	0	0
Tinca	0	0	0	3	0	0	0	1
Vairone	1	3	0	0	0.25	0.75	0	0

Sia le specie indicatrici, sia le classi di appartenenza sopra riportate sono stati indicate dagli esperti incaricati per la redazione della carta di vocazione ittica.

A ogni tratto è stato quindi attribuita una probabilità media di appartenenza a ciascuna classe di vocazione (1, 2, 3 o 4). Successivamente, è stata calcolata la probabilità media di appartenenza a una delle 2 macro-classi di vocazione ittica (1+2 o 3+4).

Il processo di classificazione è consistito quindi in due fasi successive (*2-steps classification*): in una prima fase si sono distinti le due macro-classi di vocazioni, mentre in una seconda fase sono stati formulati i modelli per distinguere la classe 1 dalla 2 e la 3 dalla 4.

In totale, sono stati quindi formulati e applicati 3 modelli differenti come di seguito descritti.

Complessivamente sono stati rilevati i parametri ecologici su 63.689 tratti fluviali; su 197 di questi (ca lo 0,3%) tratti, d'ora in avanti denominati Tratti Campione (TC), è stata rilevata la presenza delle specie indicatrici.

Dei 197 TC, solo per 119 è stato possibile attribuire una delle 4 classi di vocazione con una certa ragionevolezza: 11 sono risultati in classe 1, 29 in classe 2, 69 in classe 3 e 10 in classe 4. Al contrario, è risultato più facile classificarli nelle 2 macro-classi di vocazione (1+2 vs 3+4): 44 in classe 1+2 e 153 in classe 3+4.

Il modello che ha permesso di distinguere i tratti appartenenti alle 2 macro-classi è stato formulato selezionando come variabili predittive l'area e la quota.

		B	ES	Wald	gdl	P	Exp(B)
Variabili	quota media	.009	.002	18.137	1	.000	1.009
	area	-.060	.016	14.946	1	.000	.941
	Costante	-2.170	.710	9.332	1	.002	.114
Statistiche del modello		-2 Log likelihood 115.023		Cox & Snell R Square .380		Nagelkerke R Square .581	
Hosmer-Lemeshow Test		Chi-square 7.166		gdl 8		P .519	

Il modello ha mostrato un comportamento ambivalente in fase di verifica, nonostante una classificazione complessiva ottima (85,8%) e una buona percentuale delle classificazioni dei TC di classe 3+4 (143/153; 93,5%), ha evidenziato un livello di classificazioni corrette piuttosto basso per la classe 1+2 (18/44; 59,1%).

Il modello tende quindi a sovrastimare la presenza di tratti fluviali in classe 3+4. Entrambe le variabili predittive sembrano indicare un effetto negativo sulla probabilità che un TC appartenga alla classe 1+2.

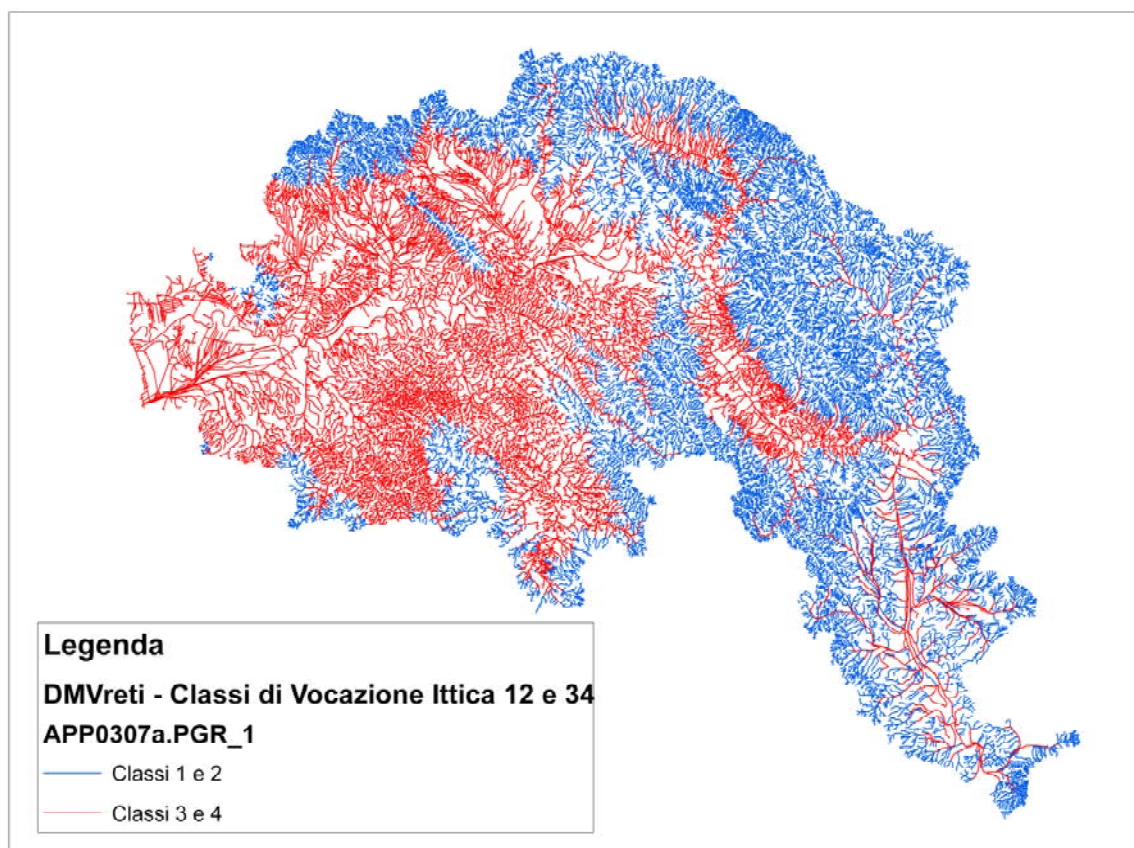


Figura 13 Plot del primo modello.

Nella fase successiva, è stato formulato un modello che discriminasse, all'interno dei TC classificati come 1+2, i tratti a vocazione 1 da quelli a vocazione 2. Il modello, formulato selezionando come variabili predittive l'ordine di Strahler, la lunghezza sottesa, il $q_{7/10}$ e la quota media, ha classificato correttamente tutti i TC (11 in classe 1 e 29 in classe 2).

		B	ES	Wald	gdl	P	Exp(B)
Variabili	quota media	-.613	11.89	.003	1	.959	.542
	strahlerorder	-.225.4	4401.3	.003	1	.959	.000
	lengthsott	.046	.892	.003	1	.959	1.047
	$q_{7/10}$	-102437.4	1985150.5	.003	1	.959	.000
	Costante	794.8	15220.4	.003	1	.958	.114
Statistiche del modello		-2 Log likelihood		Cox & Snell R Square		Nagelkerke R Square	
		.000		.692		1.000	
Hosmer-Lemeshow Test		Chi-square		gdl		P	
		.000		3		1.000	

Tutte le variabili hanno manifestato un effetto negativo sulla probabilità che un tratto fosse in classe 2, tranne lengthstott.

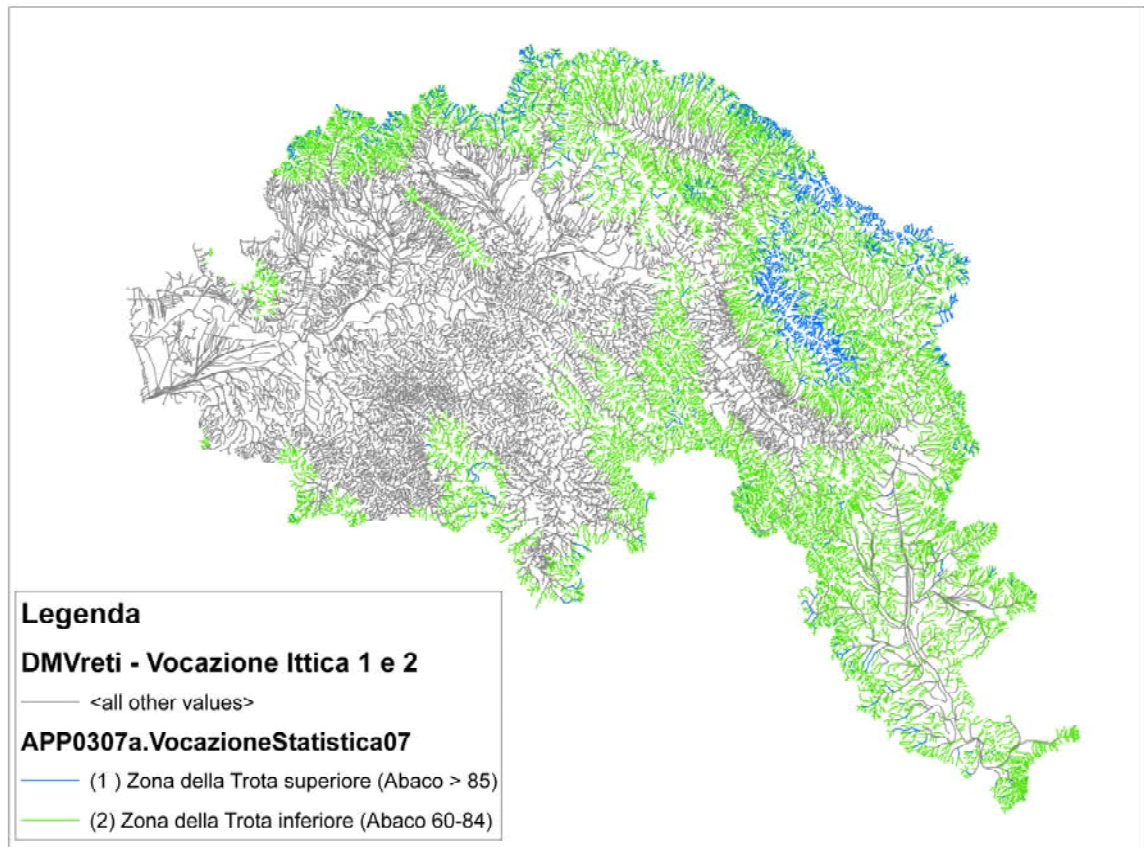


Figura 14 Plot del secondo modello.

Il passaggio finale di classificazione è consistito nella formulazione del modello per discriminare i tratti a classe 3 dai tratti a classe 4. Anche in questo caso il modello, nonostante una classificazione complessiva molto soddisfacente (91,1%), ha avuto una grande capacità discriminatoria per la classe 3 (68/69; 98,6%), ma percentuali molto scarse di classificazioni corrette per la classe 4 (4/10; 40%), confermando la tendenza a sovrastimare la classe 3.

