CONSORZIO DELL' OGLIO

- BRESCIA -

# Progetto di Sperimentazione dei rilasci per il deflusso minimo vitale nel fiume Oglio sub lacuale

## Metodo IFIM

## Modello Phabsim

***Consorzio dell' Oglio***
*Ente Regolatore del lago d' Iseo*
*e del fiume Oglio sublacuale*
*Sede: via Solferino 20/c – Brescia*

*www.oglioconsorzio.it*
*info@oglioconsorzio.it*

# APPLICAZIONE DEL MODELLO PHABSIM AL FIUME OGLIO SUBLACUALE

A seguito dei risultati dei campionamenti del primo triennio di sperimentazione del DMV sul fiume Oglio sublacuale, il Tavolo Tecnico regionale ha chiesto di procedere, nel secondo triennio, ad implementare le metodiche di valutazione del deflusso minimo vitale, aggiungendo alle valutazioni previste per la fauna ittica anche il metodo IFIM, con l'applicazione del modello PHABSIM.

Il software permette, una volta definite le specie target ed i siti di applicazione, di indagare in modo "artificiale" la disponibilità di habitat al variare delle portate e quindi delle condizioni di velocità di corrente e aumento del battente. Inoltre consente di fare valutazioni anche per quanto concerne le possibili variazioni di substrato in alveo, situazione che nel fiume Oglio non si verifica data la morfologia d'alveo decisamente banalizzato e assimilabile ad un sistema in parte regimentato e rettificato. Oltre ciò, la tipologia dei deflussi in relazione alla morfologia d' alveo, come dimostrano le sezioni rilevate durante le campagne di raccolta dati per l'applicazione del Phabsim, fa si che, modulando le portate, il principale fattore soggetto a variazioni sia la velocità di scorrimento, rimanendo gli altri fattori pressoché stabili.

In sede di Tavolo Tecnico, sono state concordate, secondo l'approccio IFIM anche i siti di riferimento e le specie target, per cui indagare l'ADP (area disponibile ponderata) secondo le variazioni dei deflussi, che possono verificarsi all'interno dell'alveo. Come richiesto, quindi, oltre al rilievo dei dati morfologici ed idraulici, al fine di applicare il metodo contestualizzato sulla realtà del fiume Oglio sublacuale. Sono state costruite le curve di preferenza per le tre specie target identificate:

- Barbo (*Barbus plebejus*)
- Cavedano (*Leuciscus cephalus*)
- Vairone (*Leuciscus souffia muticellus*)

## 1. DATI IDROLOGICI

Al fine del rilievo delle stazioni, come suggerito all'interno del documento "Report relativo al sopralluogo sul fiume Oglio" del 31 Luglio 2013 sviluppato dal gruppo di lavoro FLA, ci si è attenuti a quanto concordato. Al fine di definire un tratto rappresentativo per ogni stazione, la lunghezza di ciascuna è stata scelta in base alle caratteristiche idraulico-morfologiche (Tab.1)

| Codice stazione | Lunghezza stazione (m) |
|---|---|
| ST03 | 486 |
| ST08 | 386 |
| ST18 | 512 |
| ST26 | 974 |
| ST31 | 616 |
| ST38 | 482 |
| ST39 | 634 |
| ST40 | 691 |

Tab.1- Lunghezza dei tratti per singola stazione

Lo svolgimento dell' attività di monitoraggio era previsto per il 2014, ma nella realtà le condizioni idrologiche del bacino non hanno consentito di operare nell'anno a causa di portate di deflusso elevate, le quali impedivano l' accesso alle sezioni di misura. Il monitoraggio è stato effettuato nel 2015 nei mesi di agosto e ottobre, sfruttando le favorevoli condizioni idrologiche.

La stazione 08 si è rivelata impossibile da monitorare a causa dell'inaccessibilità della sponda destra per un lungo tratto, sia dal terreno che dall' alveo, inoltre la stazione presentava molte zone con buche profonde non percorribili in sicurezza, oltre alla corrente troppo veloce.

Il rilievo delle sezioni e delle misure di velocità e battente, sono state eseguite con l'ausilio del battello StreamPro, che impiega tecnologia ADCP; a tale apparecchiatura è stato affiancato un rilievo GPS, effettuato con lo strumento LEICA GSO8Plus, al fine di identificare i capisaldi di ogni transetto e le quote di riferimento utili alla descrizione delle forme d'alveo ed alla pendenza di fondo.

Per ogni sezione, si è provveduto a mantenere un distanza longitudinale di circa 30 metri, ove possibile secondo le condizioni e l' accessibilità delle sponde e del tirante idrico.

Nella Tab. 2 sono riportati il numero dei transetti per stazione.

| Codice stazione | Numero transetti |
|---|---|
| ST03 | 16 |
| ST18 | 16 |
| ST26 | 32 |
| ST31 | 20 |
| ST38 | 16 |
| ST39 | 19 |
| ST40 | 20 |

Tab.2- Numero dei transetti per singola stazione

All'interno di ogni transetto il battente idraulico e la velocità media sono stati misurati ad intervalli di circa 3 metri, per quanto riguarda in base alle condizioni di portata in cui si trovava l'alveo attivo.

Il rilievo dei suddetti parametri è stato effettuato con due portate differenti, date le variazioni di velocità che si possono verificare in alveo all'aumento di portata e che un modello monodimensionale, quale HEC-RAS, non sarebbe stato in grado di rilevare. Pertanto in ogni stazione, come presentato di seguito, dopo aver immesso i dati relativi ai differenti transetti nel software Phabsim, sono stati scelti quelli maggiormente caratteristici per essere presentati nella relazione. Di seguito si riportano per ogni sezione le condizioni di portata in cui sono state effettuate le misurazioni di campo.

| Codice stazione | Portata 1 mc/s | Portata 2 mc/s |
|---|---|---|
| ST03 | 6.4 | 7.1 |
| ST18 | 3.9 | 11.7 |
| ST26 | 4.5 | 7.3 |
| ST31 | 4.9 | 23.6 |
| ST38 | 4.6 | 29.2 |
| ST39 | 22.2 | 30.6 |
| ST40 | 24.8 | 31.5 |

Tab.3 - Valori di portata durante le misurazioni di campo in ciascuna sezione

Le misure di portata nelle stazioni 03 e 31 hanno registrato problemi di affidabilità delle letture relative alle altezze del tirante idrico in alcuni transetti, per cui veniva a mancare un dato essenziale per l' applicazione del modello Phabsim. Quindi si è ritenuto corretto elaborare i dati delle stazioni 18, 26, 38,39 e 40.

**STAZIONE 18** – tratto sotteso della centrale di Palosco

La stazione è sita a valle della traversa fluviale con la presa della centrale di Palosco, inizia alla progressiva chilometrica 124.4, ed ha una lunghezza di 512 m.

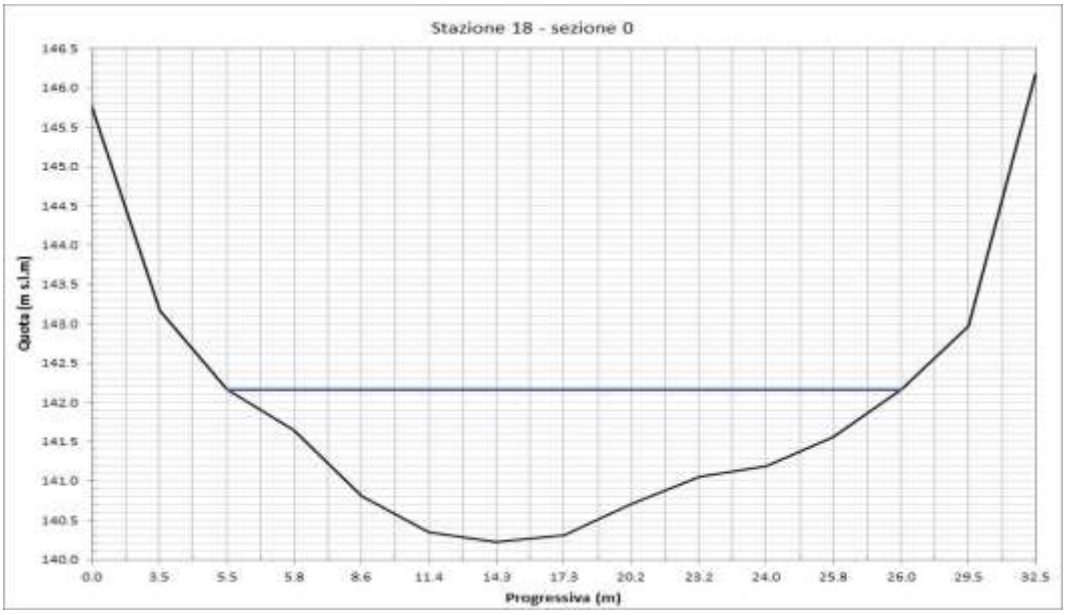
La stazione presenta questi dati:

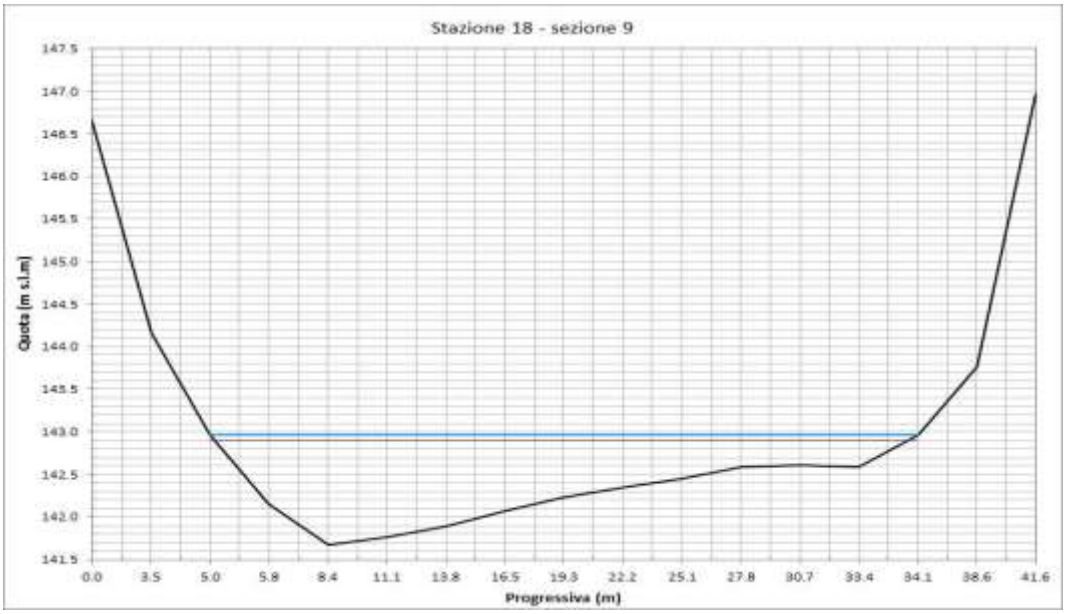
pendenza media = -5.57021 ‰
numero sezioni misurate = 16

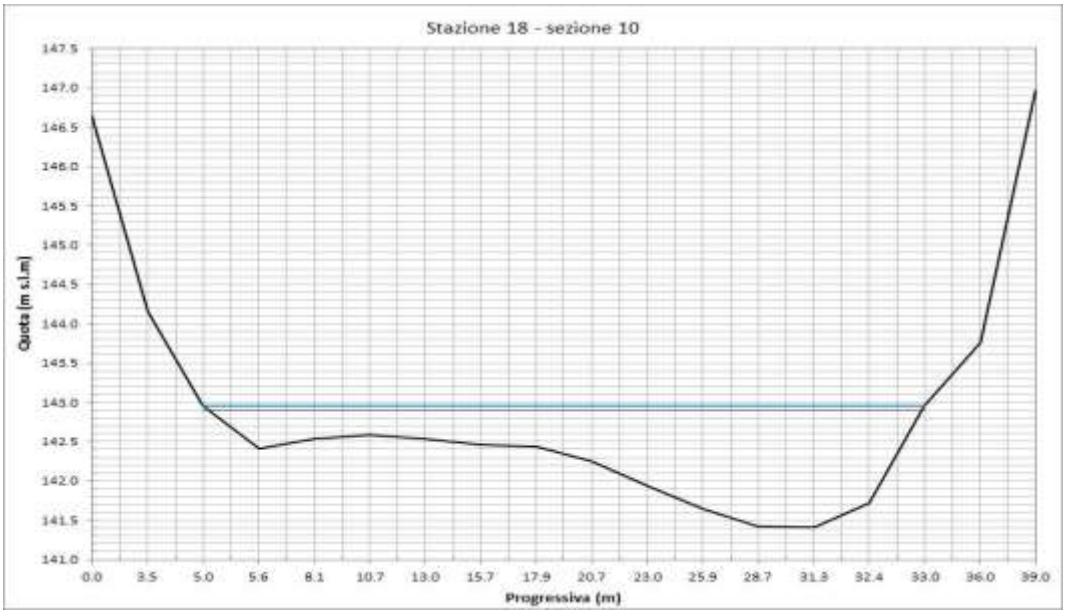
L' alveo è fortemente trasformato da attività antropiche passate che, a seguito di intensa escavazione, ne hanno modificato sponde e fondo. E' presente lo scarico del depuratore di Palazzolo. Le due criticità, banalizzazione dell'alveo e forte presenza di substrato anossico, portano ad una ridotta vocazione del tratto ad ospitare specie ittiche che, per contro, subiscono una forte attrattiva verso tale area per via dell'abbondanza di detrito organico sfruttabile a fini alimentari. La sponda destra presenta aree con agricoltura intensiva e la sponda sinistra presenta vegetazione diffusa.

Fig. 1 – planimetria della stazione 18

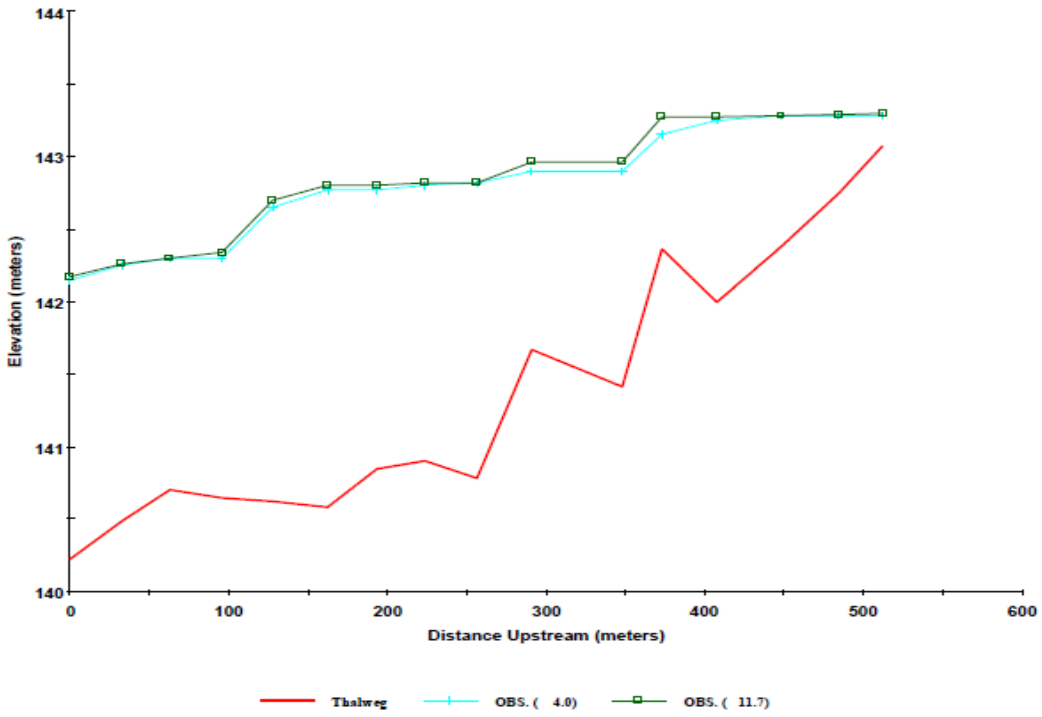
Si riportano tre sezioni che si possono considerare caratteristiche.


Stazione 18 - sezione 0
Quota (m s.l.m)
Progressiva (m)


Stazione 18 - sezione 9
Quota (m s.l.m)
Progressiva (m)




Dal modello si ottiene il grafico del profilo longitudinale della sezione con l'andamento dei tiranti idrici relativi alle portate misurate.




**STAZIONE 26** – <u>tratto sotteso della centrale di Urago d'Oglio</u>

La stazione è sita a valle della traversa fluviale con la presa della centrale di Urago d. Oglio, inizia alla progressiva chilometrica 133.8, ed ha una lunghezza di 974 m.