		B	ES	Wald	gdl	P	Exp(B)
Variabili	quota media	-.015	.008	3.652	1	.056	.985
	strahlerorder	.736	.292	6.345	1	.012	2.088
	Costante	-5.020	2.083	5.806	1	.016	.007
Statistiche del modello		-2 Log likelihood		Cox & Snell R Square		Nagelkerke R Square	
		41.319		.211		.396	
Hosmer-Lemeshow Test		Chi-square		gdl		P	
		6.455		8		.596	

Il modello ottenuto si è basato sulla quota e su strahlerorder, con un effetto positivo sull'appartenenza alla classe 4 di strahlerorder e negativo della quota.

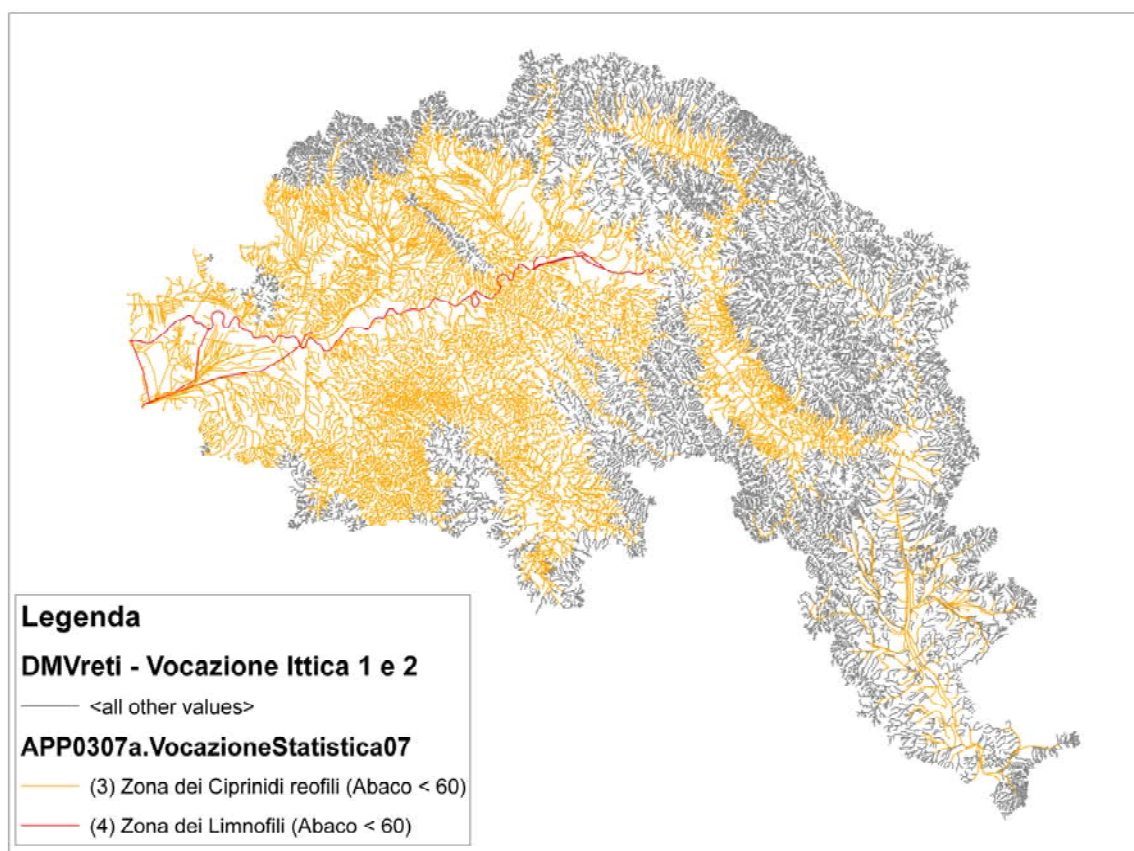


Figura 15 Plot del terzo modello.

Complessivamente, la sequenza di classificazione ha individuato:

- 5599 tratti (1603km) con una maggiore probabilità di appartenere alla classe 1,
- 29597 tratti (10842km) classificati come di classe 2,
- 28263 tratti (11274km) come classe 3
- 230 tratti (205km) come classe 4.

3.2.1 Atlante delle vocazioni ittiche

Nonostante la validità statistica della modellizzazione, è stato necessario filtrare i valori delle classi in modo tale che la classe di ogni singolo tratto non fosse inferiore a quella del tratto a monte. Non avendo riscontri sul dato di presenza/assenza (vedi tabelle VocazioniPerSpecie e Presenze), la classe 5 “Zona delle acque salmastre (sal. > 5x1000)” non viene classificata da questo modello. Il modello filtrato è stato utilizzato per assegnare i valori al campo VocazioneItticaStatistica della feature class DMVReti e quindi ad assegnare ad ogni suo tratto le specie campione con cui eseguire la determinazione del deflusso minimo vitale a scala di bacino.

La sequenza di classificazione filtrata ha individuato:

- 1884 tratti (699km) con una maggiore probabilità di appartenere alla classe 1,
- 33297 tratti (11738km) classificati come di classe 2,
- 28284 tratti (11288km) come classe 3
- 224 tratti (200km) come classe 4.

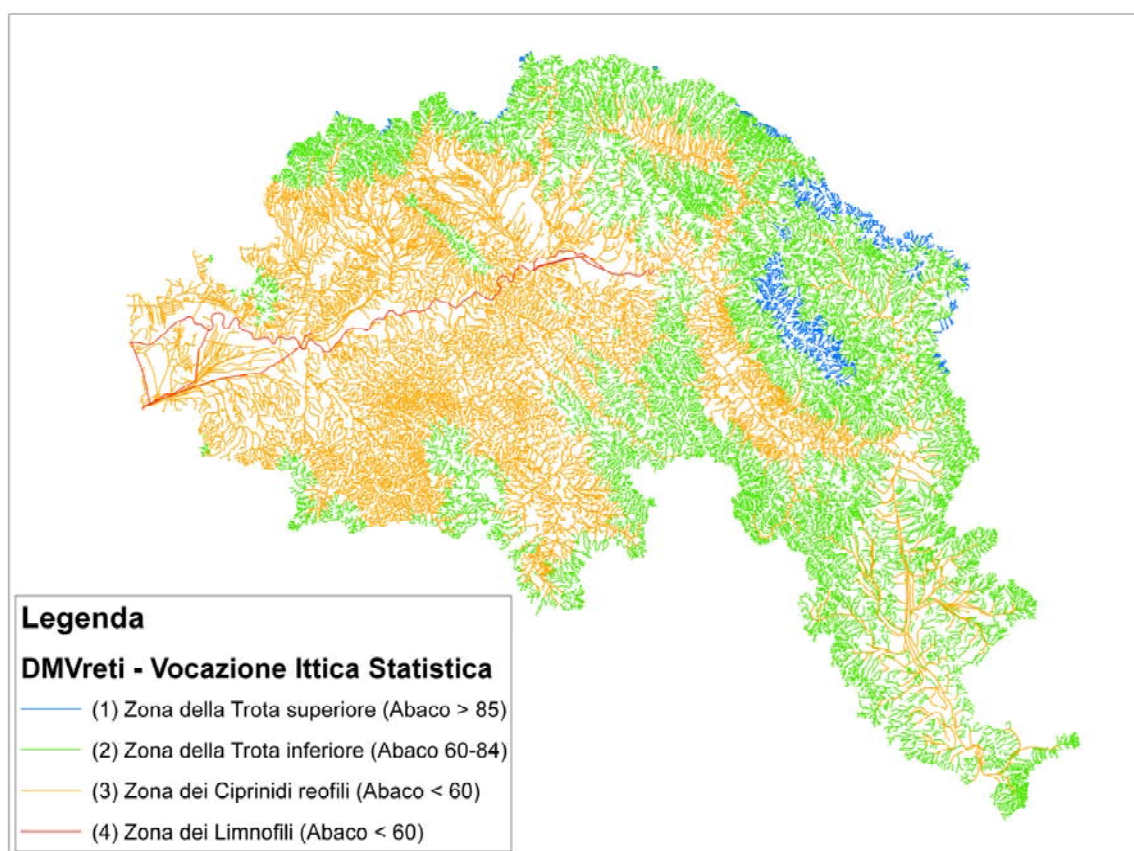


Figura 16 Plot dell’Atlante delle Vocazioni Ittiche.

3.3 Dati geometrici e idraulici delle stazioni IFIM

3.3.1 Stazioni di rilevamento dati per l'applicazione del metodo IFIM completo e campionamento ittico

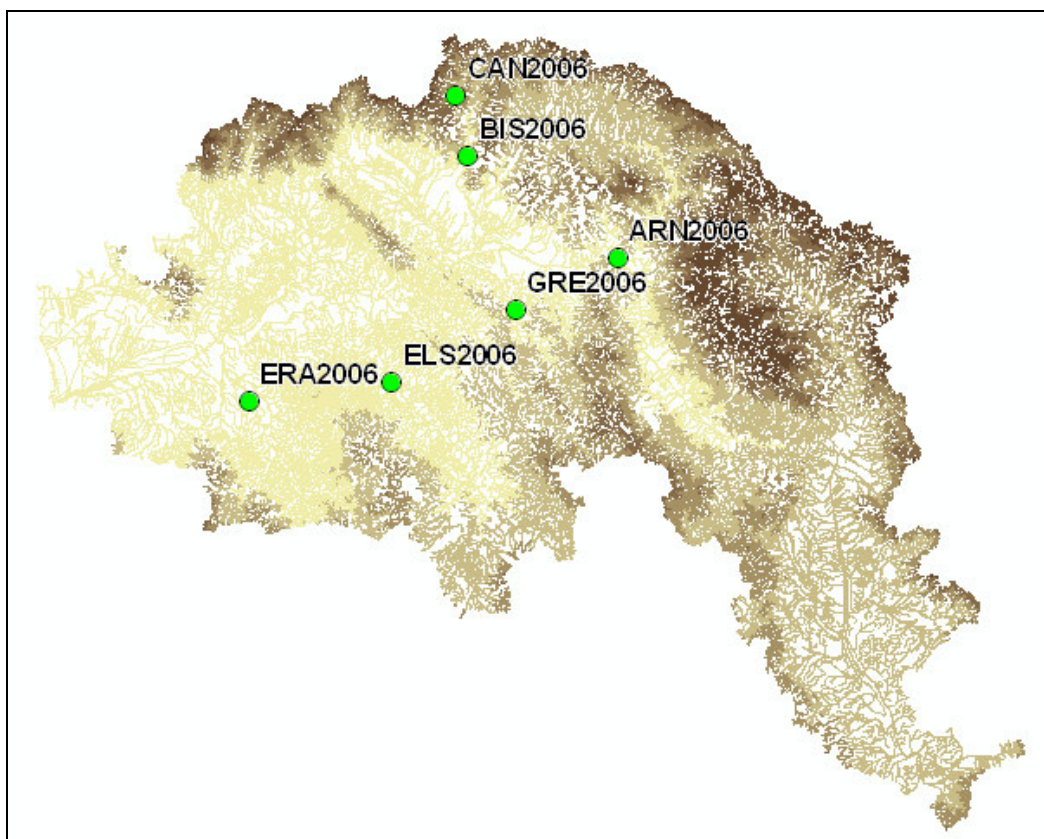


Figura 17 Plot delle stazioni IFIM 2006 contenute nel geodatabase DatiIttiofauna.mdb

Tabella 9 Caratteristiche delle stazioni IFIM ricavate dai dati contenuti nel geodatabase DMVReti

Località	BIS2006	ARN2006	GRE2006	ELS2006	CAN2006	ERA2006
IDTRATTO	10755	21062	27728	35633	2588	39867
AREA bacino Km ²	151.831	4065.575	127.426	777.731	1.583	335.429
Portata Q _{7/10} (m ³ /s)	0.198	1.992	0.001	0.648	0.002	0.095
Portata Q ₂₉₂ (m ³ /s)	0.281	13.196	0.200	2.346		0.887
Portata Q ₁₈₃ (m ³ /s)	1.127	42.510	0.946	6.099		2.520
DIREZIONE	181	322	345	314	344	350
BFI	39.070	39.790	35.730	49.690	37.000	32.010
VOCAITTI	4	4	4	4	1	4
SlopeP	0.014	0.047	0.030	0.014	0.032	0.022
QuotaMediaP	96.044	73.134	81.693	46.963	535.670	28.355
StrahlerOrder	6	8	5	6	4	7

Tabella 10 Tempistica del rilevamento dati e portate misurate per l'applicazione del metodo IFIM completo.