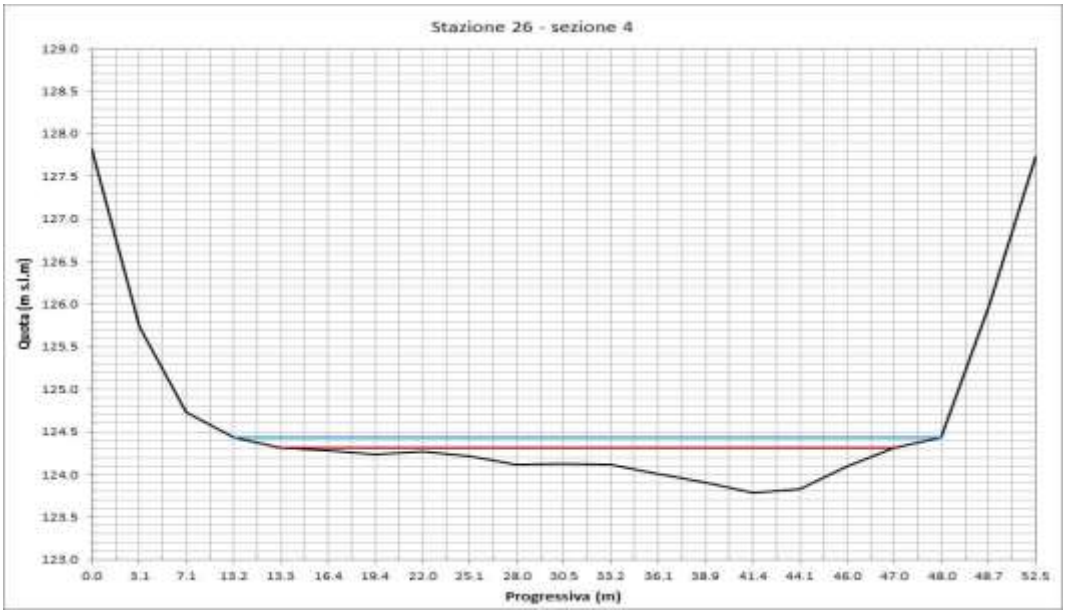
Fig. 2 – planimetria della stazione 26

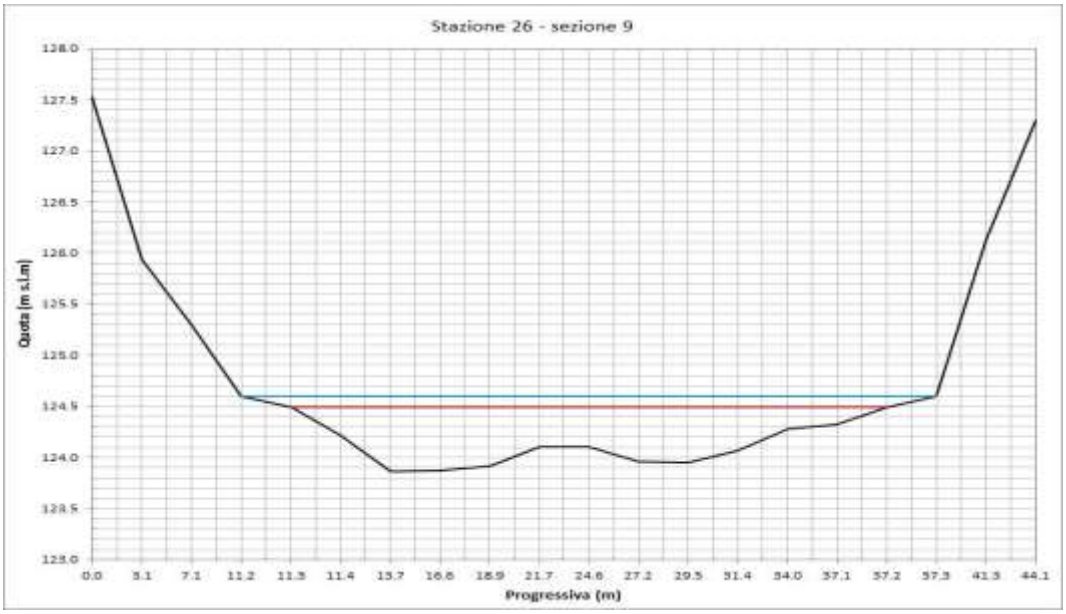
La stazione presenta questi dati:

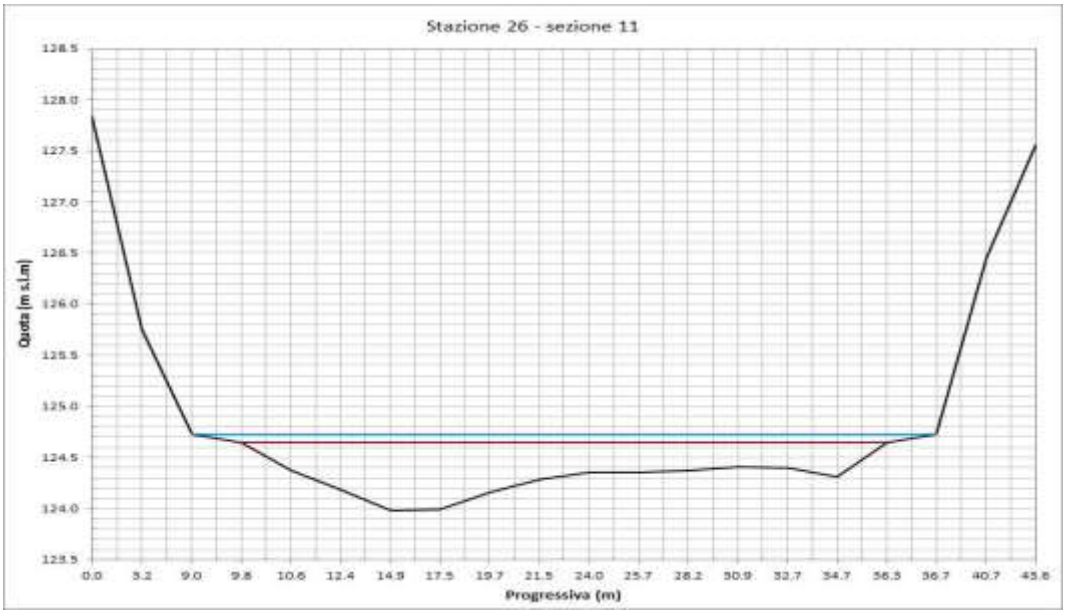
pendenza media = -2.62734 ‰

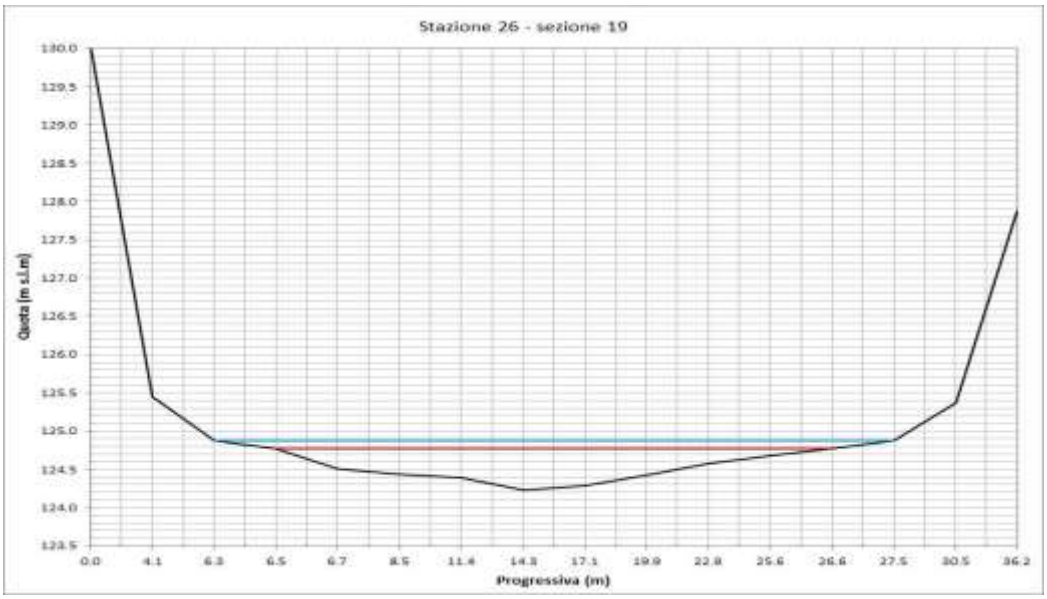
numero sezioni misurate = 32

La stazione è inserita in un contesto agricolo intensivo e risulta fortemente impattato dall'attività antropica che ne ha quasi azzerato le fasce di vegetazione riparie. Ne deriva quindi un ombreggiamento pressoché nullo. Le rive sono scarsamente diversificate e verticali, quindi non predisposte ad accogliere ittiofauna, oltre che soggette a significativi fenomeni di erosione, dovuti anche all'elevata velocità di scorrimento. Su entrambe le sponde è presente agricoltura intensiva.
Si riportano quattro sezioni che si possono considerare caratteristiche.

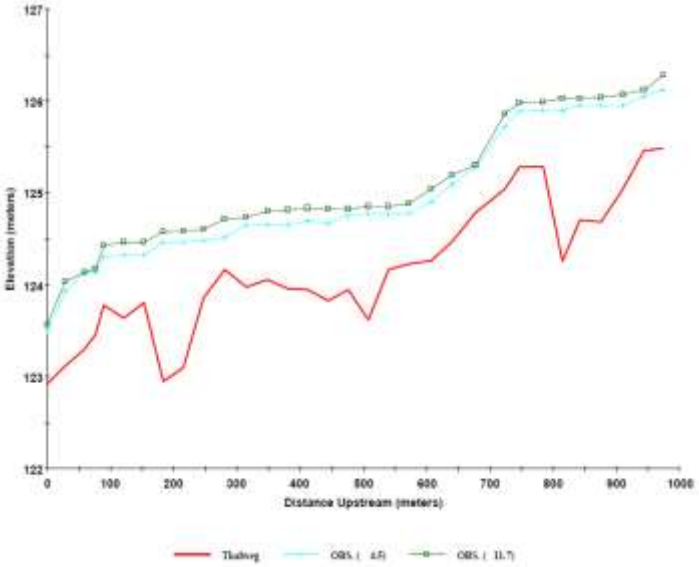

Stazione 26 - sezione 4
Quota (m s.l.m)
Progressiva (m)


Stazione 26 - sezione 9
Quota (m s.l.m)
Progressiva (m)




Dal modello si ottiene il grafico del profilo longitudinale della sezione con l'andamento dei tiranti idrici relativi alle portate misurate.




**STAZIONE 38** – <u>tratto a valle della traversa fluviale di Roccafranca</u>

La stazione è sita a valle della traversa fluviale di Roccafranca di circa 700 m, inizia alla progressiva chilometrica 149.4, ed ha una lunghezza di 482 m.

La stazione presenta questi dati:

pendenza media = -3.31702 ‰
numero sezioni misurate = 16

La stazione è inserita in un tratto in cui la presenza di una prismata in sponda destra provoca una tendenza dell' alveo a spostarsi verso la sponda sinistra, come si può vedere dalla planimetria. Infatti le sezioni rilevate, dalla n.7 alla n. 13, sono posizionate su quello che appare dalla foto aerea un deposito di ciottoli. Si può notare che l' asse fluviale tende ad assumere un andamento rettilineo. Le sponde, ben vegetate, sono costituite da essenze arboree riparie autoctone ed esotiche e da saliceti arbustivi. La sponda destra è inoltre caratterizzata da una prismata di difesa spondale. Il substrato di fondo è vario, strutturato e stabile.

Fig. 3 – planimetria della stazione 38

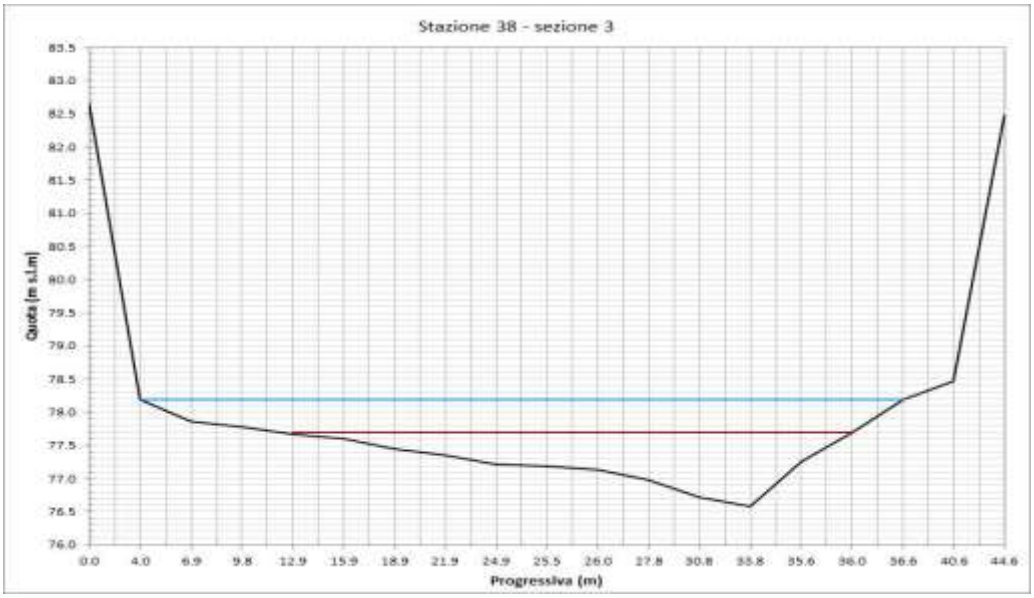
Il comportamento dell' asse fluviale è dimostrato dall' analisi delle immagini disponibili su Google Earth, in diverse date.

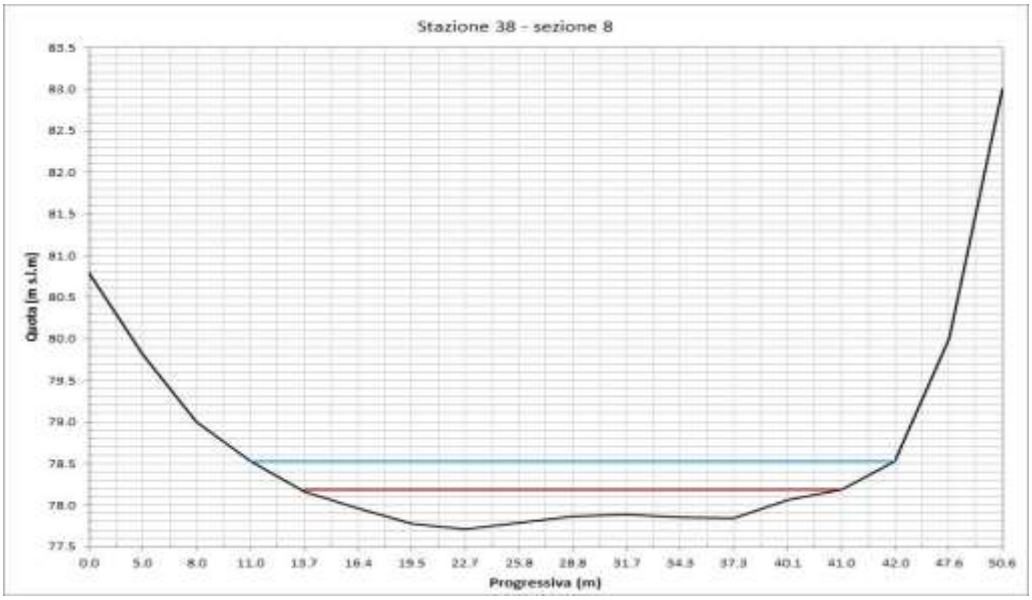
28/09/2009

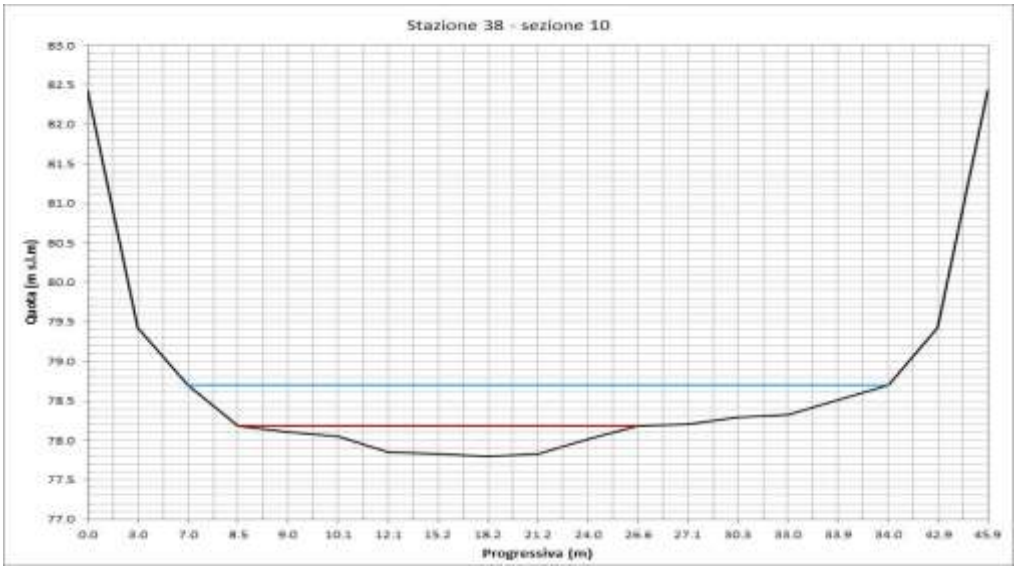
12/003/2014

28/8/2015

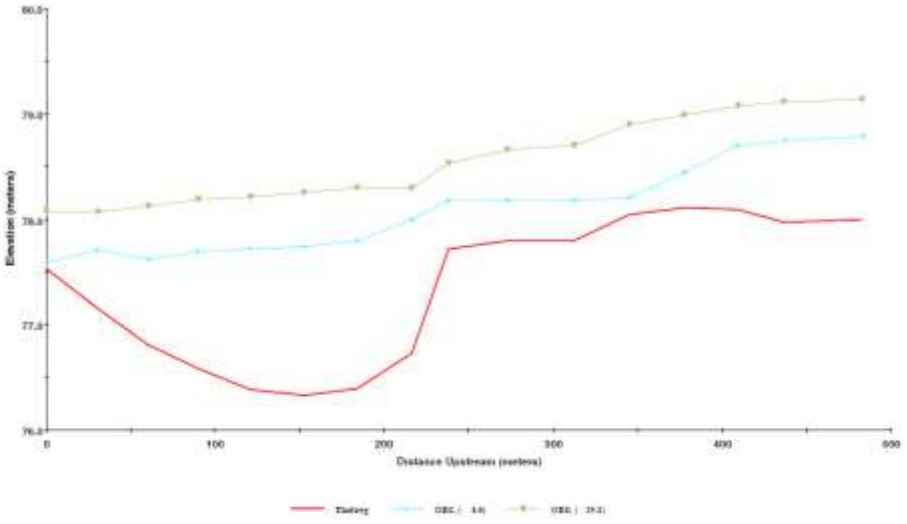
Si riportano tre sezioni che si possono considerare caratteristiche.