Data	Corso	ID_STAZIONE	azione	Portata (m³/s)
19/05/2005	Bisenzio	BIS2006	Ubicazione e prima lettura	1.298
12/05/2006	Greve	GRE2006	Ubicazione e prima lettura	0.627
25/05/2006	Era	ERA2006	Ubicazione e prima lettura	0.368
09/06/2006	Elsa	ELS2006	Ubicazione e prima lettura	1.644
22/06/2006	Bisenzio	BIS2006	Seconda lettura	0.423
22/06/2006	Greve	GRE2006	Seconda lettura	0.029
29/06/2006	Arno	ARN2006	Ubicazione e prima lettura	4.748
06/07/2006	Elsa	ELS2006	Seconda lettura	1.268
06/07/2006	Era	ERA2006	Seconda lettura	0.037
15/09/2006	Arno	ARN2006	Seconda lettura	12.822
06/10/2006	Canvella	CAN2006	Ubicazione e prima lettura	0.002
23/11/2006	Canvella	CAN2006	Seconda lettura	0.041
01/12/2006	Elsa	ELS2006	Terza lettura	1.388
01/12/2006	Era	ERA2006	Terza lettura	0.465
01/12/2006	Greve	GRE2006	Terza lettura	0.299
15/12/2006	Bisenzio	BIS2006	Terza lettura	2.268
15/12/2006	Canvella	CAN2006	Terza lettura	0.018

3.3.2 Dati delle geometrie e dell'habitat

GDB DatiIttiofauna.mdb Stazioni.ID_STAZION =GRE2006 Fiume GREVE

Località Scopeti

Dati contenuti in Dati\IFIM\CanvellaDagnana.xls



Figura 18 Panoramica Torrente Canvella

GDB DatiIttiofauna.mdb Stazioni.ID_STAZION =GRE2006 Fiume GREVE

Località Scopeti

Dati contenuti in Dati\IFIM\GreveScopeti.xls



Figura 19 Panoramica della stazione

GDB DatiIttiofauna.mdb Stazioni.ID_STAZION =BIS2006 Fiume BISENZIO

Località Gamberame

Dati contenuti in Dati\IFIM\BisenzioGamberame.xls



Figura 20 Panoramica della stazione e transetto

GDB DatiIttiofauna.mdb Stazioni.ID_STAZION = ERA2006 Fiume ERA

Località Capannoli

Dati contenuti in Dati\IFIM\EraCapannoli.xls



Figura 21 Panoramica e posizionamento transetto

GDB DatiIttiofauna.mdb Stazioni.ID_STAZION = ELS2006 Fiume ELSA

Località Castelfiorentino

Dati contenuti in Dati\IFIM\ElsaCastelfiorentino.xls



Figura 22 Panoramica e lettura transetto

GDB DatiIttiofauna.mdb Stazioni.ID_STAZION = ARN2006 Fiume ARNO

Località Rosano

Dati contenuti in Dati\IFIM\ArnoRosano.xls



Figura 23 Panoramica transetto

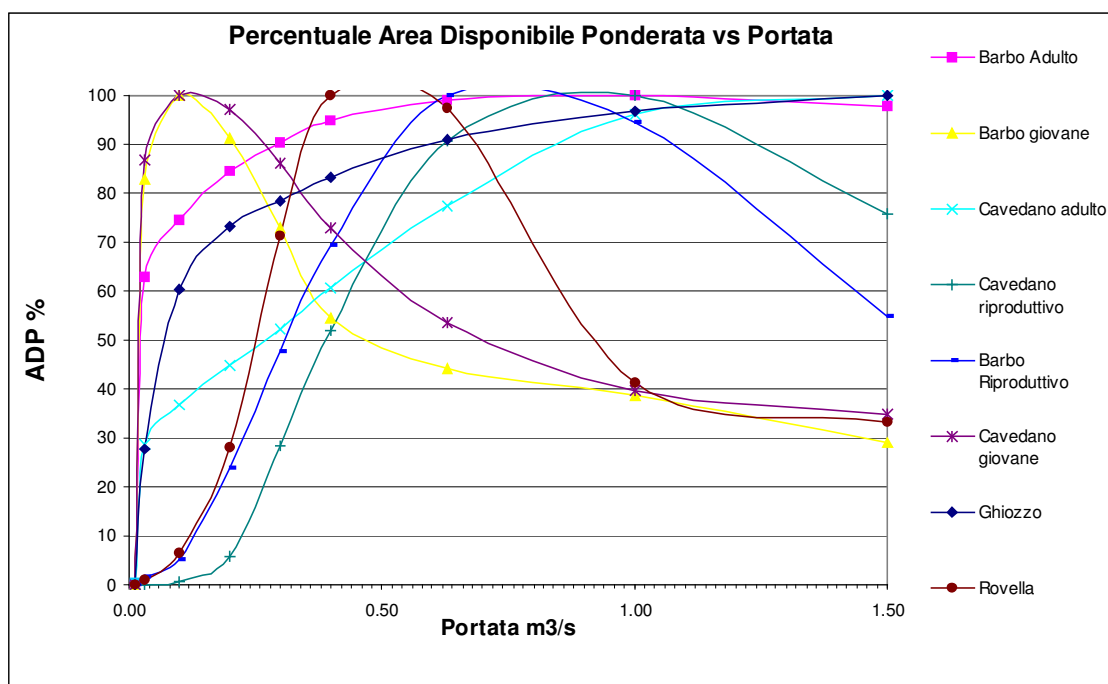
3.4 Calcolo del DMV su base biologica

Greve Stazione GRE2006

Percentuale ADP ottimale

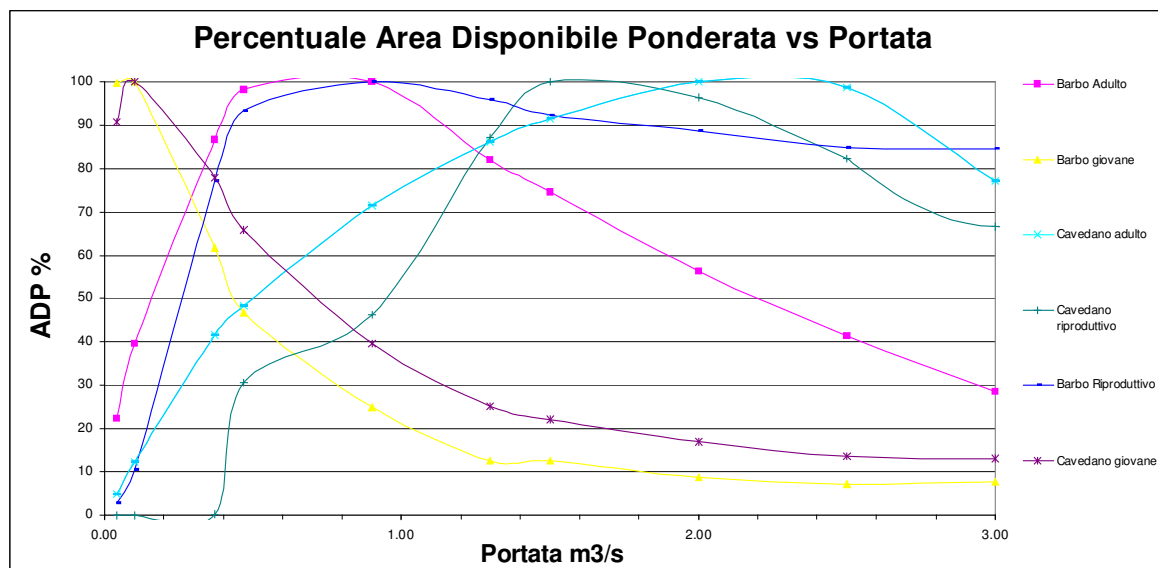
Q(m ³ /s)	Barbo Adulto	Barbo giovane	Barbo riproduttivo	Cavedano adulto
0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
0.030	62.921	82.873	1.661	28.653
0.100	74.623	100.000	5.207	36.685
0.200	84.428	91.434	23.718	44.953
0.300	90.468	72.867	47.663	52.387
0.400	94.717	54.529	69.407	60.748
0.630	99.172	44.303	100.000	77.467
1.000	100.000	38.680	94.489	96.186
1.500	97.698	29.029	54.744	100.000

Q(m ³ /s)	Cavedano giovane	Cavedano riproduttivo	Ghiozzo	Rovella
0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
0.030	86.900	0.000	27.842	1.032
0.100	100.000	0.506	60.272	6.587
0.200	96.956	5.965	73.080	28.153
0.300	86.073	28.354	78.295	71.409
0.400	72.990	51.924	83.324	100.000
0.630	53.493	90.497	90.821	97.287
1.000	39.749	100.000	96.760	41.182
1.500	34.905	75.668	100.000	33.227



Era Stazione ERA2006
Percentuale ADP ottimale

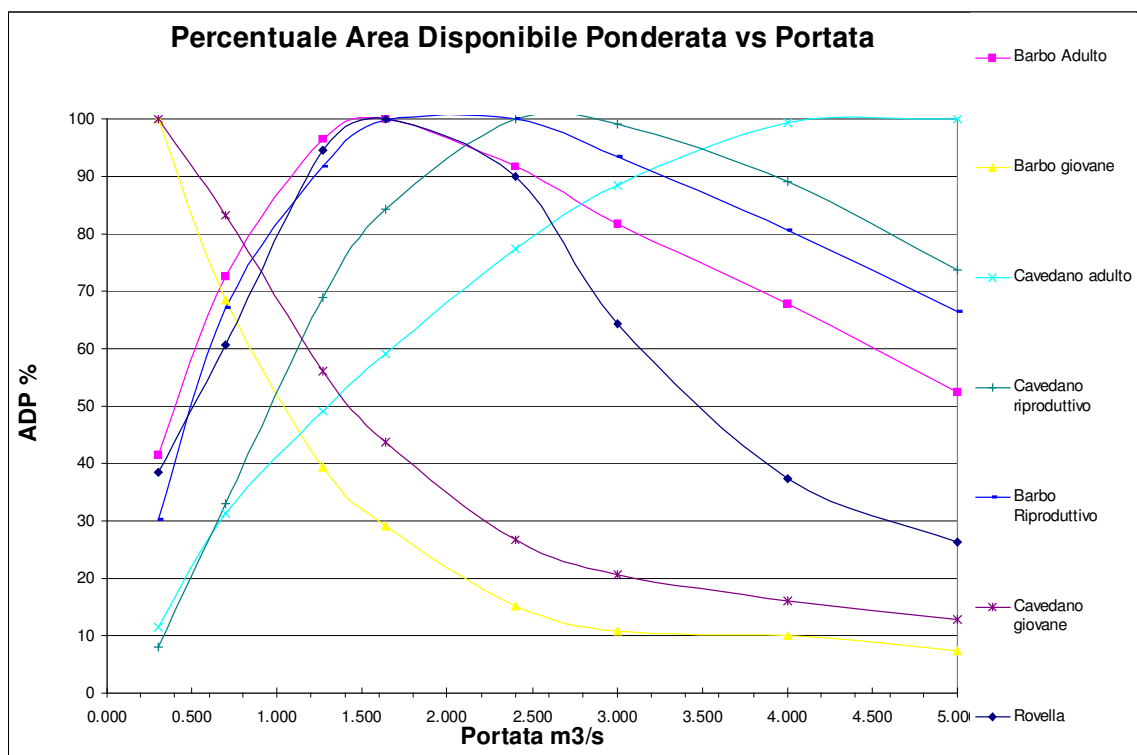
Q(m ³ /s)	Barbo Adulto	Barbo giovane	Barbo riproduttivo
0.040	22.258	99.706	2.700
0.100	39.514	100.000	10.512
0.370	86.649	61.652	77.077
0.470	98.111	46.847	93.278
0.900	100.000	24.944	100.000
1.300	81.967	12.590	95.796
1.500	74.557	12.652	92.184
2.000	56.276	8.785	88.732
2.500	41.387	7.326	84.771
3.000	28.418	7.837	84.572
Q(m ³ /s)	Cavedano adulto	Cavedano giovane	Cavedano riproduttivo
0.040	4.902	90.673	0.000
0.100	12.355	100.000	0.129
0.370	41.700	77.974	30.539
0.470	48.229	65.915	46.210
0.900	71.441	39.510	87.252
1.300	86.120	25.133	100.000
1.500	91.449	22.234	96.343
2.000	100.000	17.093	82.281
2.500	98.702	13.506	66.624
3.000	77.200	13.066	56.561



Elsa Stazione ELS2006

Percentuale ADP ottimale

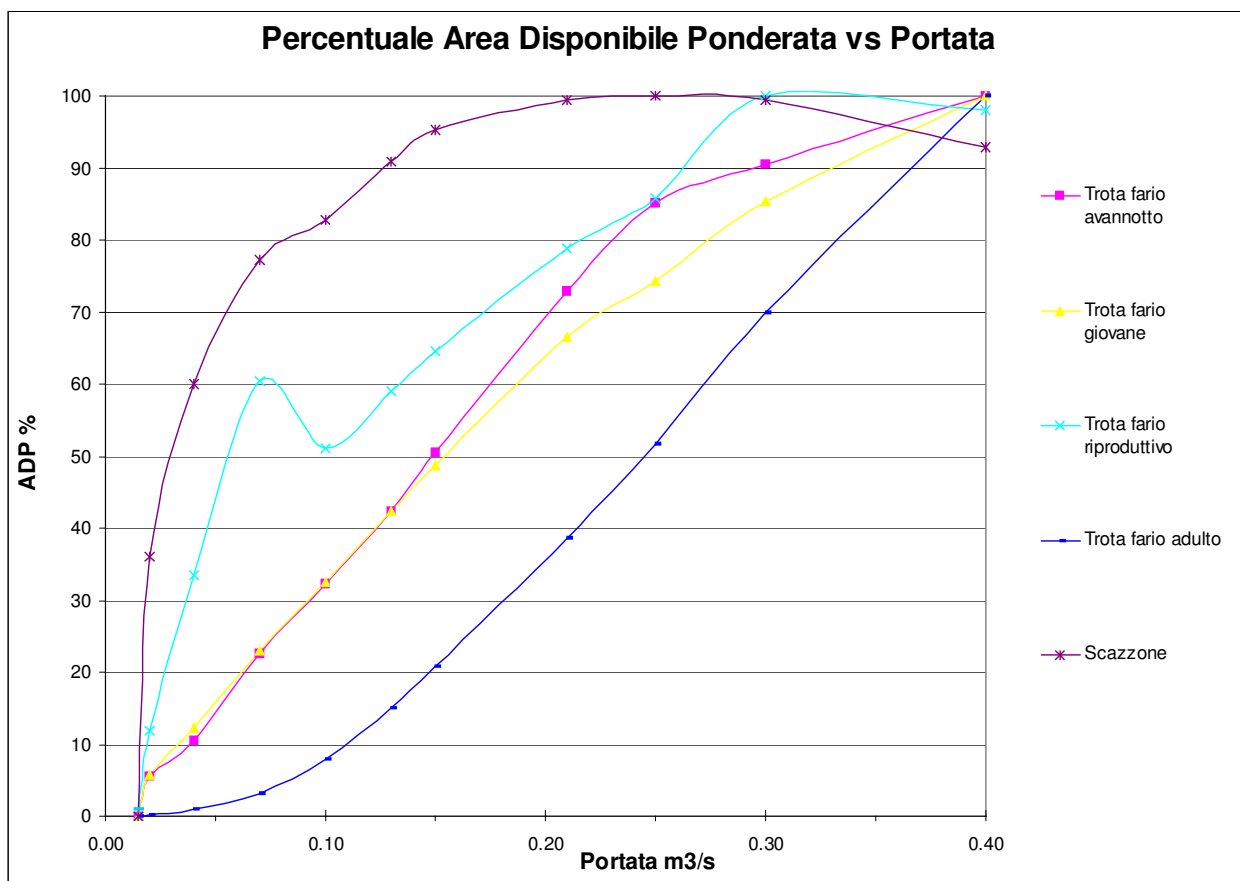
Q(m ³ /s)	Barbo Adulto	Barbo giovane	Barbo riproduttivo	Rovella
0.300	41.443	100.000	30.181	38.524
0.700	72.614	68.527	67.177	60.742
1.270	96.605	39.377	91.689	94.529
1.640	100.000	29.220	99.802	100.000
2.400	91.779	15.198	100.000	90.002
3.000	81.793	10.958	93.504	64.432
4.000	67.719	9.983	80.548	37.306
5.000	52.393	7.436	66.461	26.261
Q(m ³ /s)	Cavedano adulto	Cavedano giovane	Cavedano riproduttivo	
0.300	11.471	100.000	8.044	
0.700	31.365	83.154	32.988	
1.270	49.055	56.039	68.812	
1.640	59.063	43.798	84.398	
2.400	77.456	26.721	100.000	
3.000	88.498	20.548	99.135	
4.000	99.276	16.133	89.144	
5.000	100.000	12.747	73.775	



Canvella Stazione CAN2006

Percentuale ADP ottimale

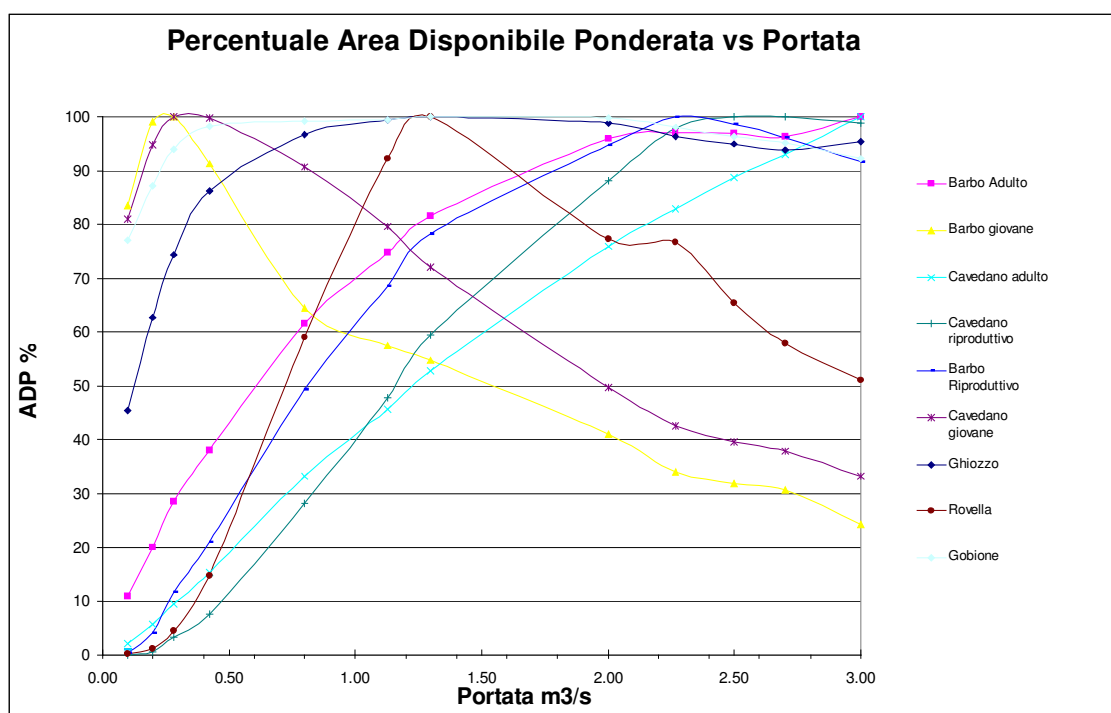
Q(m³/s)	Trota fario avannotto	Trota fario giovane	Trota fario adulto	Trota fario riproduttivo	Scazzone
0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.020	5.494	5.713	0.117	11.890	36.015
0.040	10.450	12.312	0.957	33.475	60.008
0.070	22.654	22.992	3.147	60.297	77.244
0.100	32.269	32.381	7.950	51.183	82.772
0.130	42.296	42.423	14.964	59.009	90.950
0.150	50.406	48.788	20.814	64.492	95.281
0.210	72.842	66.466	38.692	78.829	99.416
0.250	85.067	74.343	51.741	85.669	100.000
0.300	90.517	85.290	69.812	100.000	99.309
0.400	100.000	100.000	100.000	98.085	92.945