Dal modello si ottiene il grafico del profilo longitudinale della sezione con l'andamento dei tiranti idrici relativi alle portate misurate.



**STAZIONE 39** – <u>tratto a valle del ponte S.S. 235</u>

La stazione è sita a valle del ponte stradale della S.S. 235 di circa 663 m, inizia alla progressiva chilometrica 155.4, ed ha una lunghezza di 634 m.

La stazione presenta questi dati:

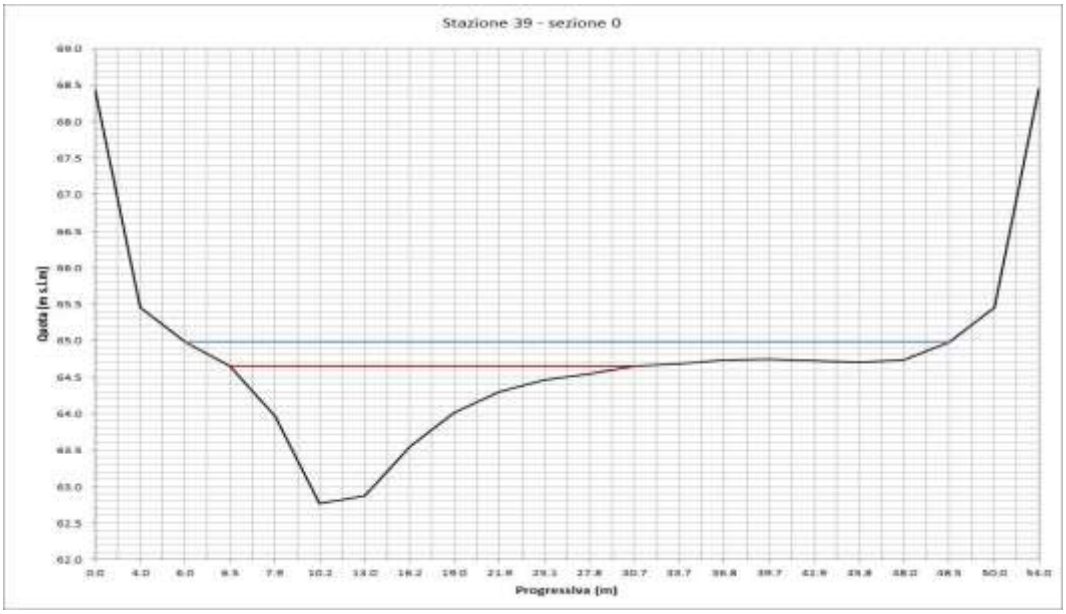
pendenza media = -3.84846 ‰

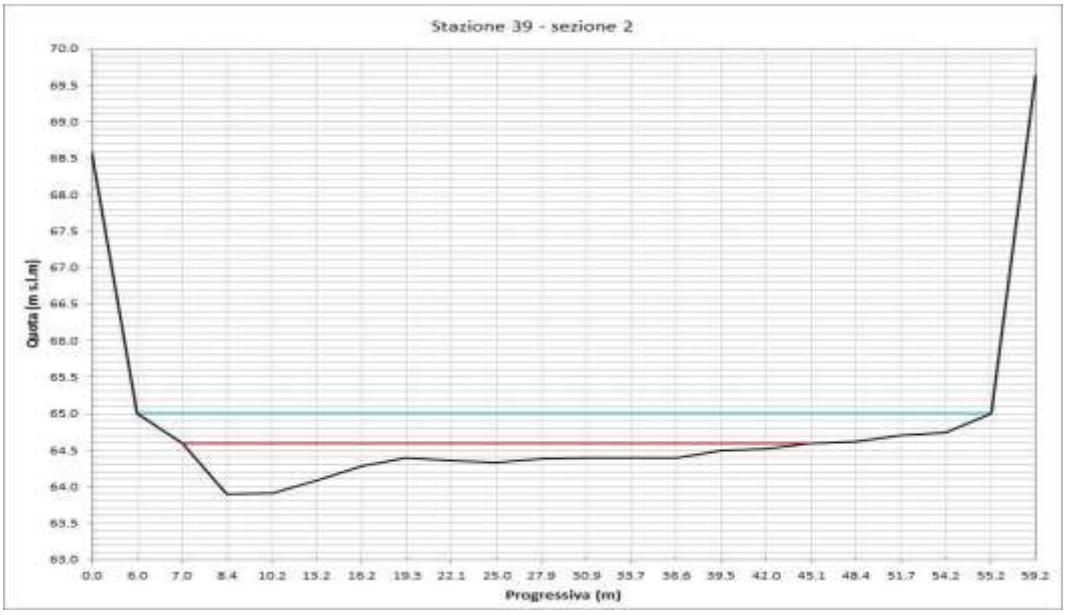
numero sezioni misurate = 19

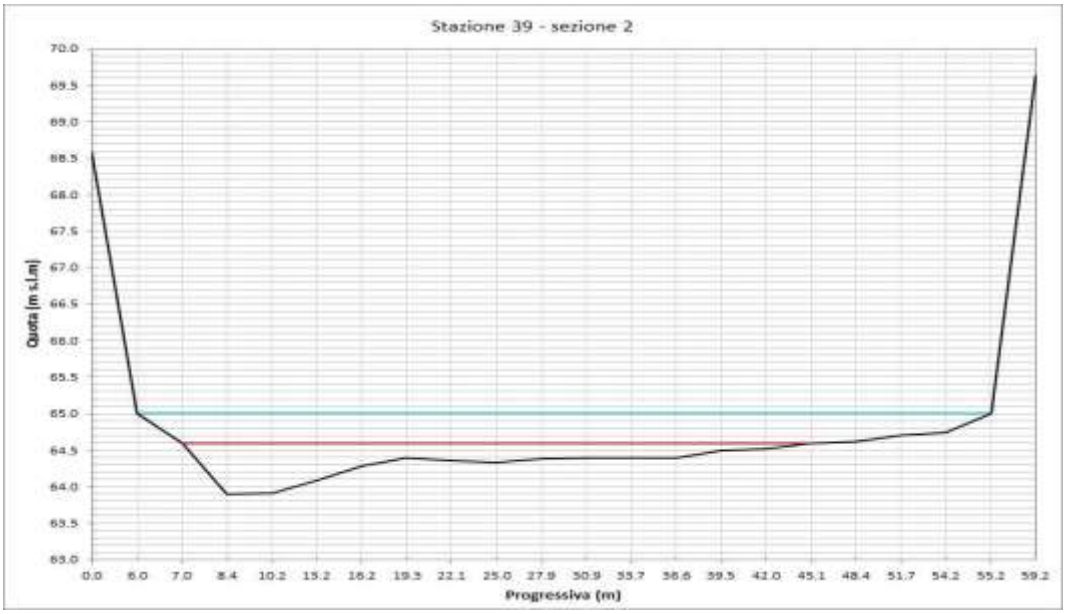
Il tratto censito si inserisce in un contesto agricolo intensivo. La vegetazione arborea risulta quasi assente su entrambe le sponde e non costituisce una fascia continuativa. A monte c'è una traversa, da cui si sviluppa una massicciata di difesa in sponda destra. La sponda sinistra risulta più degradante e caratterizzata per un substrato di fondo in maggior parte costituito da sedimenti a granulometria medio/fine.

Si riportano tre sezioni che si possono considerare caratteristiche.

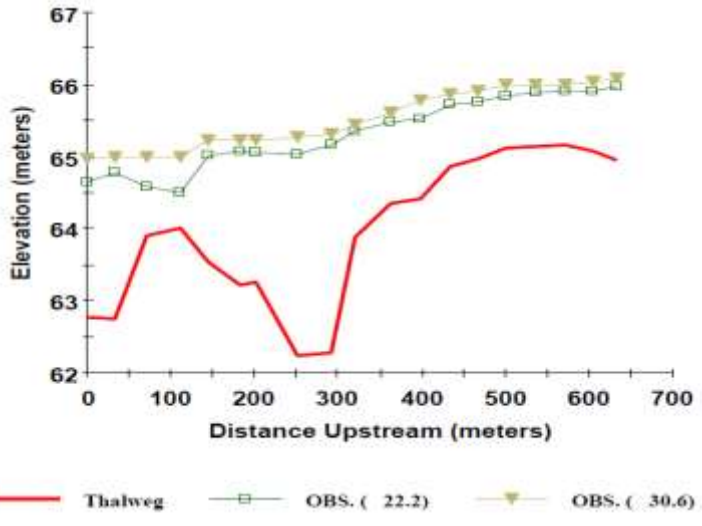
Fig. 3 – planimetria della stazione 39






Dal modello si ottiene il grafico del profilo longitudinale della sezione con l'andamento dei tiranti idrici relativi alle portate misurate.



**STAZIONE 40** – tratto a monte dello scolmatore di Genivolta

La stazione è sita monte dell' ingresso nel fiume dello scolmatore di Genivolta, che scarica acque provenienti dal f. Adda, inizia alla progressiva chilometrica 162.9, ed ha una lunghezza di 690 m.

La stazione presenta questi dati:

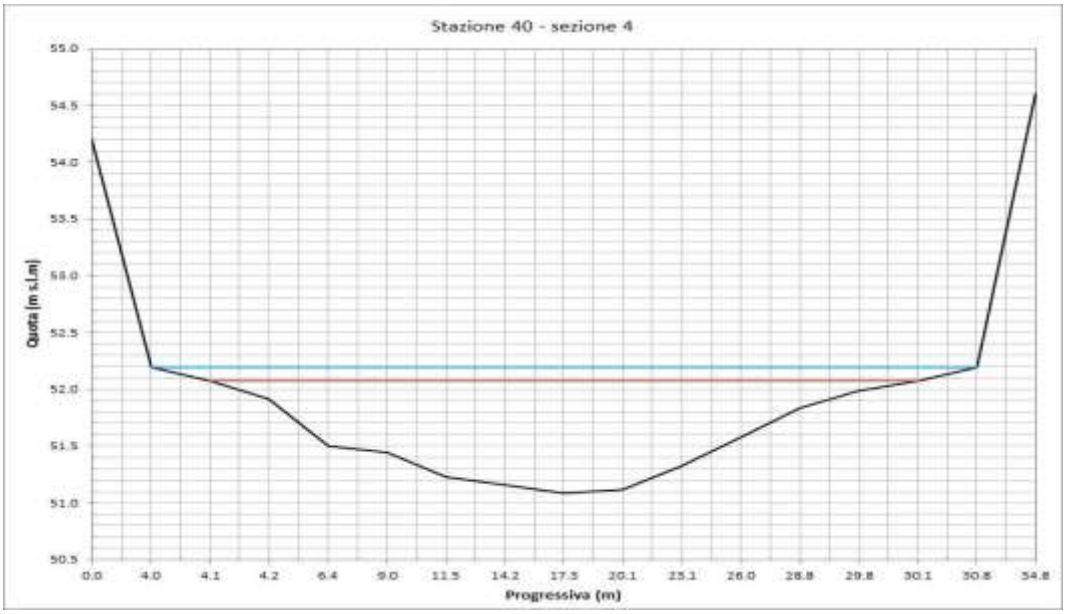
pendenza media = -2.85177 ‰

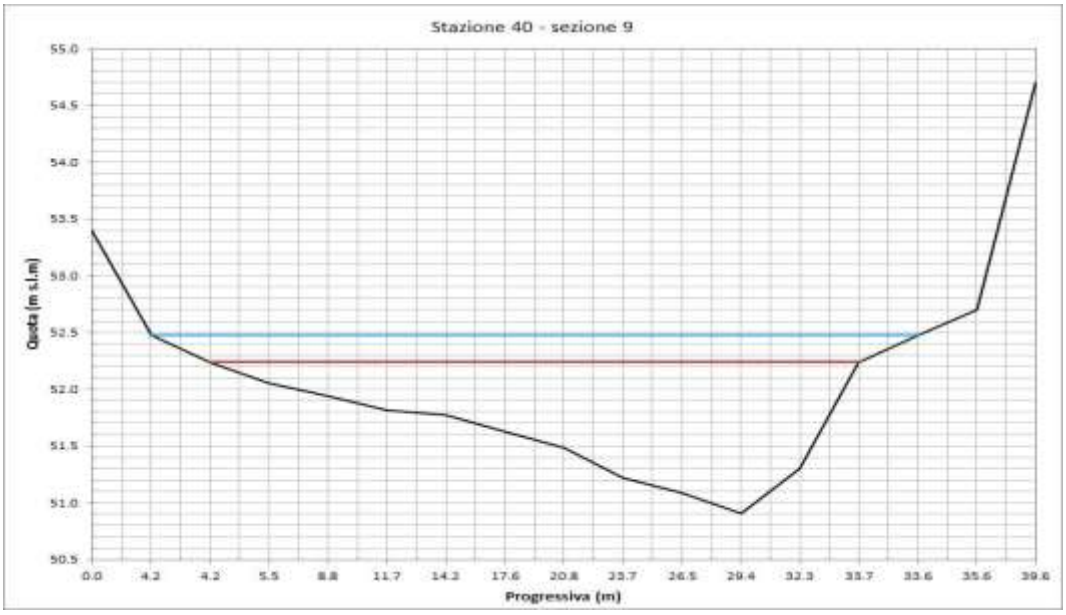
numero sezioni misurate = 20

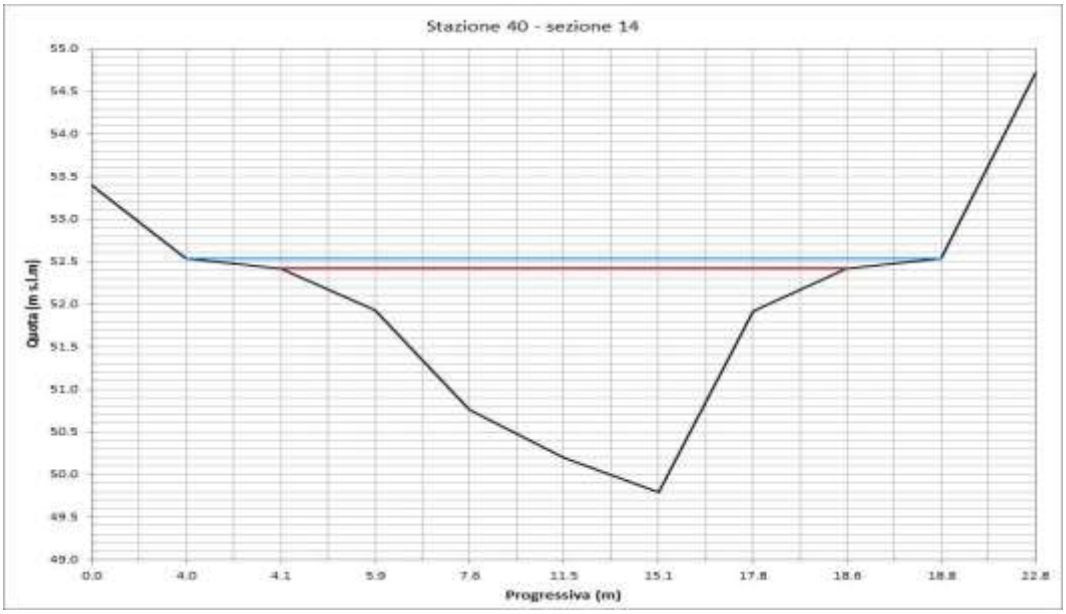
La stazione è inserita in un tratto dove si è sviluppato un contesto agricolo intensivo. La vegetazione riparia, costituita per lo più da essenze arboree, crea una fascia continua in sponda destra, mentre in sponda sinistra si limita ad isolati esemplari o piccoli accorpamenti di essi. In riva destra è presente una massicciata di difesa parzialmente ceduta, mentre la riva sinistra si caratterizza per un profilo più degradante e comunque poco diversificato.