Bisenzio Stazione BIS2006
Percentuale ADP ottimale

Q(m ³ /s)	Barbo Adulto	Barbo giovane	Barbo riproduttivo	Ghiozzo	Rovella
0.10	10.7977	83.4463	0.4037	45.3981	0.2634
0.20	20.0266	98.9950	4.0443	62.6783	1.2407
0.28	28.5057	100.0000	11.6970	74.2752	4.4887
0.42	37.9862	91.2872	20.9122	86.2644	14.7958
0.80	61.6042	64.4601	49.3293	96.7366	58.9861
1.13	74.7288	57.5509	68.5176	99.4705	92.2232
1.30	81.6190	54.6884	78.2758	100.0000	100.0000
2.00	96.0028	40.9760	94.7879	98.7589	77.3230
2.27	97.0010	33.9343	100.0000	96.3692	76.6136
2.50	96.9555	31.9319	98.6474	94.8653	65.3724
2.70	96.4054	30.6987	96.1250	93.8780	57.9469
3.00	100.0000	24.3298	91.6066	95.3969	51.1604

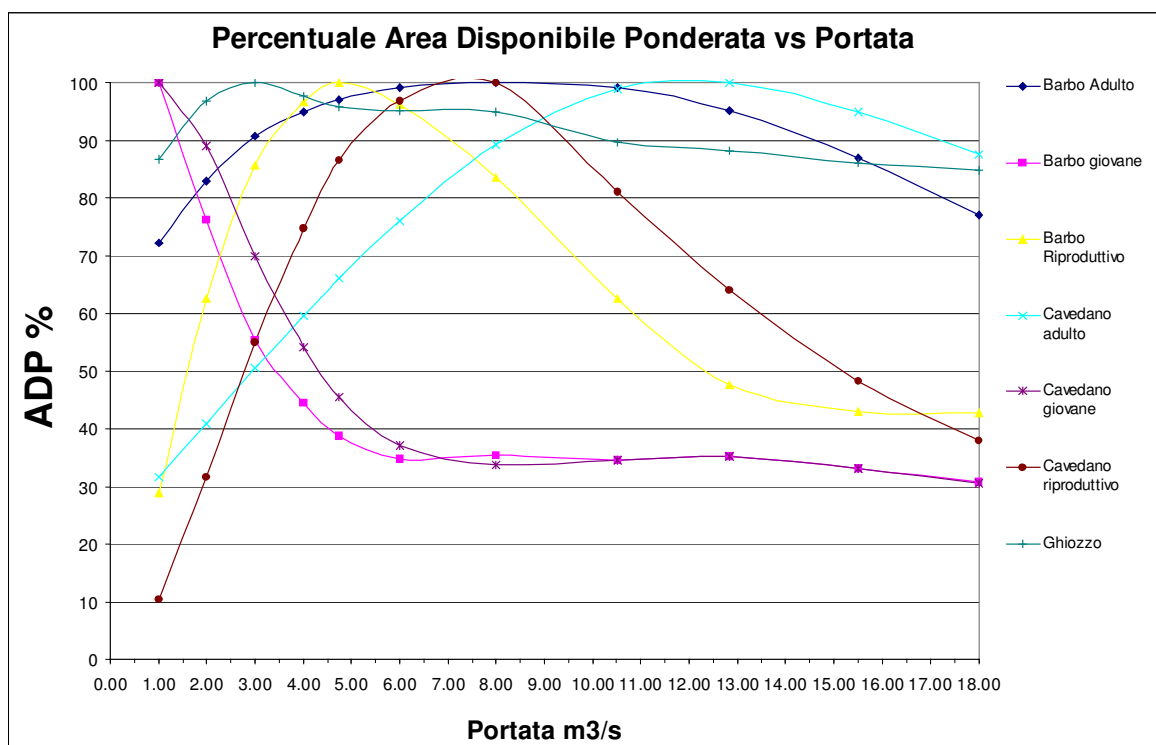
Q(m ³ /s)	Cavedano adulto	Cavedano giovane	Cavedano riproduttivo	Gobione
0.10	2.1552	80.9195	0.0508	76.9976
0.20	5.6348	94.8538	0.6058	87.1013
0.28	9.6015	100.0000	3.2973	94.0609
0.42	15.3974	99.8723	7.5613	98.2210
0.80	33.1616	90.7547	28.2181	99.1946
1.13	45.5899	79.5832	47.7906	99.4375
1.30	52.8575	72.0590	59.5142	100.0000
2.00	75.8493	49.7186	88.1748	99.7663
2.27	82.8184	42.4830	97.8734	97.9796
2.50	88.7634	39.6574	100.0000	96.2312
2.70	92.9872	37.9449	99.9364	95.1614
3.00	100.0000	33.1563	98.9239	92.2151



Arno Stazione ARN2006
Percentuale ADP ottimale

Q(m ³ /s)	Barbo Adulto	Barbo giovane	Barbo riproduttivo
1.00	72.309	100.000	28.748
2.00	83.040	76.257	62.434
3.00	90.788	55.363	85.726
4.00	95.002	44.325	96.725
4.75	97.107	38.817	100.000
6.00	99.062	34.796	96.306
8.00	100.000	35.388	83.510
10.50	99.244	34.591	62.461
12.82	95.128	35.199	47.584
15.50	86.896	33.005	42.999
18.00	76.957	30.638	42.778

Q(m ³ /s)	Cavedano adulto	Cavedano giovane	Cavedano riproduttivo	Ghiozzo
1.00	31.612	100.000	10.289	86.698
2.00	40.784	89.110	31.663	96.780
3.00	50.529	69.982	54.994	100.000
4.00	59.651	54.146	74.700	97.708
4.75	66.115	45.493	86.613	95.875
6.00	76.071	37.127	96.828	95.166
8.00	89.363	33.754	100.000	94.999
10.50	99.045	34.448	81.115	89.756
12.82	100.000	35.090	64.048	88.137
15.50	94.973	33.041	48.158	86.145
18.00	87.656	30.610	37.978	84.781



3.5 Alcune osservazioni preliminari sull'analisi dell'area disponibile ponderata e sulla stagionalità del DMV

Occorre tener conto del fatto che sia le portate sia gli stadi vitali hanno una loro variazione stagionale naturale: un confronto fra queste stagionalità unita alla possibile migrazione degli individui adulti porta a una valutazione del DMV, non come valore unico di portata o range da rispettare per tutto l'anno, ma al suo andamento stagionale che permette di gestire la risorsa idrica, rispettando i cicli biologici, fisici e naturali.

La necessità di modulare il DMV in funzione dei cicli biologici ha portato a determinare le criticità mensili delle due specie target (Barbo e Cavedano): è stata evidenziata la presenza dei vari stadi vitali (giovanile, riproduttivo e adulto) nel corso di un anno.

Tabella 11 Andamento mensile delle criticità

G = giovanile R = riproduzione A = adulto												
STADI CRITICI	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
Cavedano	A	A	A	R	R/G	G	G	G	G	A	A	A
Barbo	A	A	A	R	R/G	R/G	G	G	G	A	A	A

Ottenuti i valori di portata relativi alle varie percentuali di ADP per le due specie studiate e per i tre stadi vitali considerati, è stato schematizzato l'andamento mensile delle criticità per specie e stadio vitale, quindi, presi i valori di DMV relativi alle criticità, è stato elaborato un grafico dei risultanti valori mensili del DMV indicato come percentuale di ADP ottimale. Nel grafico sono state inserite anche le portate medie e minime mensili della Stazione di misura Ponte del Bilancino (Autorità di bacino del Fiume Arno, 2001) da cui si evidenzia una corrispondenza fra il DMV e il regime di portata.

Tabella 12 Portate relative alle varie percentuali di ADP

Q(m3/s)	Cavedano Adulto	Cavedano Novellame	Cavedano Riproduttivo	Barbo Adulto	Barbo Novellame	Barbo Riproduttivo
Portata al 25% ADP	0.74	0.01	0.61	0.20	0.01	0.33
Portata al 50% ADP	1.55	0.03	1.00	0.52	0.03	0.57
Portata al 75% ADP	2.55	0.07	1.49	0.99	0.06	0.89
Portata al 100% ADP	6.00	0.30	3.00	3.00	0.30	1.98

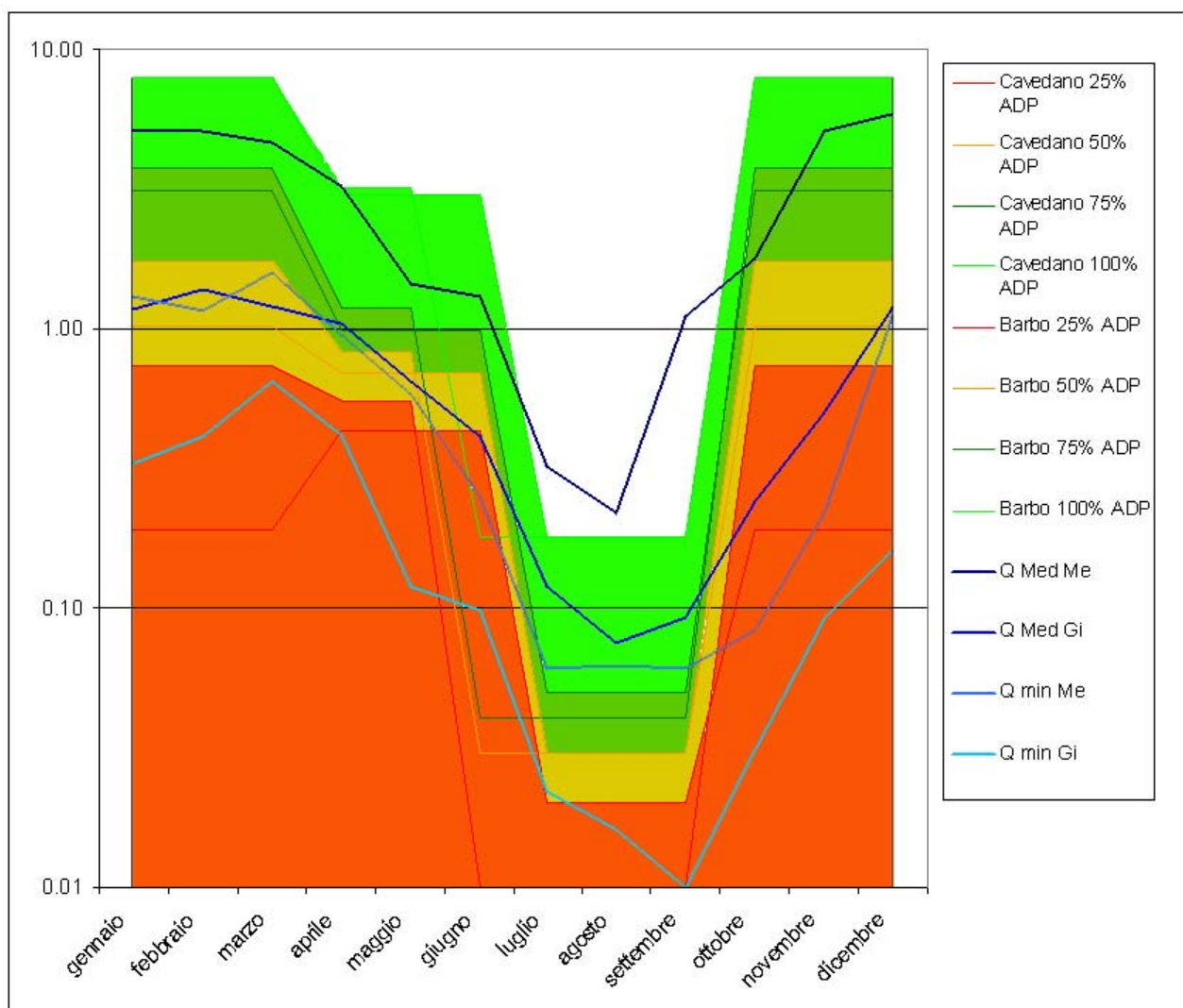


Figura 24 Grafico dell'andamento stagionale del DMV a varie percentuali di ADP e confronto con le portate naturali minime e massime per la stazione GDB DatiIttiofauna.mdb Stazioni.ID_STAZION = Sieve01 Fiume SIEVE Località Camping Mugello Verde.

Dal grafico relativo all'andamento stagionale delle portate e del DMV si può notare come il DMV corrispondente al 75% del valore massimo di ADP non scenda mai al di sotto della portata minima mensile naturale e che l'andamento stagionale del DMV che tiene conto delle criticità ricalchi quello delle portate naturali.

Il risultato di uno studio del DMV è spesso un numero fisso, non modulato nel corso dei mesi e quindi, in questa forma, non rappresenta un punto di riferimento per la protezione della fauna ittica, anche quando è stato condotto su base biologica. Si ritiene che un esclusivo interesse ai valori di portata, senza un'attenta valutazione delle diverse

necessità delle specie ittiche a seconda delle stagioni, oltre che degli altri parametri fisico-ambientali caratterizzanti un corso d'acqua, come la temperatura o la qualità dell'acqua, sarebbe fuorviante per una corretta gestione e salvaguardia di un intero sistema fluviale.

E' opportuno sottolineare infatti che il Metodo dei Microhabitat (IFIM) prevede nelle sue linee concettuali che, al variare delle portate, la qualità delle acque rimanga entro limiti tollerabili per le entità faunistiche presenti. Questo concetto è tuttavia valido solo in linea teorica, data l'importanza dell'effetto diluizione sugli inquinanti e della velocità dell'acqua sulla concentrazione dell'ossigeno, solo per citare due esempi, parametri entrambi legati al variare della portata. Il deflusso minimo vitale basato unicamente su parametri idraulici e biologici non permette quindi una previsione accurata di criticità legate a parametri chimico-fisici.

4 Conclusioni

Il progetto, nella parte di nostra competenza, è stato pienamente sviluppato. E' ora necessario attivare la parte di affiancamento al personale dell'AdB per ultimare l'obiettivo finale della ricerca ovvero la determinazione del deflusso minimo vitale su base biologica per tutti i tratti del Bacino del Fiume Arno.

Il risultato di uno studio del DMV è spesso un numero fisso, non modulato nel corso dei mesi e quindi, in questa forma, non rappresenta un punto di riferimento per la protezione della fauna ittica, anche quando è stato condotto su base biologica. Si ritiene che un esclusivo interesse ai valori di portata, senza un'attenta valutazione delle diverse necessità delle specie ittiche a seconda delle stagioni, oltre che degli altri parametri fisico-ambientali caratterizzanti un corso d'acqua, come la temperatura o la qualità dell'acqua, sarebbe fuorviante per una corretta gestione e salvaguardia di un intero sistema fluviale.

E' opportuno sottolineare infatti che il Metodo dei Microhabitat (IFIM) prevede nelle sue linee concettuali che, al variare delle portate, la qualità delle acque rimanga entro limiti tollerabili per le entità faunistiche presenti. Questo concetto è tuttavia valido solo in linea teorica, data l'importanza dell'effetto diluizione sugli inquinanti e della velocità dell'acqua sulla concentrazione dell'ossigeno, solo per citare due esempi, parametri entrambi legati al variare della portata. Il deflusso minimo vitale basato unicamente su parametri idraulici e biologici non permette quindi una previsione accurata di criticità legate a parametri chimico-fisici.

5 Linee guida

5.1 Le Vocazioni Ittiche: definizione

Il concetto di vocazione ittica è legato alla suddivisione in zone di un corso d'acqua che, presentando condizioni ambientali diverse, sono caratterizzate da una propria comunità ittica. Un importante tentativo di classificazione dei corsi europei fu fatto da M. Huet (1949) che individuò quattro zone ittiche basandosi principalmente sulla pendenza del fiume.

Questo tipo di suddivisione è però poco adattabile alle caratteristiche morfologiche e idrologiche del nostro territorio ed è quindi stata rielaborata nella Carta Ittica Regionale (R. Auteri *et al.*, 1995) dove viene proposta come Carta delle Vocazioni Ittiche, basata su ricerche che prendono in considerazione parametri geografici, idrologici, chimici e biologici, tenendo conto della realtà toscana.

Sono state stabilite ben cinque zone ittiche, la definizione delle prime quattro delle quali è riportata testualmente dalla pubblicazione sopracitata. E' importante ricordare che anche quando la denominazione di una particolare vocazione fa riferimento ad una specie, si tratta comunque non di una corrispondenza univoca: la vocazione a trota non ospita unicamente questa specie ma è un'indicazione di un certo tipo di ambiente, come qui di seguito spiegato in dettaglio.

- **Zona a Trota superiore:** la Trota fario e, quando presente, lo Scazzone, costituiscono le specie caratteristiche di questa zona. Tali aree, di solito localizzate in ambienti complessivamente integri e meritevoli di essere protetti, sono caratterizzate da corsi d'acqua a bassa produttività (oligotrofici) e ridotta velocità di crescita individuale degli esemplari salmonicoli; anche l'attività di pesca, se ammessa, deve essere strettamente controllata.

- **Zona a Trota inferiore:** la Trota fario e il Vairone sono le specie caratteristiche di questa zona. È il tipo di zonazione salmonicola più diffuso in Toscana, con una produttività più elevata rispetto alla zona ittica superiore e con una maggiore velocità di crescita individuale della Trota. In queste zone, se necessario, potrebbero essere creati campi di gara per la pesca della Trota.

• **Zona dei Ciprinidi superiori:** il Barbo è la specie caratterizzante questa Zona. È una tipologia molto diffusa in Toscana; in alcune aree è presente in zone collinari molto suggestive e complessivamente integre per cui potrebbero essere individuate alcune aree di particolare interesse naturalistico-piscatorio sulle quali estendere qualche forma di protezione. Tali aree protette potrebbero così costituire una fonte di irradiazione naturale di pesce pregiato verso aree vicine, oppure da tali zone potrebbero essere prelevati gli esemplari per ricostituire il patrimonio ittico di corsi d'acqua appartenenti alla stessa tipologia ittica ma più o meno impoveriti. In questo modo potrebbero essere evitate forme di “ripopolamento” inopportune e scorrette, come ad esempio il reperimento di materiale di immissione da distretti ittiofaunistici diversi da quello a cui è destinato.

• **Zona dei Ciprinidi inferiori:** le specie caratteristiche di questa tipologia ittica sono la Carpa e la Tinca, presenti nella parte inferiore dei corsi d'acqua caratterizzati da bassa velocità di corrente, scarso contenuto di ossigeno disciolto e molto spesso in condizioni di eutrofia più o meno marcata. Queste aree sono inoltre caratterizzate di solito da un tasso di inquinamento più o meno accentuato di varia origine.

• **Zona delle acque salmastre**

In queste aree sono temporaneamente presenti forme ittiche eurialine (particolarmente abbondanti sono gli esemplari appartenenti ai generi *Mugil*, *Liza* e *Atherina*). Sono inoltre localizzate in queste zone specie ittiche altamente pregiate quali la spigola (*Dicentrarchus labrax*), la sogliola (*Solea vulgaris*), la mormora (*Lithognathus moryrus*) e l'orata (*Sparus aurata*). Le zone salmastre sono inoltre interessate in particolari periodi dalla risalita delle forme giovanili delle anguille (cieche). Informazioni più dettagliate sui periodi di comparsa delle forme giovanili di specie eurialine alla foce dei fiumi toscani sono riportate nel lavoro specifico “Osservazioni sulla risalita di alcune specie di novellame lungo la costa tirrenica da S.Vincenzo a Bocca d'Arno” (Auteri et al. 1985). In Toscana le zone salmastre più importanti, oltre alle aree lagunari come quella di Orbetello, sono situate alle foci dei fiumi più grandi quali l'Arno, il Serchio e l'Ombrone (comprese le canalizzazioni costiere ad essi collegate).

5.2 Vocazioni Statistiche e relazione con le specie target

E' necessario fare alcune premesse che permettano un corretto quanto spedito utilizzo del modello statistico che ha permesso di definire le quattro Vocazioni Statistiche (VS) per tutti i tratti di corsi d'acqua del Bacino del Fiume Arno. Come più volte sottolineato, le VS permettono di ricondurre a specie target a cui far riferimento, tramite le loro curve di idoneità, per il calcolo del deflusso minimo vitale su base biologica. Il reticolo dei corsi d'acqua ha dei punti di controllo delle portate (chiusura di controllo - IDCRTICO) che delimitano delle aree a monte, non definite su base ecologica, in cui coesistono tratti a vocazione statistica differente, nasce quindi l'esigenza di conciliare tale suddivisione con una o due VS predominanti, ossia di fare riferimento ad una unica specie target.

Nonostante tutti i tratti di chiusura di controllo degli IDCRTICI ricadano in VS 3 o 4 i tratti sottesi possono avere una proporzione variabile di VS ricadente in 1, 2, 3 o 4. Tra i principi utili per determinare quale sia la specie e/o lo stadio vitale target è quello di considerare come predominante la VS che un dato IDCRTICO presenta, ossia la percentuale maggiore di lunghezza, tenendo anche in debito conto le caratteristiche altimetriche e di pendenza (Tabella 13).

Zona a Trota superiore - Vocazione Statistica 1: l'unica area geografica riconducibile a questa vocazione è quella del Casentino; le altre aree isolate e di dimensioni ridotte, vanno considerate nella vocazione a Trota inferiore. Occorre precisare che la Trota fario si accoppia e rilascia le proprie uova IN PERIODO INVERNALE, contrariamente a quanto visto per le specie di Ciprinidi che invece hanno il loro periodo riproduttivo in primavera, quindi nelle aree così vocate si può utilizzare lo stadio vitale "riproduttivo" per i mesi invernali, mentre per i mesi estivi sarà opportuno fare riferimento allo stadio vitale "novellame". E' pur vero che le frequenti interruzioni di continuità fluviale hanno reso estremamente raro il fenomeno di risalita ed il conseguente reclutamento naturale di questa specie che tuttavia viene sostituito da semine di avannotti da parte degli Uffici Pesca.