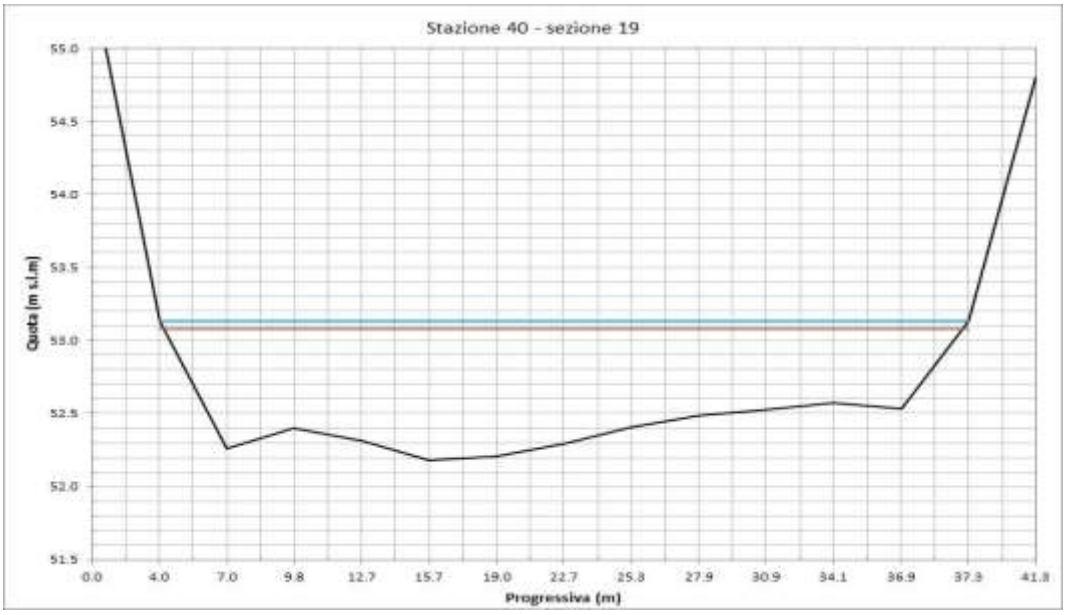
Fig. 5 – planimetria della stazione 40

Si riportano quattro sezioni che si possono considerare caratteristiche.

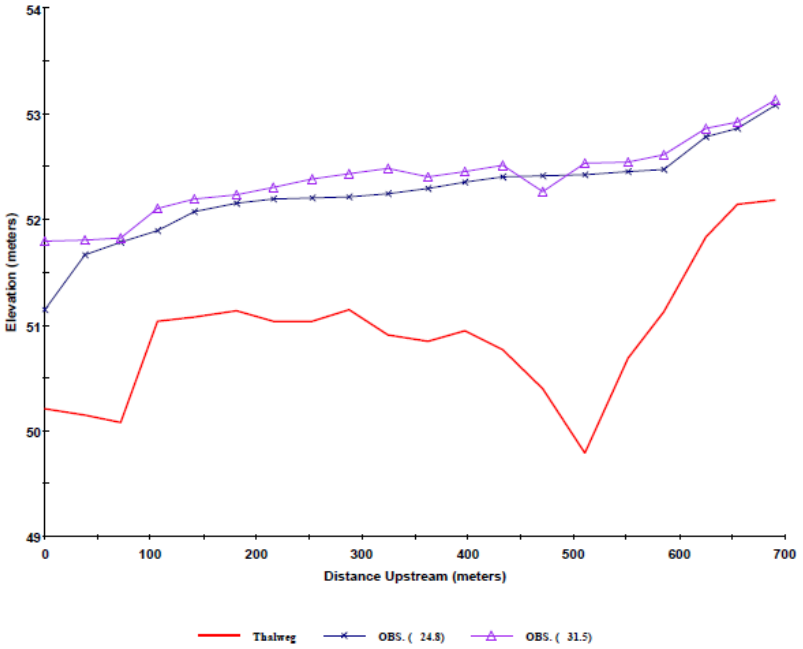



Stazione 40 - sezione 9
Quota (m s.l.m)
Progressiva (m)


Stazione 40 - sezione 14
Quota (m s.l.m)
Progressiva (m)


Stazione 40 - sezione 19
Quota (m s.l.m)
Progressiva (m)

Dal modello si ottiene il grafico del profilo longitudinale della sezione con l'andamento dei tiranti idrici relativi alle portate misurate.




## 2. DATI BIOLOGICI

Per quanto concerne i dati biologici, si è provveduto ad identificare in via preliminare le specie ittiche oggetto di indagine, per le quali calcolare l'ADP (Area Disponibile Ponderata) risultante dall'applicazione del metodo Phabsim. In tal senso, le specie di riferimento definite rappresentative, per cui è stato richiesto il calcolo di curve di preferenza tipiche del fiume Oglio sublacuale, sono state le seguenti:

- Cavedano (*Leuciscus cephalus);*
- Barbo (*Barbus plebejus);*
- Vairone (*Leuciscus souffia muticellus).*

Oltre alle tre specie precedentemente riportate, sono stati richiesti, se possibili, approfondimenti per:

- Pigo (*Rutilus pigus*): sviluppo, se possibile, di curve tipiche del fiume Oglio al fine di aumentare gli studi su questa specie soggetta a tutela. Purtroppo, data l'esiguità di soggetti rilevabili, non è stato possibile disporre di dati sufficienti alla costituzione delle elaborazioni richieste. L'applicazione con tale specie al modello Phabsim non è stata possibile in quanto da bibliografia non sono state ritrovate curve adatte al contesto studiato.
- Lasca (*Chondrostoma genei*) : anche per questa specie, censita raramente nel fiume Oglio sublacuale, è stata richiesta, a titolo di approfondimento, l'applicazione del modello su curve di preferenza derivate dalla bibliografia. A seguito della ricerca, sono state individuate le curve per la specie in questione sviluppate per il fiume Tevere *(vedesi Curve di preferenza delle principali specie ittiche del bacino del fiume Tevere (Umbria, Italia) – Bicchi et all. , 2006).* Nel medesimo documento erano presenti anche le curve in relazione a velocità e profondità del Cavedano etrusco (*Leuciscus lucumonis)* e del vairone (*Leuciscus souffia muticellus)* che confrontate con quelle appositamente sviluppate per il fiume Oglio, non sono risultate congruenti al contesto di studio. Pertanto, eseguito tale confronto, si è ritenuto di non poter applicare la curva di bibliografia relativa alla lasca per i suddetti motivi.
- Trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*): come dimostrato dai campionamenti eseguiti per la sperimentazione, nel fiume Oglio sublacuale non sussistono le condizioni idonee ad un corretto insediamento e mantenimento della specie, motivo per cui l'elaborazione del modello non è stata effettuata. La specie, infatti, non è mai stata censita. Tale assenza è imputabile soprattutto ai regimi termici del fiume che, come noto, è

originato da un grande lago regolato le cui temperature tardo primaverili ed estive superano di molto i range tipici per questa specie.

Al fine di definire curve di preferenza (HSC) per le suddette specie su base locale, si è provveduto a misurazioni di campo come descritto di seguito. Per ogni sezione, sono state svolte campagne di monitoraggio a guado o con imbarcazione, in base al battente presente e alle condizioni sito specifiche. In campo si è quindi provveduto ad utilizzare il metodo dell'elettropesca per censire i soggetti e definirne la specie e la classe di taglia, utili alla successiva suddivisione operata nel Phabsim per la creazione delle curve di preferenza suddivise in:

- Giovanile (per soggetti nati nell'anno – 0+);
- Sub adulto (per soggetti non ancora maturi sessualmente, di norma compresi tra 1+ e 3+),
- Adulto (Per soggetti già maturi sessualmente, di norma superiori a 3+).

Gli operatori, al momento della cattura, hanno provveduto a misurare in loco, tramite l'utilizzo di un correntometro, mod. OTT C2 e di un asta metrata, le misure relative alle velocità di scorrimento e battente della localizzazione del pesce catturato. In concomitanza è stata anche monitorata la tipologia di fondale presente, al fine di creare curve HSC che includessero anche il Channel Index, ossia le preferenze in base alla composizione del fondo, anche se come precedentemente citato, data la morfologia decisamente antropizzata del fiume Oglio, non si hanno variazioni significative del substrato neanche a seguito dei fenomeni di piena.
I dati di campo sono stati implementati in un database Excel, che successivamente è stato utilizzato per le elaborazioni e la creazione di curve sito specifiche, per ogni specie target e per ciascuno stadio vitale (in riferimento a quanto specificato pocanzi). Di seguito si riportano le grandezze di ogni campione, impiegato per la costruzione delle curve.

| | Barbo | Cavedano | Vairone |
|---|---|---|---|
| **Giovanile** | 629 | 3400 | 1316 |
| **Sub-adulto** | 160 | 502 | 418 |
| **Adulto** | 87 | 281 | 704 |

Tabella 4- numerosità di ogni campione per la creazione delle HSC sito specifiche

All'interno di ogni campione presentato, i dati relativi a velocità e profondità sono stati suddivisi in classi di ampiezza, secondo la densità, rispettivamente aventi un incremento di 0,1 m/s per quanto riguarda la velocità di corrente, e di 0,2 m per la profondità. Relativamente a quest'ultima è stata preliminarmente effettuata anche un'elaborazione con incremento pari a 0,1 m, che di fatto rendeva la curva maggiormente altalenante, pertanto si è proceduto con lo sviluppo secondo gli intervalli 0,1 m/s e 0,2 m. I dati risultanti sono stati interpolati con polinomiali di quarto ordine e successivamente normalizzati (scala 0-1) per l'individuazione dei valori di idoneità ottimali per ciascuna specie considerata. Effettuata tale operazione si è notato che in alcuni casi il coefficiente di regressione della curva ($R^2$), risultava avere una significatività molto bassa e pertanto si è proceduto riscalando i dati tra 0 e 1 secondo le densità del campione, in modo da rendere le curve più idonee al contesto di studio e maggiormente rispondenti allo scopo della ricerca.

Per confronto, data la bassa divagazione del fiume Oglio e la relativa assenza di creazione di aree diversificate ed inondabili al variare delle portate, per cui non danno luogo a un'alta differenziazione di condizioni idrauliche, di velocità e di habitat, si è proceduto anche alla costruzione della curva di ciascuna specie, comprendente i diversi stadi (giovanile, subadulto e adulto), sia per avere un campione numericamente più significativo sia per

le condizioni morfologiche del contesto in studio. Pertanto le curve specie-specifiche risultano avere un campione la cui grandezza è riportata nella tabella sottostante.

| Barbo | Cavedano | Vairone |
|---|---|---|
| 876 | 4183 | 2438 |

**Tabella 5:** ampiezza del campione totale di ogni specie

La creazione di curve di preferenza (HSC) con i campioni di queste entità, hanno permesso quindi di diminuire il possibile grado di variabilità, rendendo pertanto le HSC maggiormente significative dal punto di vista statistico. Al fine di validare il corretto funzionamento delle curve e la rispondenza con i dati restituiti dal modello in termini di ADP, è stato eseguito un confronto tra le curve scorporate per classi di taglia e quella comprendente tutte le medesime. Per ottenere questi scopi, il modello PHABSIM è stato applicato a cinque stazioni (ST 18, ST 26, ST 38, ST 39 e ST 40). Questa attività ha permesso di rilevare l'assenza di risultanze delle curve di preferenza in questione e pertanto per le suddette condizioni idro-morfologiche del contesto studiato sono state applicate le HSC relative all'intera popolazione e presentate di seguito.