Zona a Trota inferiore - Vocazione Statistica 2: si può utilizzare il Vairone. Benchè questa specie possa essere rinvenibile in tratti tanto in VS 2 che 3, quest'ultima è da considerarsi un'anomalia dovuta a pratica alieutica (= tecniche di miglioramento della potenzialità piscatoria) ad opera degli Uffici Pesca Provinciali. Per quanto riguarda la Trota, dati storici portano a considerare questa specie alloctona in gran parte del Bacino del Fiume Arno, fatta eccezione per il Casentino. Tuttavia non si può ignorare che la classificazione delle acque in vigore (e in via di revisione a breve) prevede un'estensione della "Zona a Trota" più ampia di quella vocata, ossia, per soddisfare le esigenze della pesca sportiva, vengono spesso introdotte Trote anche dove il tratto sarebbe maggiormente adatto ad altre specie e quindi in realtà la Trota fario è ampiamente presente in aree a VS non riferibile a questa entità faunistica.

Un discorso a parte per lo Scazzone che è confinato unicamente nell'alto tratto dell'Ombrone Pistoiese e negli affluenti del Torrente Bisenzio nel pratese, e quindi, pur essendo un ottimo indicatore ambientale, non può essere utilizzato indiscriminatamente ogni qual volta siamo in presenza di tratti in quota ma occorre limitare l'utilizzo delle curve di preferenza riferibili a questa specie unicamente nelle aree in cui questa rara specie è presente. Occorre fare una precisazione riguardo alla presenza di questa specie: la mobilità è estremamente limitata e quindi là dove vi sono popolazioni, i corsi d'acqua interessati sono da considerarsi PERENNI: da qui nasce una diretta conseguenza riguardo alla delicatezza di questa entità protetta, ossia che in caso di disseccamento del tratto la popolazione si estingue.

Zona dei Ciprinidi superiori (Ciprinidi reofili) – Vocazione Statistica 3: nella maggior parte dei casi si fa riferimento al Barbo come specie target. In considerazione delle caratteristiche altimetriche e di pendenza di alcune aree di criticità, si è valutata come specie target il Cavedano anziché il Barbo (Tabella 14). Bisogna precisare che per i tratti ricadenti in questa VS occorrerà tenere conto non solo dello stadio vitale "adulto" delle specie target, ma in base alle puntualizzazioni fatte sulla stagionalità degli eventi di portata, anche degli stadi vitali "novellame" e "riproduttivo" che incidono maggiormente negli affluenti dell'asta principale dell'Arno in gran parte ricadenti in questa VS.

Zona dei Ciprinidi inferiori (Ciprinidi limnofili) – Vocazione Statistica 4: difficilmente gestibile con questa metodologia (tratti a valle di Firenze). Tuttavia per quei tratti che ricadono in VS 4 si può utilizzare Cavedano adulto.

• **Zona delle acque salmastre**

Questa ultima non viene classificata da questo modello in quanto è stata definita in base al solo chimismo delle acque (salinità superiore al 5‰) e, non avendo riscontri sul dato di presenza/assenza (vedi tabelle VocazioniPerSpecie e Presenze), la classificazione sarebbe risultata del tutto errata. A ciò si aggiunge la difficoltà che per le specie salmastre non è possibile riscontrare curve di idoneità per i parametri ambientali utilizzati (velocità, profondità).

In conclusione occorre fare ancora alcune precisazioni:

1. la disponibilità della risorsa misurata per i tratti di chiusura di controllo degli IDCRTICI rappresenta la portata disponibile sulla sezione di valle di un'intera area: per garantire una portata sufficiente anche nelle porzioni a monte, la disponibilità alla sezione di valle dovrà tenere conto di una proporzione fra area sottesa e portata caratteristica;
2. il risultato del calcolo del DMV su base biologica non dovrebbe essere un valore fisso ma modulato nel corso dei mesi in funzione degli stadi vitali presenti nelle varie stagioni ma una serie di valori di portata che hanno come punto di riferimento il 75% del valore ottimale di Area Disponibile Ponderata, così come già stabilito da studi che prendono in considerazione corsi d'acqua dell'area mediterranea (García de Jalón, 2003)
3. la metodologia IFIM non tiene affatto conto dei parametri fisico-ambientali caratterizzanti un corso d'acqua, come la temperatura o la qualità dell'acqua, e quindi bisogna valutare, a seconda delle condizioni riscontrate, delle reali necessità di volumi d'acqua da parte delle popolazioni ittiche.

Tabella 13

ID_CRITICO	Voc	%	Voc	%	Voc	%	Voc	%	Quota	Slope
6206		0.0	2.0	85.2	3	14.8		0.0	404	0.1334
10755	1	3.1	2.0	83.6	3	13.3		0.0	506	0.2583
12689	1	2.1	2.0	71.6	3	26.3		0.0	427	0.2327
12898	1	1.4	2.0	74.0	3	24.5		0.0	417	0.1709
18170		0.0	2.0	50.2	3	49.8		0.0	281	0.2010
18744	1	0.7	2.0	69.3	3	30.0		0.0	451	0.2405
18828	1	7.5	2.0	78.0	3	14.5		0.0	527	0.2555
18995	1	0.5	2.0	30.7	3	68.9		0.0	200	0.1295
19245	1	0.8	2.0	76.2	3	23.0		0.0	456	0.2246
19583		0.0	2.0	39.5	3	60.5		0.0	219	0.1346
20044		0.0	2.0	42.1	3	57.9		0.0	222	0.1168
20473		0.0	2.0	34.8	3	65.2		0.0	225	0.1142
20951		0.0		0.0	3	66.9	4	33.1	50	0.0232
21221	1	7.5	2.0	51.4	3	41.1		0.0	393	0.1583
21240		0.0	2.0	42.5	3	57.5		0.0	230	0.1301
21256		0.0	2.0	49.8	3	50.2		0.0	227	0.1306
21388		0.0	2.0	6.6	3	93.4		0.0	86	0.0679
21635		0.0	2.0	2.9	3	95.6	4	1.5	101	0.0749
21636		0.0	2.0	5.2	3	80.4	4	14.3	68	0.0363
22056		0.0		0.0	3	72.8	4	27.2	75	0.0933
22107		0.0	2.0	46.0	3	51.2	4	2.8	247	0.1370
24940		0.0		0.0	3	87.8	4	12.2	86	0.1170
25023		0.0	2.0	0.0	3	100.0		0.0	109	0.0756
25926		0.0	2.0	2.8	3	94.4	4	2.8	92	0.0789
26448		0.0	2.0	8.2	3	87.1	4	4.8	81	0.0647
26674		0.0	2.0	52.9	3	47.1		0.0	296	0.1170
26887		0.0	2.0	20.5	3	79.5		0.0	177	0.0776
27061		0.0		0.0	3	86.3	4	13.7	30	0.0302
27769		0.0	2.0	5.2	3	59.1	4	35.7	47	0.0842
27807		0.0		0.0	3	97.8	4	2.2	54	0.0550
29044		0.0	2.0	17.7	3	82.3		0.0	153	0.0856
29364		0.0		0.0		0.0	4	100.0	8	0.0058
29481		0.0	2.0	10.1	3	89.9		0.0	74	0.0628
29739		0.0		0.0	3	100.0		0.0	14	0.0084
29917		0.0	2.0	22.9	3	51.6	4	25.4	120	0.1204
30863		0.0		0.0	3	94.7	4	5.3	63	0.0710
31148		0.0		0.0	3	100.0		0.0	17	0.0089
33272		0.0	2.0	4.7	3	95.3		0.0	105	0.0854
33487		0.0	2.0	10.6	3	89.4		0.0	136	0.1205
37310		0.0	2.0	10.5	3	89.5		0.0	95	0.0659
37707	1	22.1	2.0	73.3	3	4.6		0.0	716	0.1965
40158		0.0	2.0	6.7	3	89.3	4	4.0	56	0.0516
40513		0.0	2.0	89.3	3	10.7		0.0	418	0.1317
44119		0.0	2.0	65.2	3	34.8		0.0	344	0.1377
44520	1	1.1	2.0	55.3	3	43.6		0.0	320	0.1146
45357		0.0	2.0	87.2	3	12.8		0.0	423	0.1542
45517		0.0	2.0	80.5	3	19.5		0.0	360	0.1224
45691		0.0	2.0	26.0	3	74.0		0.0	194	0.1024
45959		0.0	2.0	61.7	3	38.3		0.0	247	0.0595
48352		0.0	2.0	90.2	3	9.8		0.0	363	0.1404
49493		0.0	2.0	82.8	3	17.2		0.0	319	0.0756
50379		0.0	2.0	48.3	3	51.7		0.0	258	0.0776
52274		0.0	2.0	48.6	3	51.4		0.0	254	0.1183
62013		0.0	2.0	68.9	3	31.1		0.0	302	0.0544
65331		0.0	2.0	88.9	3	11.1		0.0	329	0.0877

Tabella 14

ID_CRITICO	VS di riferimento	Specie	Stadio
6206	2	Vairone	adulto
10755	2	Vairone	adulto
12689	2	Vairone	adulto
12898	2	Vairone	adulto
18170	2	Vairone	adulto
18744	2	Vairone	adulto
18828	2	Vairone	adulto
18995	3	Barbo	adulto
19245	2	Vairone	adulto
19583	3	Barbo	adulto
20044	3	Barbo	adulto
20473	3	Barbo	adulto
20951	3 e 4	Cavedano	adulto
21221	2	Vairone	adulto
21240	3	Barbo	adulto
21256	3	Barbo	adulto
21388	3	Barbo	adulto
21635	3 e 4	Cavedano	adulto
21636	3 e 4	Cavedano	adulto
22056	3 e 4	Cavedano	adulto
22107	3 e 4	Cavedano	adulto
24940	3 e 4	Cavedano	adulto
25023	3	Barbo	adulto
25926	3 e 4	Cavedano	adulto
26448	3 e 4	Cavedano	adulto
26674	2	Vairone	adulto
26887	3	Barbo	adulto
27061	3 e 4	Cavedano	adulto
27769	3 e 4	Cavedano	adulto
27807	3 e 4	Cavedano	adulto
29044	3	Barbo	adulto
29364	4	Cavedano	adulto
29481	3	Barbo	adulto
29739	3	Cavedano	adulto
29917	3 e 4	Cavedano	adulto
30863	3 e 4	Cavedano	adulto
31148	3	Cavedano	adulto
33272	3	Barbo	adulto
33487	3	Barbo	adulto
37310	3	Barbo	adulto
37707	2 e 3	Barbo	adulto
40158	3 e 4	Cavedano	adulto
40513	2	Vairone	adulto
44119	2	Vairone	adulto
44520	2	Vairone	adulto
45357	2	Vairone	adulto
45517	2	Vairone	adulto
45691	3	Barbo	adulto
45959	2	Vairone	adulto
48352	2	Vairone	adulto
49493	2	Vairone	adulto
50379	2 e 3	Barbo	adulto
52274	3	Barbo	adulto
62013	2	Vairone	adulto
65331	2	Vairone	adulto