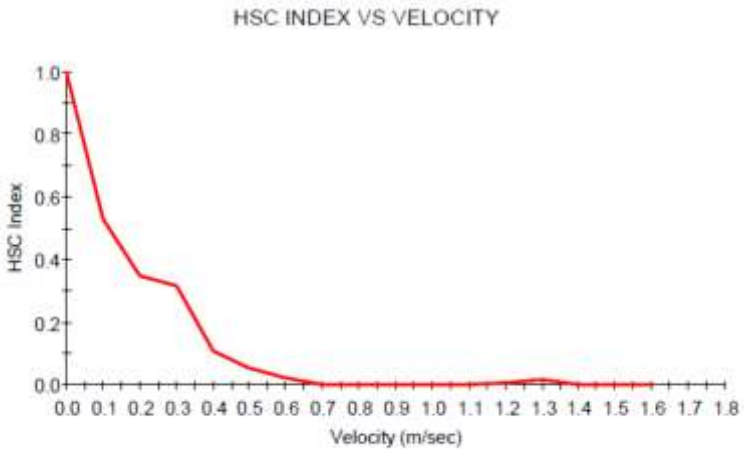



**Figura 1:** HSC del Cavedano *(Lueciscus chephalus)* per il parametro velocità

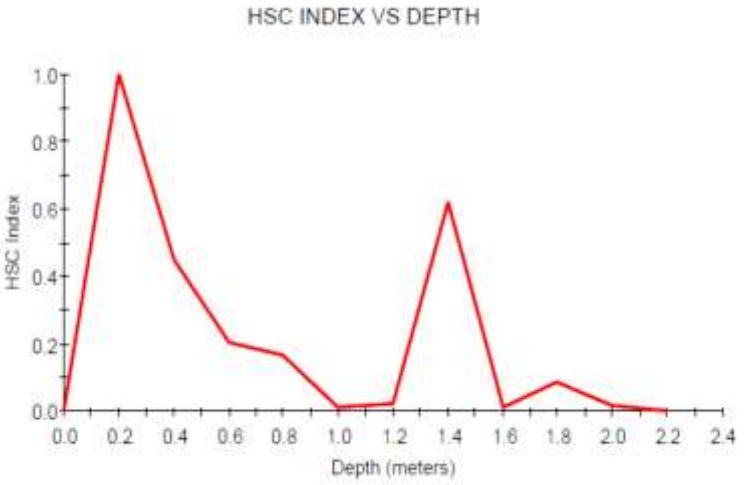



**Figura 2:** HSC del Cavedano *(Lueciscus chephalus)* per il parametro profondità

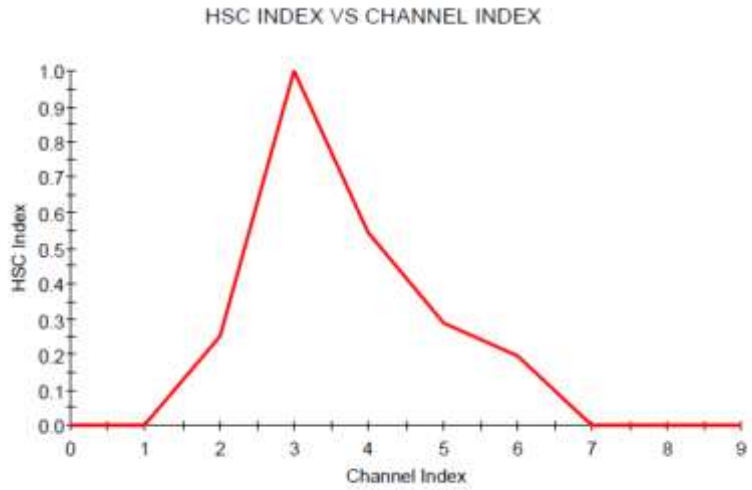



**Figura 3:** HSC del Cavedano *(Lueciscus chephalus)* per il parametro Channel Index (C.I)

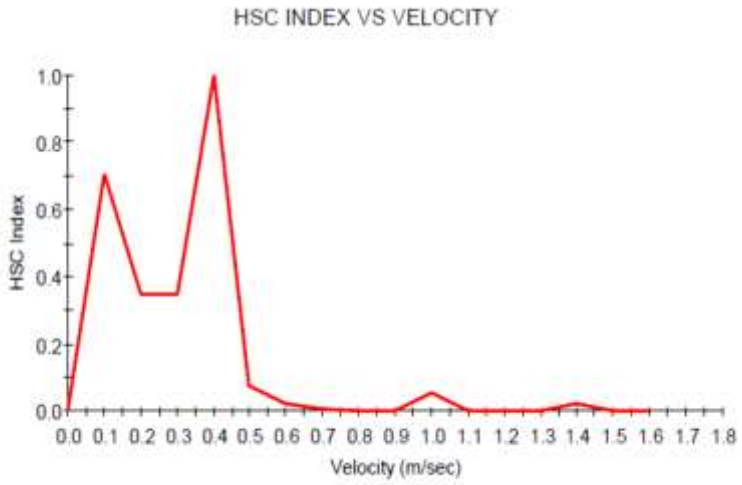



**Figura 4:** HSC del vairone (*Lueciscus souffia muticellus*) per il parametro velocità

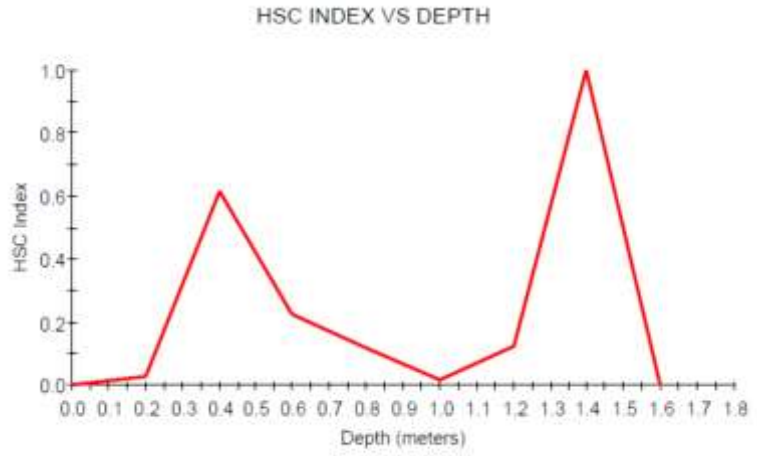



**Figura 5:** HSC del vairone (*Lueciscus souffia muticellus*) per il parametro profondità

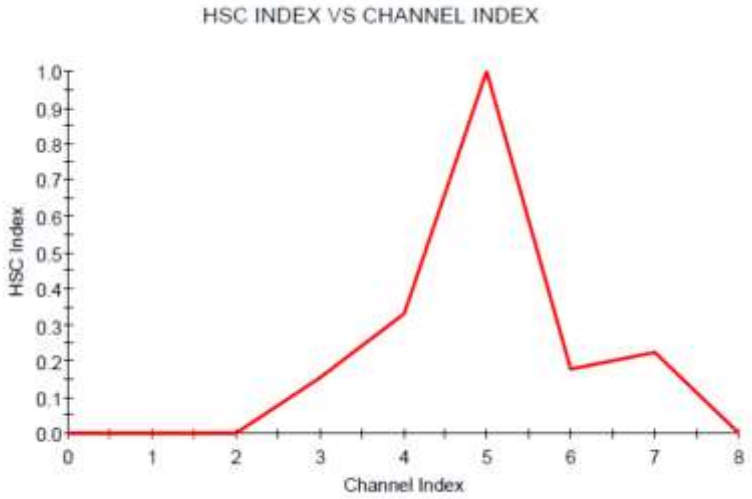



**Figura 6:** HSC del vairone (*Lueciscus souffia muticellus*) per il parametro Channel Index

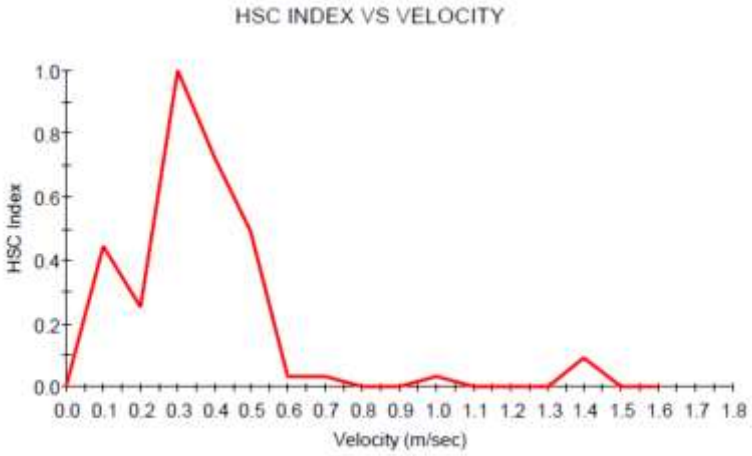



**Figura 7:** HSC del barbo (*Barbus plebejus*) per il parametro velocità

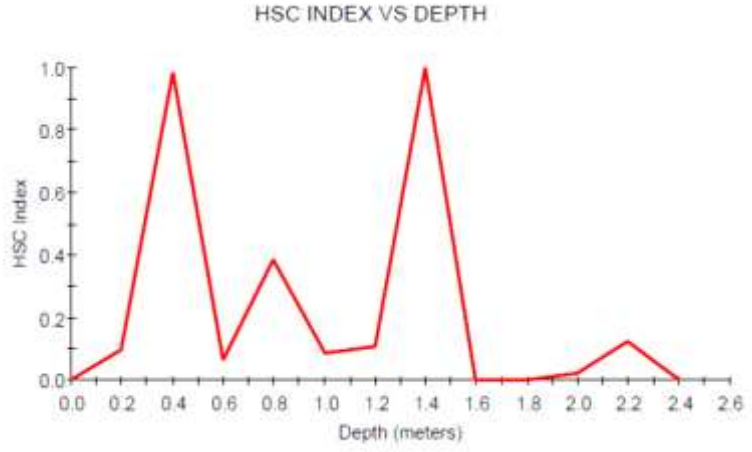



**Figura 8:** HSC del barbo (*Barbus plebejus*) per il parametro profondità

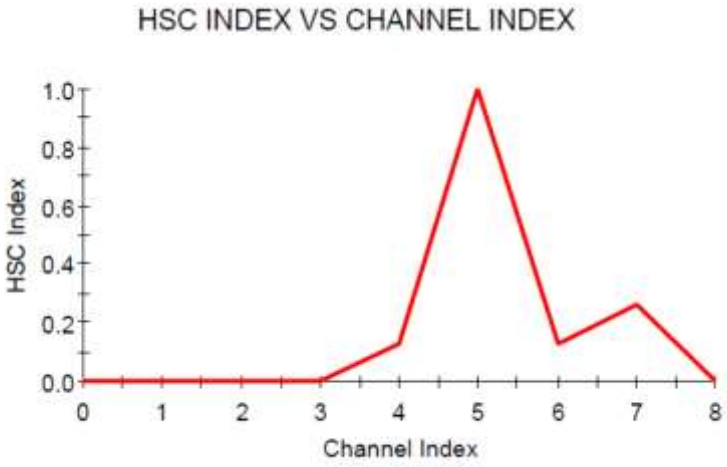



**Figura 9:** HSC del barbo (*Barbus plebejus*) per il parametro profondità

Come si può rilevare dalle curve di preferenza appena presentate, quella maggiormente disarmonica risulta essere riferita alla specie barbo, per quanto concerne il parametro profondità. Tale evidenza viene riscontrata presumibilmente a causa dell' accorpamento delle differenti classi di taglia che biologicamente hanno necessità di habitat differenti. Tale conformazione risulta comunque soddisfare i requisiti di progetto, in quanto dal confronto eseguito tra la curva cumulante le differenti classi e quelle con classi di taglia suddivise, non si evidenziano siti diversi da parte del software Phabsim relativamente all'ADP risultante.

Relativamente al Channel Index, che esprime la tipologia di substrato di cui è composto l'alveo, è stata mantenuta la classificazione proposta dal software poiché, date le condizioni sito-specifiche, è stata ritenuta in grado sia di identificare le differenti tipologie di substrato, sia di essere idonea al contesto di applicazione e al suo grado di bassa complessità morfologica. La classificazione utilizzata per lo sviluppo delle curve di preferenza viene presentata nella seguente tabella. Va comunque osservato che dato il grado di antropizzazione dell'alveo, soprattutto nel tratto a monte, la tipologia non risulta variare anche con portate considerevoli, poiché non si verificano eventi di piena formativi; tale evidenza è stata riscontrata anche a seguito dell'applicazione del modello, eseguendo prove che tralasciano la componente "substrato" dal calcolo dell'ADP.

| Codice | Tipologia di substrato |
|---|---|
| **1** | detriti organici/materiale vegetale |
| **2** | fango/argilla fine |
| **3** | Limo |
| **4** | Sabbia |
| **5** | Ghiaia |
| **6** | Ciottolo |
| **7** | Massi |
| **8** | Letto di roccia |

**Tabella 6:** Codici relativi al Channel Index

Successivamente all'inserimento dei dati morfologici all'interno del Phabsim, si è passati alla taratura del modello utilizzando le sole portate di calibrazione; eseguendo le elaborazioni relative all'ADP solo con queste portate. Di seguito si è provveduto ad inserire le portate di modulazione, che dati gli scopi di progetto e il set di dati a disposizione sono state ripartite secondo le portate presentate in tabella per ciascuna stazione. In azzurro vengono evidenziate le portate di calibrazione, mentre in verde ed in giallo rispettivamente i valori relativi al 5% e al 10% idrologico.

| | ST18 | ST26 | ST38 | ST39 | ST40 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Portata 1** | 3,95 | 3,22 | 3,29 | 3,32 | 3,39 |
| **Portata 2** | 6,00 | 4,50 | 4,59 | 6,67 | 6,76 |
| **Portata 3** | 11,7 | 6,42 | 6,55 | 11,00 | 15,00 |
| **Portata 4** | 20,00 | 7,28 | 15,00 | 22,17 | 24,79 |
| **Portata 5** | 40,00 | 15,00 | 29,10 | 30,57 | 31,50 |
| **Portata 6** | | 30,00 | | | |

**Tabella 7:** Portate di calibrazione e simulazione inserite nel modello Phabsim

La scelta di tali portate è stata eseguita tenendo conto dei deflussi relativi al 5% ed al 10% per il DMV, relativi agli scenari del PTUA, prestando pertanto attenzione allo scopo della ricerca, dell'apposito studio e dei relativi risultati derivanti. Le portate intermedie sono state invece scelte con senso logico, avendo cura di adottare un valore intermedio. Per la stazione 18, avendo già a disposizione una portata di calibrazione molto vicina al 5% idrologico, non è stata effettuata la valutazione con portate minori, poiché si ritiene che le variazioni, data la morfologia del fiume, non siano significative e pertanto utili al risultato finale.

## 3. RISULTATI

A seguito delle operazioni di modellazione è stato quindi possibile definire l'ADP per ciascuna specie per i suddetti tratti fluviali, e si sono ottenuti i risultati riportati di seguito. Tutti i grafici relativi all'area disponibile ponderata sono presentati in relazione all'area totale del tratto, disegnata in rosso, mentre la curva dell'ADP al variare delle portate è disegnata in blu; entrambe le entità risultano avere la medesima unità di misura e sono espresse come $m^2$/1000 metri lineari.

## Stazione 18

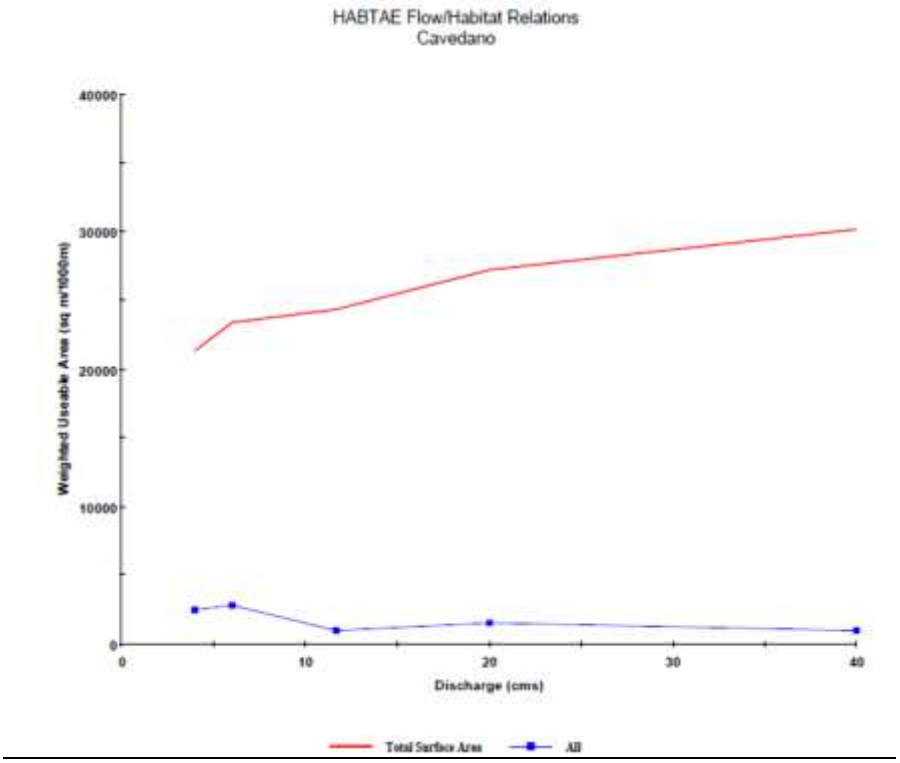



Figura 10: ADP per la specie cavedano in relazione all'area totale

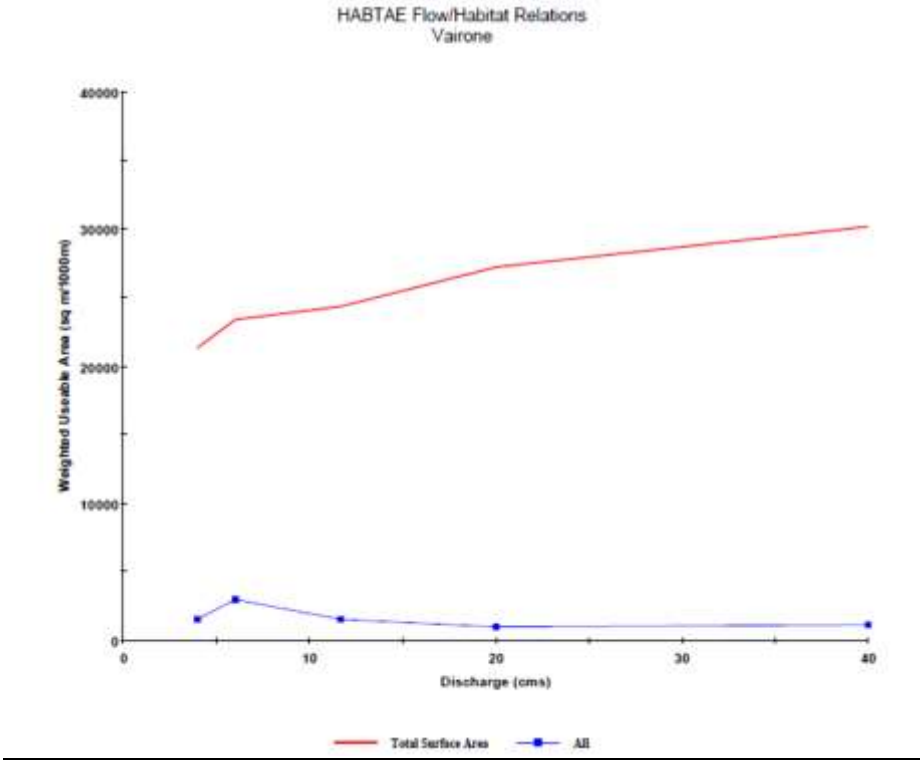



Figura 11: ADP per la specie vairone in relazione all'area totale

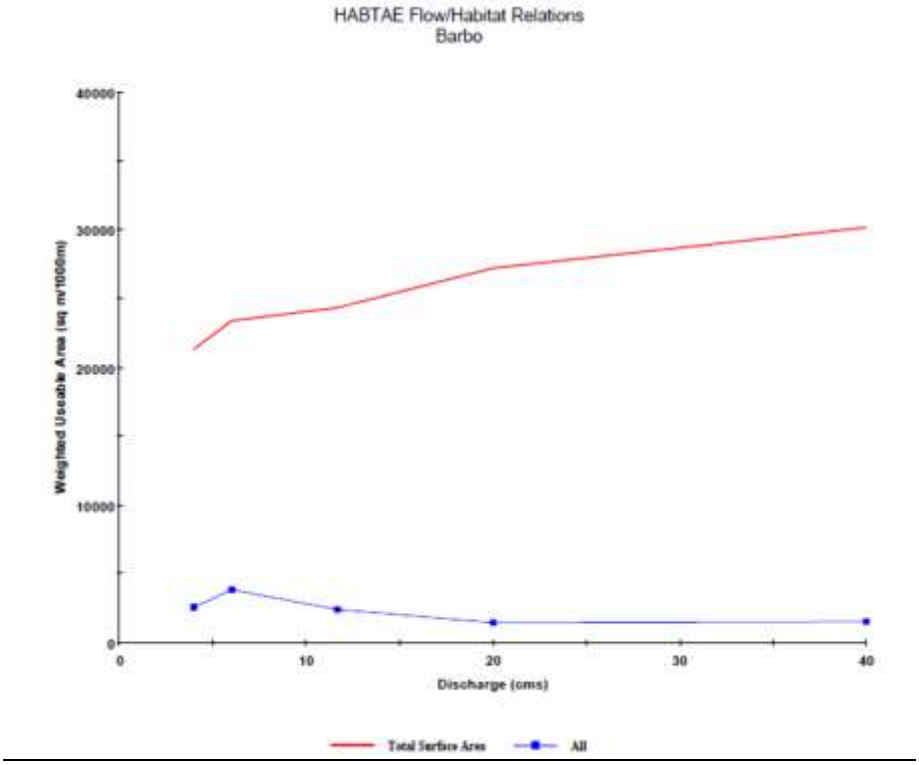



Figura 12: ADP per la specie barbo in relazione all'area totale

| Portate [mc/s] | Area totale | ADP Cavedano | ADP Vairone | ADP Barbo |
|---|---|---|---|---|
| **3,95** | 25.265,311 | 2.446,120 | 1.482,360 | 2.575,780 |
| **6,00** | 26.563,830 | 2.784,090 | 2.934,490 | 3.792,470 |
| **11,7** | 21.287,930 | 948,890 | 1.539,510 | 2.383,410 |
| **20,00** | 23.394,211 | 1.492,280 | 920,380 | 1.418,650 |
| **40,00** | 24.355,971 | 968,030 | 1.115,610 | 1.477,340 |