6 Bibliografia

- Auteri R., Piras A., Righini P., Serena F., Silvestri R., Reale B., 1985. Osservazione sulla risalita di alcune specie di novellame lungo la costa tirrenica da S.Vincenzo a Bocca d'Arno. Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno, 6: 5376
- Auteri R., Abella A., Baino R., Righini P., Serena F., Silvestri R., Voliani A., Zucchi A., 1995. Gestione della fauna ittica. Carta ittica regionale. I.S.T.I.P., Prov. Livorno e Regione Toscana, vol. VII, [IV]+147 pp, 2 cartine fuori testo.
- Autorità di Bacino del Fiume Arno, 2001. Bilancio idrologico nel Bacino del Fiume Arno. Quaderno n. 10.
- Banarescu P.M., Soric V.M., Economidis P.S., 1999. *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758). In: The freshwater fishes of Europe, vol 5. pt. 1 (Banarescu P.M. ed.), AULA-Verlag, Wiesbaden: 81-134.
- Bianco P.G., 1995. A revision of the Italian *Barbus* species (Cypriniformes: Cyprinidae). Ichthyological Exploration of Freshwaters, 6 (4): 305-324.
- Bohrnstedt, G. W., and D. Knoke. 1998. Statistica per le Scienze Sociali. Il Mulino, Bologna, Italia.
- Bovee, K.D, 1997. Data collection procedures for the physical habitat simulation system. U.S. Geological Survey Biological Resources Division Mid-Continent Ecological Science Center Fort Collins, Colorado 80525;. 146 pp.
- Bovee K.D., Lamb B.L., Bartholow J.M., Stalnaker C.D., Taylor J., Henriksen J., 1998. Stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. U.S. Geological survey, Biological Resources Division, Information and Technical Report USGS/BRD-1998-2004; 130 pp.
- Calderoni P., 1980. Ulteriori indagini sul *Rutilus* Raf. del Lago Trasimeno. Riv. Idrobiol., 19: 391-468

- Catelli C., Puzzi C.M., Monicelli F., Calamari D., 2001. Osservazioni sull'autoecologia del Vairone, *Leuciscus souffia* (Risso, 1826), in tre corsi d'acqua dell'Italia settentrionale (Torrente Lanza, Fiume Sesia, Fiume Ticino). Atti VIII Conv. naz. AIIAD, Quad. E.T.P. Reg. Friuli-Venezia Giulia, 30: 49-55.
- Confortini I., 1994. Accrescimento e biologia riproduttiva del Barbo, *Barbus plebejus* (Bonaparte, 1939), nel tratto veronese del Fiume Adige (Pisces, Cyprinidae). Proposta per una revisione della misura minima di cattura prevista nel Veneto. Atti V Conv. naz. AIIAD (Prov. Vicenza): 213-220.
- D'Onofrio E. Gibertini G., Zerunian S., 1988. Aspetti della biologia riproduttiva di *Gobius nigricans* (Osteichthyes, Gobiidae). Boll. Zool., 55 (suppl.): 58.
- Marconato A., Bisazza A., 1988. Mate choice, egg cannibalism and reproductive success in the river bullhead, *Cottus gobio* L.. J. Fish Biol. 33,905-9 16
- Massolo, A., and A. Meriggi. 1998. Factors affecting habitat occupancy by wolves in northern Apennines (Northern Italy): a model of habitat suitability. *Ecography* 21:97-107.
- Gandolfi G., Zerunian S., Torricelli P., Marconato A., 1991. I Pesci delle acque interne italiane. Ministero dell'Ambiente, Servizio Conservazione Natura e Unione Zoologica Italiana. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma: [IV]+I-XII+1-616 pp.
- García de Jalón D., 2003. The Spanish Experience in Determining Minimum Flow Regimes in Regular Streams. *Canadian Water resources Journal*, vol.28, n°2; 185-198 pp.
- Hayne, D. W., 1949. Calculation of size of home range. *J. Mamm.* 30: 1-18 pp
- Hosmer D. W., Lemeshow S., 1989. *Applied Logistic Regression*. John Wiley & Sons, New York.
- Huet M., 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles del eaux courantes. *Revue suisse d'Hydrologie*, 11: 332351.
- Kennedy, Fitzmaurice, 1972. Some aspects of the biology of Gudgeon *Gobio gobio* (L.) in Irish waters. *J. Fish Biol.*, 4: 425-440.

- Lamouroux N., Capra, H. 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology* 47: 1543-1556
- La Porta G., Lorenzoni M., Mearelli M., Giovinnazzo G., Carosi A., Carletti S., Doerr M., (anno di pubblicazione sconosciuto). Gestione dei deflussi minimi vitali nella rete dei corsi d'acqua della Provincia di Perugia. Università degli Studi di Perugia Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia. 139 pp
- Lorenzoni M., Dörr A.J.M., Erra R., Giovinnazzo G., Selvi S., Mearelli M., 1999. Sovrapposizione alimentare fra *Micropterus salmoides* Lacépède ed *Esox lucius* Linnaeus nel lago Trasimeno (Umbria, Italia). *Quaderni ETP* 28: 179-183.
- Massolo A., Meriggi A., 1998. Factors affecting habitat occupancy by wolves in northern Apennines (Northern Italy): a model of habitat suitability. *Ecography* 21:97-107.
- Maio G., Marconato E., Salviati S., Timillero A., Pizzul E., 2002. Aspetti della biologia di *Barbus caninus* (Bonaparte, 1839) (Osteichthyes, Ciprinidae) nel Torrente Agno (bacino del Fratta-Gorzone, Vicenza). Abstracts IX Conv. naz. AIIAD, p. 64.
- Milhous RT, Updike MA, Schneider DM, 1989. Physical habitat simulation system reference manual - version 2. Instream Flow Information Paper 26. U.S.D.I. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 89(16).
- Morhardt, J.E., C.F. Mesick. 1988. Behavioral Carrying Capacity as a Possible Short-Term Response Variable [for determining instream flow]. *Hydro Review* 7(2): 32-40 pp.
- Nardi P.A., Rietti G., 1980. Osservazioni preliminari sulla ecologia del Barbo, *Barbus plebejus* Val., nel tratto pavese del Fiume Po. *Natura Soc. ital. Sci. nat. Museo civ. Stor. nat Acqu. civ. Milano*, 71: 261-276.
- Orth D.J., Leonard P.M., 1990. Comparison of discharge methods and habitat optimization for recommending instream flows to protect fish habitat. *Regulated Rivers: Research and Management* 5(2): 129-138 pp.
- Perini V., Marconato A., Bisazza A., 1991. Struttura, dinamica di popolazione e alimentazione dello Scazzone (*Cottus gobio* L.) in due ambienti a diversa produttività. *Atti IV Conv. naz. AIIAD, Prov. Trento. Ist. Agr. S Michele dell'Adige*: 103-116.

- Pirisinu Q., Natali M., 1980. *Gobius nigricans* (Pisces, Pisces, Gobiidae) endemico dell'Italia centrale. *Rivista di Idrobiologia*, 19: 593-617.
- Raleigh R.F., Zuckermann L.D., Nelson P.C., 1986. Habitat suitability index model and instream flow suitability curves: Brown trout. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 82(10.124). 36-43 pp.
- Rambaldi A., Rizzoli M., Venturini L., 1997. La valutazione delle portate minime per la vita acquatica sul Fiume Savio nei pressi di Cesena (FO). *Acqua Aria*, 99-104 pp.
- Specchi M., Pizzul E., Vanzo S., Fabris F., 1996. Distribuzione e struttura di popolazione di *Leuciscus souffia* (Risso, 1826) (Pisces, Ciprinidae) nel F. Natisone (Friuli-Venezia Giulia). *Atti VI Conv. naz. AIIAD, Reg. Liguria, Prov. La Spezia*: 369-376.
- Stalnaker C., Lamb B.L., Henriksen J., Bovee K., Bartholow J., 1995. The instream flow incremental methodology: a primer for IFIM. National Ecology Research Centre, Internal. Publication. U.S. Department of the Interior, National Biological Service, Fort Collins, Colorado: 43 pp.
- Strakosh T. R., R. M. Neumann, and R. A. Jacobson. 2003. Development and assessment of habitat suitability criteria for adult brown trout in southern New England rivers. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 265-274.
- Tagliavini J., Gandolfi G., Deiana A.M., Salvadori S., 1996. Phylogenetic relationships among two Atlantic and three Indo-Pacific *Anguilla* species (Osteichthyes, Anguillidae). *Italian Journal of Zoology*, 63: 271-276.
- Thomas H., Bovee K.D., 1993. Application and testing of a procedure to evaluate transferability of habitat suitability criteria. *Regulated Rivers Research and Management* 8(3): 285-294 pp.
- Trisolini R., Franzoi P., Rossi R., 1991. Struttura e dinamica di popolazione di alcune specie di Ciprinidi, *Leuciscus cephalus* (L., 1758), Cavedano; *Chondrostoma soetta* Bonaparte, 1840, Savetta; e *Rutilus pigus* (Lacépède, 1804), Pigo nei Laghi Suviana e Brasimone (bacini artificiali dell'Appennino Tosco-Emiliano). *Riv. Idrobiol.*, 30: 201-229.

- Vismara R, Azzellino A, Bosi R, Crosa G, Gentili G., 2001. Habitat suitability curves for brown trout (*Salmo trutta fario* L.) in the River Adda, northern Italy: comparing univariate and multivariate approaches. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 17: 37-50 pp.
- Vitali R., Braghieri L., 1984. Population dynamics of *Barbus barbus plebejus* (Val.) and *Leuciscus cephalus cabeda* (Risso) in the middle River Po (Italy). *Hydrobiologia*, 109: 105-124.
- Waddle, T.J., 2001, PHABSIM for Windows: User's Manual and Exercises: Fort Collins, CO, U.S. Geological Survey, 288 pp.
- Zerunian S., 1981. Il comportamento riproduttivo di *Rutilus rubilio* (Bp.) (Pisces, Cyprinidae). *Boll. Mus. civ. Stor. nat. Verona*, 7: 265-273.
- Zerunian S., 1982. A new Cyprinid from Italy: *Rutilus erythrophthalmus* n. sp. 4th Congress European Ichthyologist, Hamburg, Abstract n. 346.
- Zerunian S., D'onofrio E., Gibertini G., 1988. The biology of *Gobius nigricans* (Osteichthyes, Gobiidae). *Bollettino di Zoologia*, 55: 293-298.
- Zerunian S., Taddei A. R., 1996. Pesci delle acque interne italiane: status attuale e problematiche di conservazione. WWFItalia, Roma, 18 pp.
- Zerunian S., 2004. Pesci delle acque interne d'Italia. *Quand. Cons. Natura*, 20, Min. Ambiente – Ist. Naz. Fauna Selvatica.
- Zippin C., 1958. The removal method of population estimation. *J. Wildl. Mgmt* 22: 82-90 pp.