Tabella 8: Valori relativi all'area totale e alle variazioni di ADP per le specie target considerate

Come visibile dai grafici riportati, si nota come un incremento di portata da 3,95 $m^3$/s a 6 $m^3$/s (valori di DMV pari al 10%) apporti di fatto un aumento dell'area disponibile ponderata per le specie, sebbene di natura molto contenuta. Tale evidenza risulta maggiormente marcata per il vairone e per il barbo, probabilmente in relazione alla maggiore reofilia delle specie. L' aumento delle portate risulta invece condizionare l'ADP in ragione dei deflussi e delle velocità che si sviluppano in alveo. Va comunque sottolineato che l'ADP, rispetto all'area totale risulta di scarsa entità e pari, nel migliore dei casi, (vedasi il caso del barbo con portata pari a 6 $m^3$) a circa il 15% dell'area totale, di fatto non portando significative modificazioni dell'habitat disponibile in relazione all'area complessiva presa in esame. Quindi, facendo riferimento alle condizioni morfologiche del tratto considerato, va evidenziata la banalizzazione d'alveo e la presenza di un letto fluviale incassato che non permettono la divagazione del fiume e la creazione di habitat differenti in relazione alle variazioni di portata. L'andamento evidenziato dal modello, con aumenti dell'ADP in concomitanza con il valore di DMV idrologico pari al 10% è stato ravvisato, con l'applicazione del modello Phabsim solo per la stazione 18, come meglio visibile di seguito.

## Stazione 26

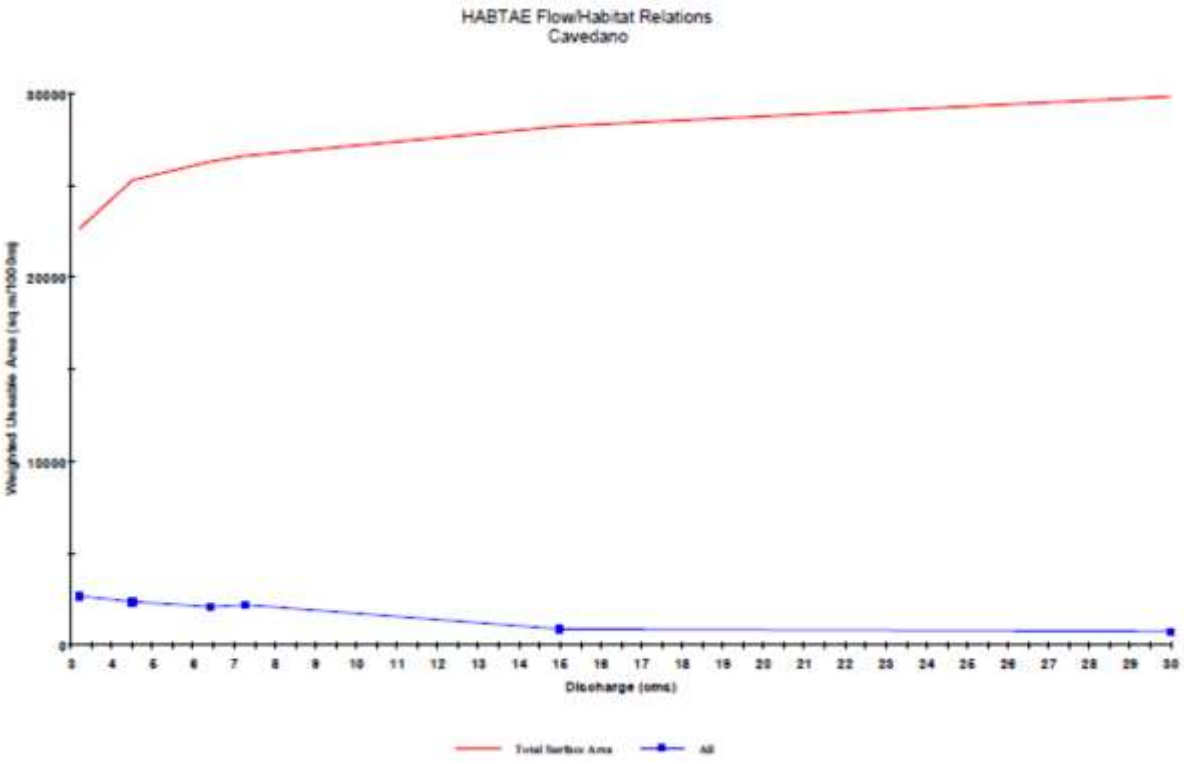



Figura 13: ADP per la specie cavedano in relazione all'area totale

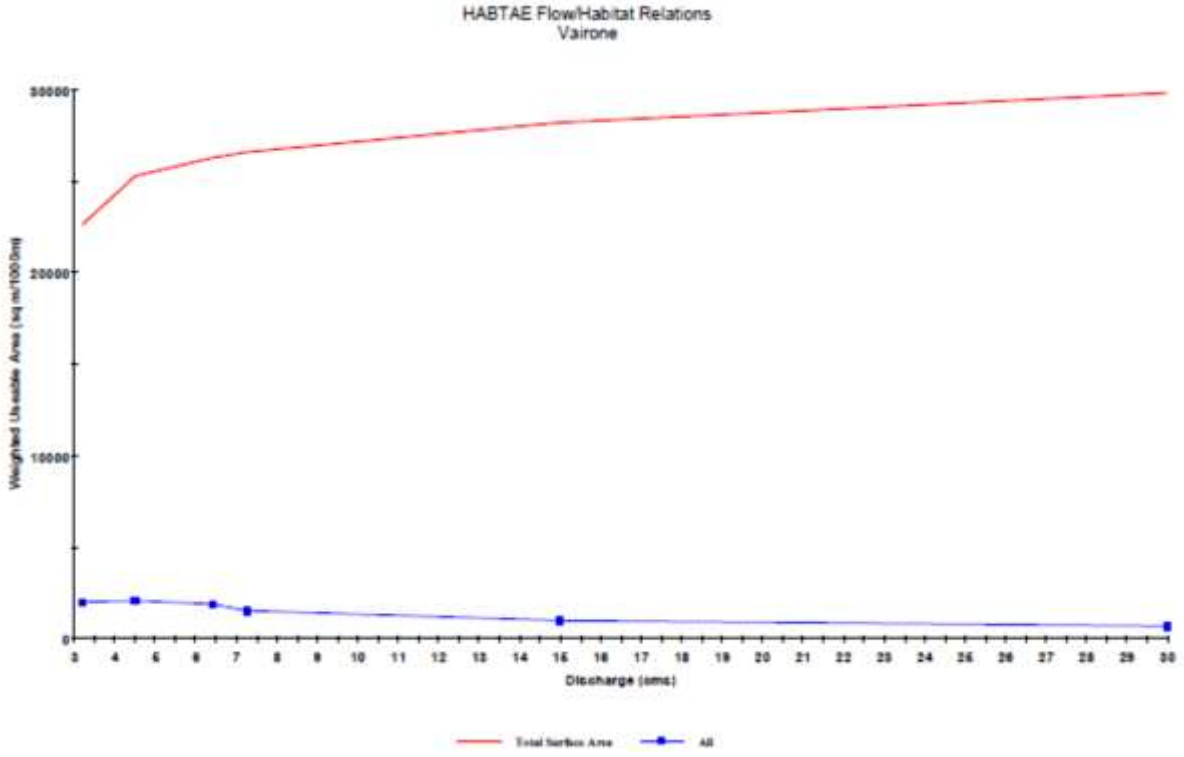



Figura 14: ADP per la specie vairone in relazione all'area totale

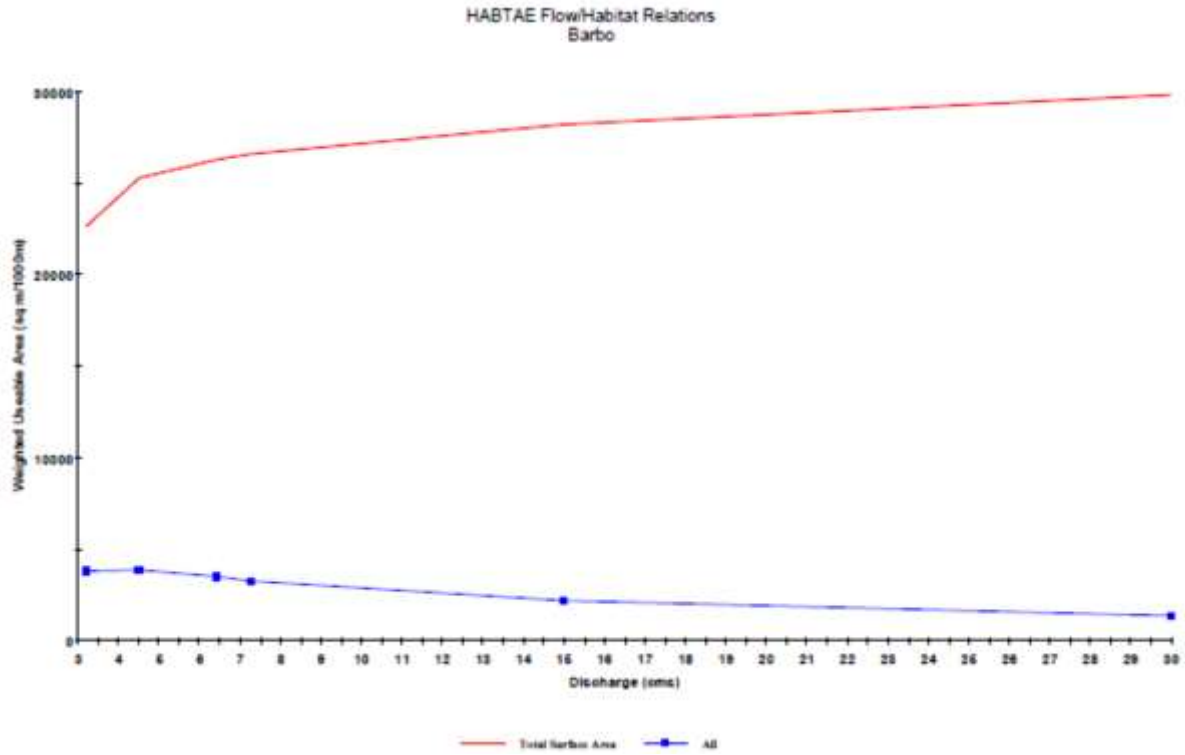



Figura 15: ADP per la specie barbo in relazione all'area totale

| Portate [mc/s] | Area totale | ADP Cavedano | ADP Vairone | ADP Barbo |
|---|---|---|---|---|
| **3,22** | 22.640,320 | 2.621,740 | 1.999,850 | 3.775,690 |
| **4,50** | 25.265,311 | 2.361,680 | 2.017,610 | 3.816,010 |
| **6,42** | 26.307,020 | 2.039,490 | 1.862,020 | 3.444,350 |
| **7,28** | 26.563,830 | 2.132,690 | 1.501,570 | 3.255,170 |
| **15,00** | 28.192,770 | 864,120 | 975,740 | 2.171,570 |
| **30,00** | 29.824,750 | 690,010 | 685,090 | 1.312,690 |

Tabella 9: Valori relativi all'area totale e alle variazioni di ADP per le specie target considerate

Analizzando la stazione 26 si nota come il modello fornisce risultati più assimilabili a quelli attesi in ragione della conformazione fluviale e del contesto indagato. Infatti le minime variazioni di portata, con bassi regimi tra 5% e 7% del rilascio DMV, creano di fatto un minimo aumento dell'ADP per quanto concerne il vairone e il barbo, mentre risultano già penalizzanti per il cavedano, che risente dell'aumento delle velocità di scorrimento in alveo in ragione della morfologia fluviale. Facendo riferimento al valore corrispondente al 10%, pari a 6,42 $m^3/s$, si verifica invece uno scadimento delle ADP riferite alle specie target e, inoltre, rimane evidente il rapporto tra area totale e area disponibile ponderata, che nel migliore dei casi, relativamente al barbo si assesta su percentuali intorno al 15%, riducendosi per tutte le specie per valori superiori a 4,5 $m^3/s$.

## Stazione 38

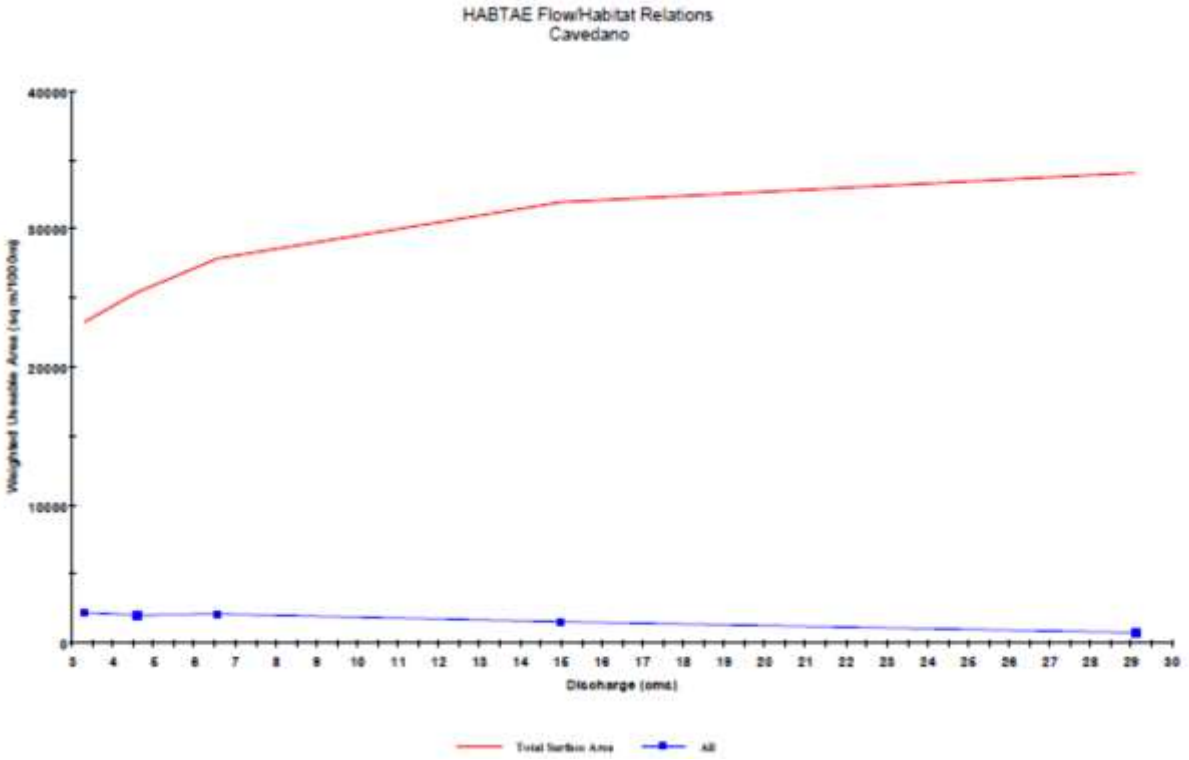



Figura 16: ADP per la specie cavedano in relazione all'area totale

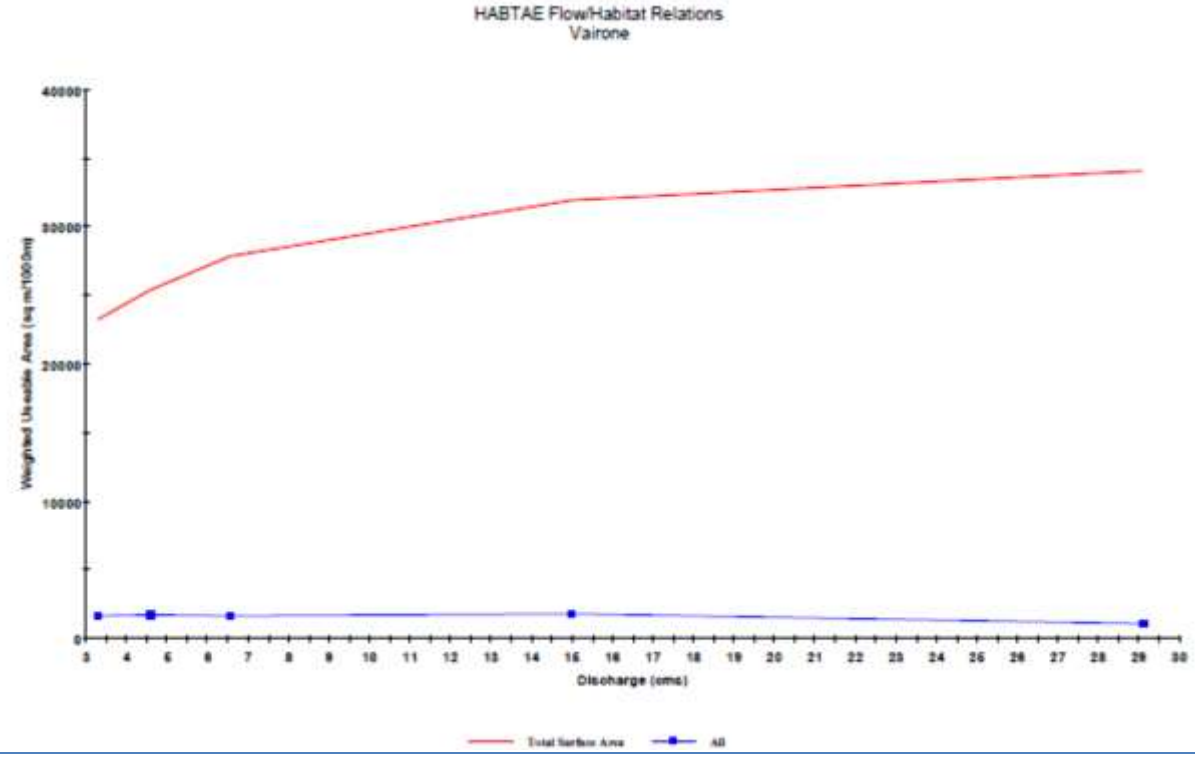



Figura 17: ADP per la specie vairone in relazione all'area totale

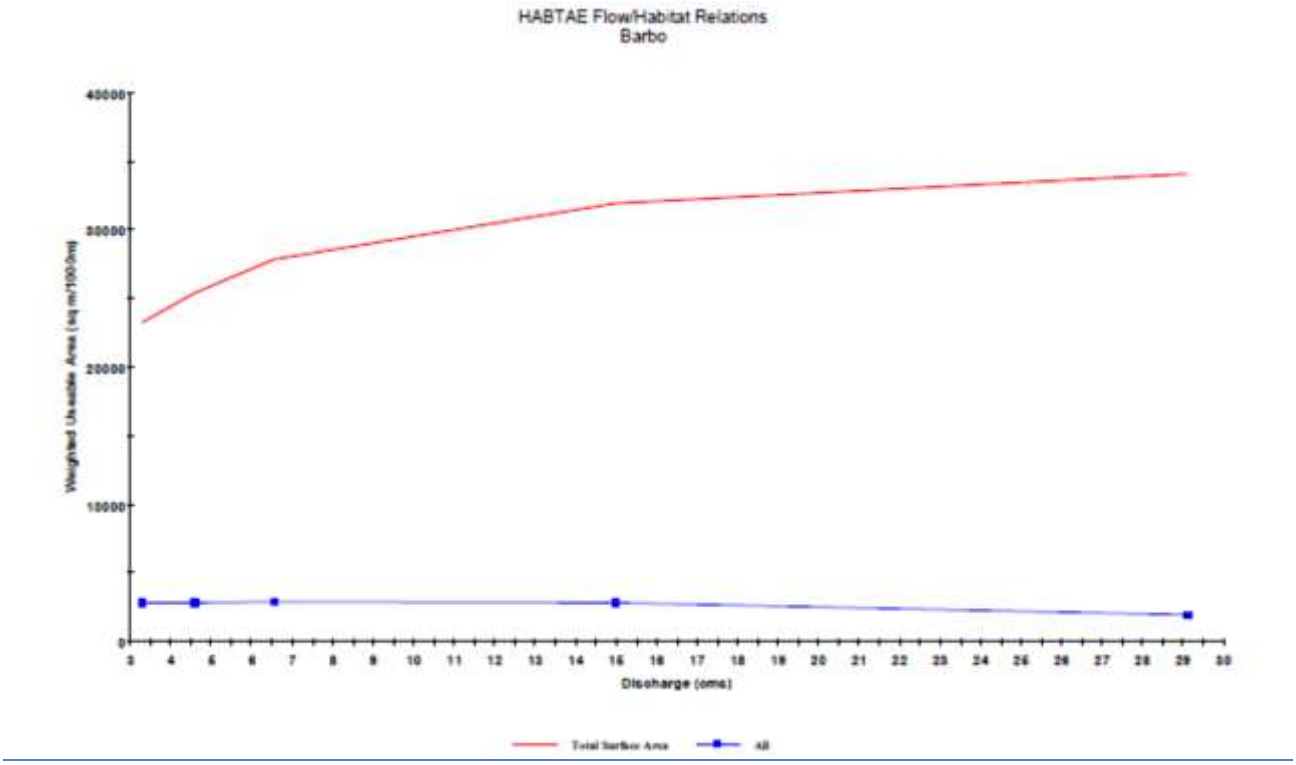



Figura 18: ADP per la specie barbo in relazione all'area totale

| Portate [mc/s] | Area totale | ADP Cavedano | ADP Vairone | ADP Barbo |
|---|---|---|---|---|
| **3,3** | 22640,32 | 2173,62 | 1556,9 | 2805,63 |
| **4,6** | 25265,31 | 1991,46 | 1686,32 | 2774,02 |
| **6,56** | 26307,02 | 2099,63 | 1615,29 | 2854,93 |
| **15** | 26563,83 | 1521,21 | 1782,13 | 2791,72 |
| **29,1** | 31906,4 | 754,74 | 1005,98 | 1882,55 |

Tabella 10: Valori relativi all'area totale e alle variazioni di ADP per le specie target considerate

I risultati derivanti dall'applicazione del modello Phabsim alla stazione 38, confermano ulteriormente quanto già espresso per il precedente sito. L'ADP, rispetto all'area totale risulta inoltre inferiore rispetto alle precedenti stazioni, attestandosi su un massimo del 12% per quanto concerne il barbo, mentre per le restanti specie risulta inferiore. Questa evidenza conferma pertanto le caratteristiche di banalizzazione d'alveo e la ristrettezza di habitat per la fauna ittica popolante il corso d'acqua. Facendo un raffronto tra le portate pari al 5% e al 10%, si nota come per il cavedano si assista ad una diminuzione seppur contenuta dell'ADP. Diversamente per il vairone e per il barbo si ha un incremento anche se poco significativo; infatti per tutte le tre specie le variazioni segnalate corrispondono ad una variabilità massima di 100 $m^2$/1000 metri lineari, ossia una differenza del tutto insignificante.

## Stazione 39

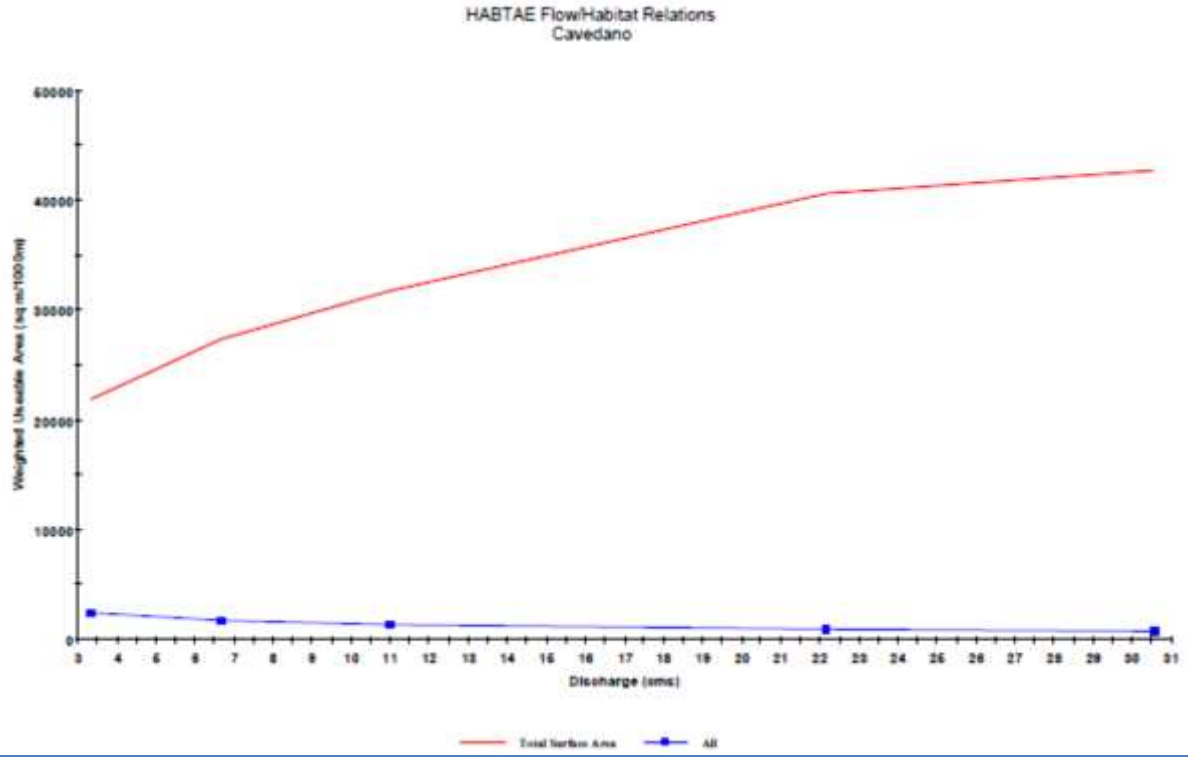



Figura 19: ADP per la specie cavedano in relazione all'area totale

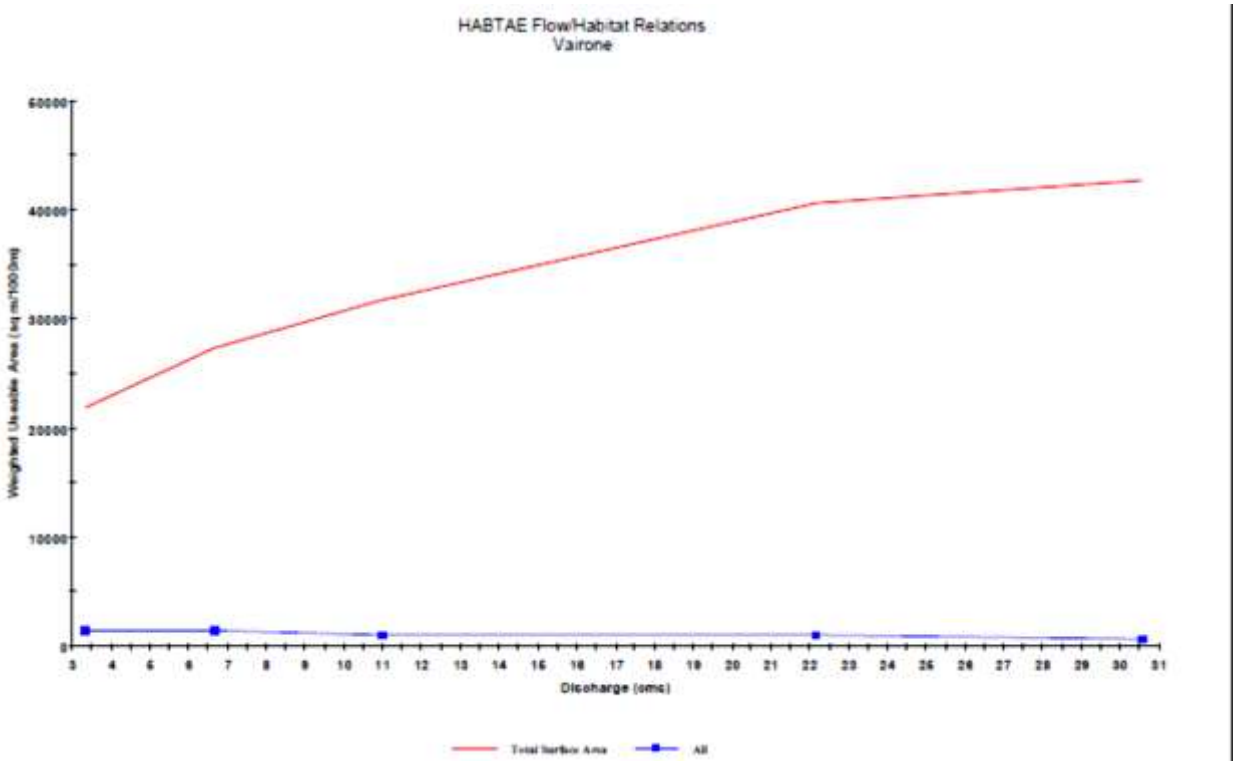



Figura 20: ADP per la specie vairone in relazione all'area totale

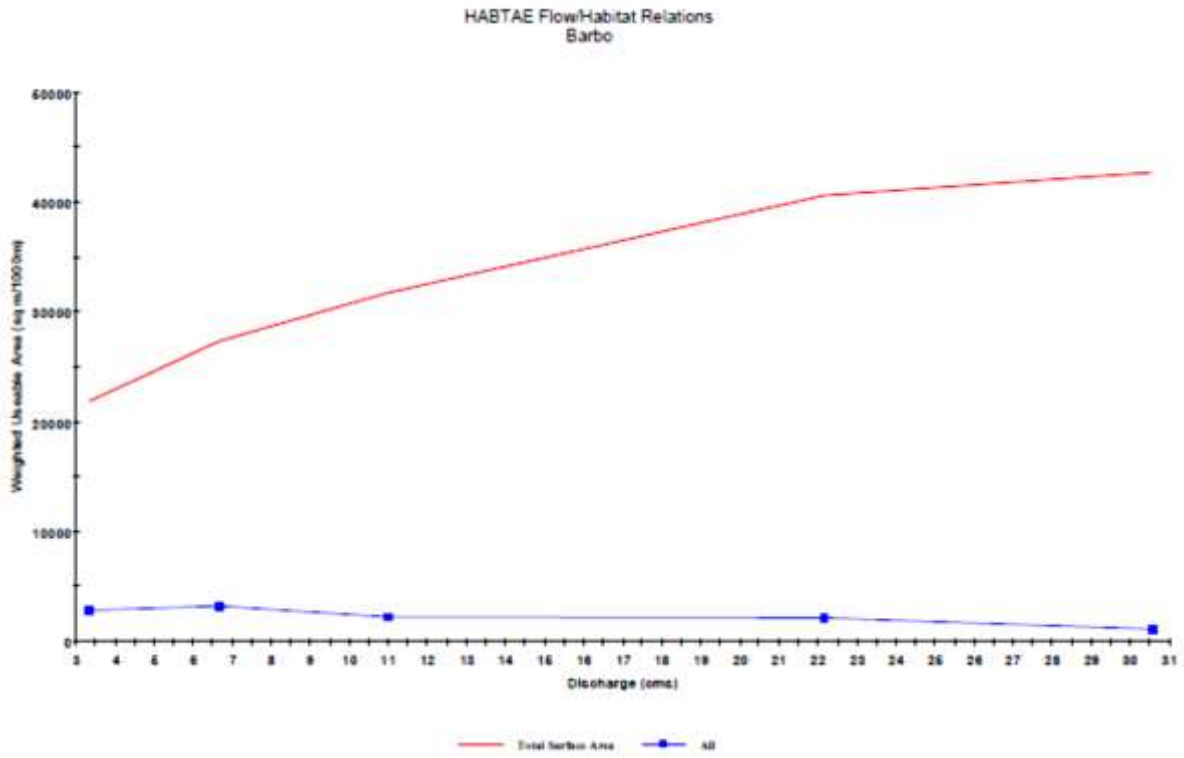



Figura 21: ADP per la specie barbo in relazione all'area totale

| Portate [mc/s] | Area totale | ADP Cavedano | ADP Vairone | ADP Barbo |
|---|---|---|---|---|
| **3,33** | 21838,19 | 2404,96 | 1382,76 | 2759,01 |
| **6,67** | 27367,96 | 1649,59 | 1388,62 | 3150,78 |
| **11** | 31688,58 | 1263,06 | 959,69 | 2179,13 |
| **22,17** | 40571,42 | 936,12 | 1011,81 | 2077,42 |
| **30,58** | 42692,44 | 743,69 | 632,21 | 1145,64 |

Tabella 11: Valori relativi all'area totale e alle variazioni di ADP per le specie target considerate

Relativamente alla stazione 39, si può notare come l'area totale, in ragione delle differenti caratteristiche di conformazione dell'alveo rispetto ai tratti a monte, aumenti in modo considerevole anche per la maggior espansione del letto del fiume, che si verifica soprattutto nel tratto centrale del sito in esame, con ampiezze d'alveo considerevoli ed un alveo attivo in media di 60 metri di larghezza. La conformazione del sito, e la possibile divagazione dell'alveo attivo, e quindi la creazione di habitat differenti in grado di ospitare maggiormente la popolazione ittica, non ha risultanza dalla simulazione operata. Infatti il modello non fornisce un risultato atteso e in linea con quanto osservato nel corso delle campagne ittiogeniche svolte nei diversi anni. Se da un lato si nota un maggiore incremento dell'area totale, dall'altro le ADP risultano addirittura inferiori di quelle in stazioni con caratteristiche morfologiche più banalizzate ed con alveo maggiormente incassato. L'unica specie che risulta trarre un beneficio dall'aumento di portate è il barbo, seppure in modo estremamente contenuto (incremento massimo di circa 400 $m^2$/1000 m); per vairone e cavedano invece all'aumento di portata corrisponde una diminuzione dell'ADP. Pertanto variazioni di DMV contenute tra il 5% ed il 10% non sono in grado di influenzare secondo il modello la disponibilità di habitat.

## Stazione 40

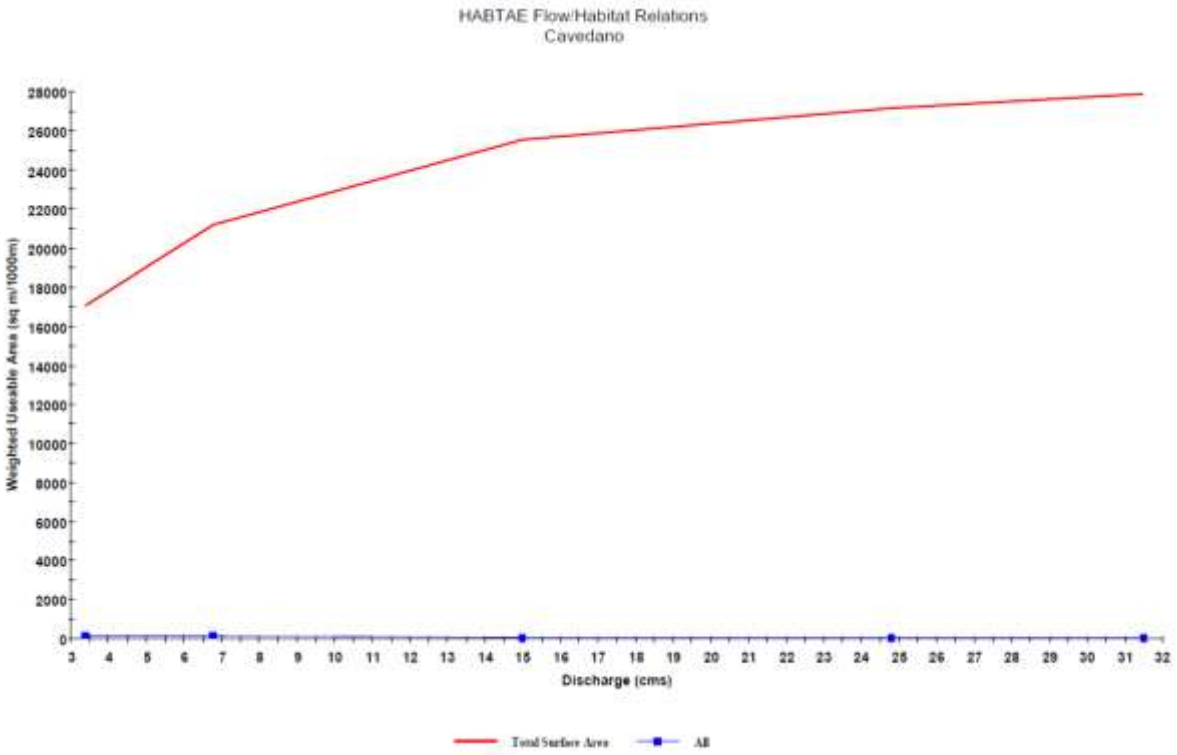



Figura 22: ADP per la specie cavedano in relazione all'area totale

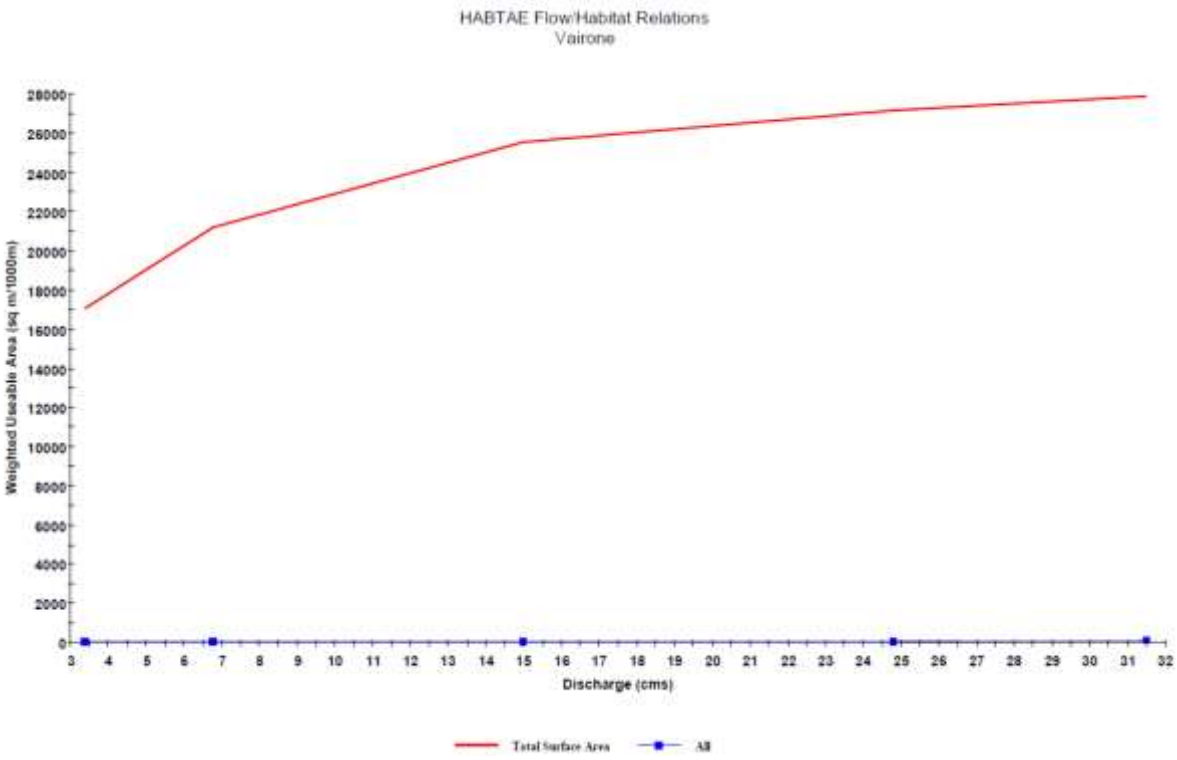



Figura 23: ADP per la specie vairone in relazione all'area totale

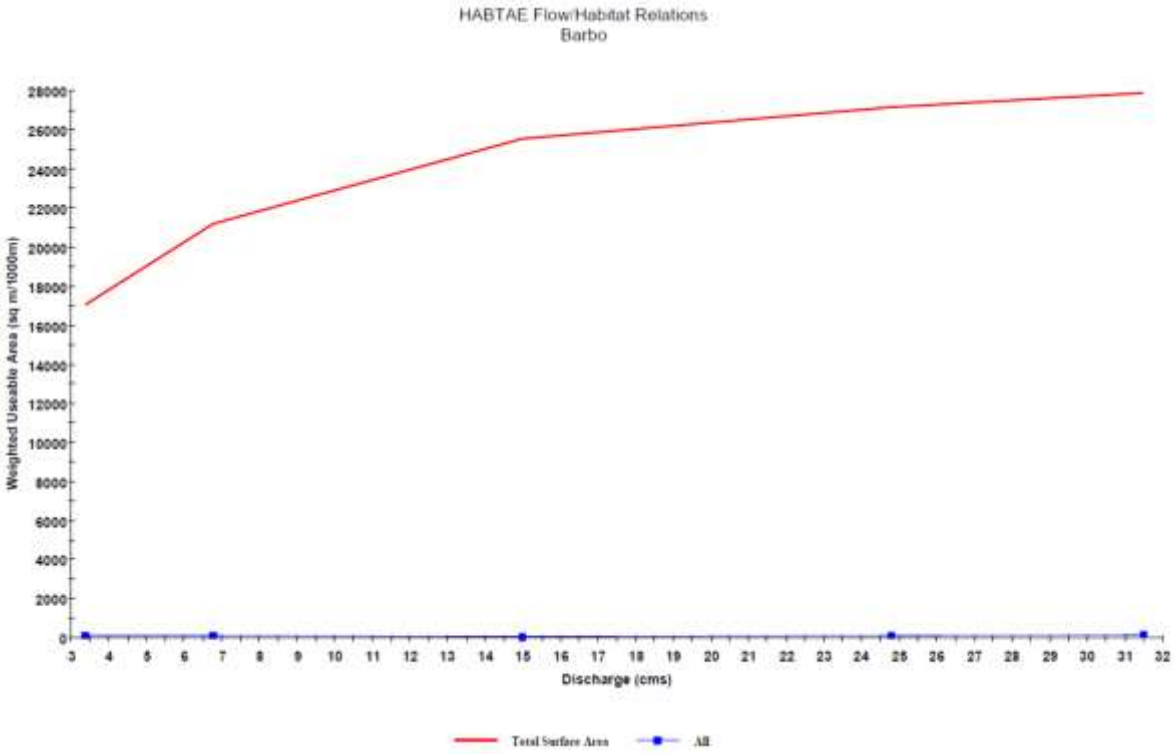



Figura 24: ADP per la specie barbo in relazione all'area totale

| Portate [mc/s] | Area totale | ADP Cavedano | ADP Vairone | ADP Barbo |
|---|---|---|---|---|
| **3,39** | 17038,96 | 159,49 | 73,77 | 123,28 |
| **6,77** | 21194,61 | 142,81 | 62,17 | 98,67 |
| **15** | 25527,53 | 83,67 | 74,46 | 75,38 |
| **24,8** | 27136,96 | 50,06 | 54,67 | 134,32 |
| **31,5** | 27883,02 | 51,98 | 86,52 | 142,96 |

Tabella 12: Valori relativi all'area totale e alle variazioni di ADP per le specie target considerate

Data la conformazione del tratto, si nota che l'area totale è di fatto molto più ridotta rispetto alle altre stazioni indagate. La morfologia della stazione si ripercuote in maniera molto marcata anche sulle ADP rilevate dal modello, con valori veramente ridotte per tutte e tre le specie target. Anche se tale dato risulta di scarsa entità, va evidenziato che l'ADP risulta diminuire con l'aumento delle portate, fatto salvo il barbo che, con portate molto elevate, risente di un beneficio probabilmente legato alla creazione di aree, seppur non significative in termini complessivi, riscontrate dal software. In tutti i casi l'ADP, rispetto all'area totale risulta avere valori massimi inferiori all'1% e pertanto, in tale condizione, il modello risulta di scarsa efficacia, dimostrando alcuni limiti di applicazione per il contesto di studio, ampiamente analizzati in precedenza.

## 4. CONCLUSIONI

A seguito dell'applicazione del modello Phabsim, per il calcolo delle aree disponibili ponderate delle tre specie target decise presso il Tavolo Tecnico, risulta chiaro che tale software non risulta sempre idoneo all'applicazione di un contesto di studio come il fiume Oglio. In particolare:

- Delle 5 stazioni analizzate (ST18, ST26, ST38, ST39, ST40) l'ultima risulta scarsamente significativa dal punto di vista degli esiti, con ADP che si presentano molto ridotte e pertanto il risultato del modello non è da ritenersi attendibile, se riferito al contesto studiato e confrontato con tratti maggiormente significativi. Inoltre, per le stazioni ST18 e ST39, si rilevano diversità di rispondenza del Phabsim legate alle condizioni di morfologia d'alveo. Relativamente al tratto più a monte le elaborazioni derivanti dal software mostrano infatti che l'area disponibile aumenta per le basse portate, comprese tra il 5% e il 10%, data la morfologia del tratto con particolare riferimento alla forma dell'alveo e alla morfologia incassata dello stesso, non si rilevano particolari variazioni di aree bagnate o inondabili tali da giustificare un aumento dell'ADP anche se contenuto. Per contro, la stazione 38 la cui morfologia risulta la meno impattata dal punto di vista antropico, per quanto concerne la divagazione del letto fluviale entro i limiti delle sponde, sviluppa habitat molto differenziati, soprattutto nel tratto medio e finale della stazione. Tale diversità, secondo l' approccio morfologico, dovrebbe quindi essere in grado di fornire condizioni più predisponenti per la fauna ittica, mentre il modello rileva esattamente l'opposto, penalizzando di fatto l'ADP per tutte le specie, se si fa riferimento ad alte portate, mentre se si confrontano i valori di portata relativi al 5% e al 10%, solo il barbo risulta trarre beneficio da questa variazione.

- Relativamente alle stazioni 26 e 38, si rileva che variazioni minime dei deflussi, con particolare riferimento ai deflussi di DMV dichiarati dal PTUA, non risultano essere in grado di influenzare la disponibilità di habitat per le tre specie indagate; per contro, secondo il modello, maggiore è il deflusso peggiori sono le condizioni di area disponibile ponderata. Il medesimo risultato risulta chiaro anche per la stazione 39, seppur, secondo il giudizio esperto, tale stazione dovrebbe essere la sola a fornire le migliori condizioni di habitat all'aumentare delle portate, in funzione della morfologia del sito.

A fronte di tali informazioni, ottenute dall' applicazione del modello per il contesto indagato, e a fronte dei risultati sviluppati, si rileva che nel fiume Oglio sublacuale, stanti tutte le molteplici condizioni ampiamente descritte nelle relazioni fornite precedentemente e in ragione dei campionamenti effettuati, soprattutto durante l'anno 2015 caratterizzato da una forte siccità, le basse portate dimostrano di essere quelle in grado di agevolare i naturali processi di auto sostentamento della specie che, localmente e senza disturbi di tipo idraulico, possono dare luogo a riproduzione in modo corretto appropriato e florido. infatti, come si è detto, le condizioni di antropizzazione dell'alveo e del territorio circostante, data la conformazione fluviale in molti tratti assimilabile a dinamiche tipiche di un canale poiché avente alveo incassato e vincolato, provocano, all'aumentare dei deflussi, un aumento marcato delle velocità di scorrimento determinando quindi condizioni perturbate, soprattutto per gli stadi giovanili delle differenti specie.

In ultimo si rileva che, nonostante il modello Phabsim sia parzialmente in grado di rispecchiare in modo corretto le variazioni di habitat sul fiume Oglio, per quattro stazioni su cinque analizzate con il suddetto metodo, le tre specie risultano trarre beneficio da condizioni di deflusso più contenute, pari al 5% del DMV, fatto salvo per la specie barbo che, in ragione della spiccata reofilia, meglio si adatta a condizioni di deflusso più elevate, sebbene, come già discusso, le succitate condizioni migliorative si limitano a minimi aumenti di disponibilità d'habitat. Tralasciando la stazione 40, nella quale i limiti del modello risultano molto marcati, si rileva pertanto che, ad eccezione della stazione 18, le rimanenti mostrano risultati in grado di supportare e confermare quanto già espresso e convalidato attraverso le attività di censimento in campo, ossia che, ad oggi e durante il periodo sperimentale passato, siano altri e diversi i fattori limitanti i processi di mantenimento e diffusione dell'ittiofauna nel fiume Oglio sublacuale e come le portate defluenti agiscano da fattore limitante solo in concomitanza con significativi aumenti di portata, essendo la modulazione del DMV proposta ed applicata non in grado di provocare eventi di stress limite incidenti sulla salute della comunità ittica popolante il fiume.