



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI BIOSCIENZE



**Sbarramento del fiume Adda in località Budriesse
(Comune di Castelnuovo Bocca d'Adda):
messa in opera di un passaggio artificiale per pesci**

Relazione tecnica su ecologia ed ittiofauna

Esecuzione tecnico-scientifica

Dott. Marco Parolini

Coordinamento scientifico

Prof. Nicola Saino

Dipartimento di Bioscienze

Università degli Studi di Milano



INDICE

	Pag.
1. OGGETTO DELLA RELAZIONE.....	3
2. PREMESSA.....	4
3. PERCORRIBILITA' FLUVIALE E SPOSTAMENTI DEI PESCI.....	6
4. CARATTERIZZAZIONE DELLA FAUNA ITTICA.....	10
5. INDIVIDUAZIONE DELLE SPECIE <i>TARGET</i>.....	13
6. DEFINIZIONE DELLA CAPACITA' NATATORIA DEI PESCI.....	20
7. INTERVENTI PER CONSERVAZIONE O IL RIPRISTINO DELLA PERCORRIBILITA' FLUVIALE.....	22
8. QUADRO NORMATIVO REGIONALE DI RIFERIMENTO.....	25
9. SINOSSI DELLE CONSIDERAZIONI UTILI ALLA DEFINIZIONE DELLA OPPORTUNITÀ DELLA MESSA IN OPERA DEL PPP E DELLA SUA TIPOLOGIA.....	27
10. TIPOLOGIA E CARATTERISTICHE STRUTTURALI E FUNZIONALI DEL PPP DA PORRE IN OPERA.....	29
11. ULTERIORI RACCOMANDAZIONI PER LA MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DELLO SBARRAMENTO E DELLE OPERE PER LA PRODUZIONE IDROELETTRICA CONNESSE.....	32
12. MONITORAGGIO DELLA FUNZIONALITA' DEL PASSAGGIO PER PESCI	33
13. Bibliografia tecnica e scientifica di riferimento.....	34



1. OGGETTO DELLA RELAZIONE

Oggetto della presente relazione è la valutazione della opportunità della messa in opera e delle modalità di esecuzione di un manufatto (di seguito definito “Passaggio per Pesci” o PPP) atto a consentire il superamento da parte della fauna ittica e dei ciclostomi, sia verso monte che verso valle, dell’opera di sbarramento del Fiume Adda progettata in località Budriesse (Comune di Castelnuovo Bocca d’Adda, LO) per la realizzazione di un impianto idroelettrico.

Segnatamente, la relazione concerne 1) la contestualizzazione normativa relativa agli interventi disposti per la mitigazione dell’impatto degli sbarramenti fluviali in alveo e delle derivazioni di acque superficiali; 2) la definizione del contesto ecologico-faunistico in cui l’opera di sbarramento si inserisce e dei suoi effetti sui naturali spostamenti di natura migratoria e dispersiva dei vertebrati acquatici autoctoni; e 3) la identificazione della tipologia e localizzazione del PPP più idonee a garantire la percorribilità fluviale da parte dei vertebrati acquatici.

La relazione formula inoltre raccomandazioni per la mitigazione dell’impatto dell’opera di derivazione delle acque per l’alimentazione dell’impianto idroelettrico sulla fauna acquatica e per il monitoraggio della effettiva funzionalità del PPP in condizioni di operatività dello sbarramento.

La relazione si fonda sull’analisi della letteratura scientifica e tecnica riguardante la composizione e biologia della fauna ittica del basso corso del Fiume Adda e la corretta esecuzione della messa in opera di PPP finalizzati alla mitigazione degli effetti delle opere di sbarramento fluviale in alveo, i riferimenti alla quale sono elencati in calce alla relazione, nella sezione “Bibliografia di riferimento”, cui si rimanda per ogni opportuno approfondimento.



2. PREMESSA

Un fiume deve essere inteso, in senso ecologico, come un ecosistema aperto e complesso, tipicamente caratterizzato dalla variazione, secondo gradienti di pendenza diversa, delle condizioni abiotiche e delle comunità biotiche, e da un effettivo, elevato grado di interconnessione mediata da scambi di materia ed energia secondo lo sviluppo longitudinale dell'asta fluviale.

Un aspetto essenziale dell'ecologia fluviale è dunque la dipendenza della composizione e delle funzioni delle comunità biotiche di ciascuna delle sezioni in cui un fiume o un corso d'acqua minore può intendersi ripartito, e delle interazioni ecologiche fra popolazioni che vi si sviluppano, dalle comunità biotiche insediate non solo a monte, bensì anche a valle della sezione in esame. Un corso d'acqua risponde quindi al concetto di continuum (*River continuum*) secondo il cui sviluppo longitudinale si esprimono gradienti di natura chimica (ad es. ossigenazione), fisica (temperatura, velocità della corrente) e biotica (ricchezza e diversità specifica, struttura delle reti trofiche, etc.).

La continuità fluviale, ossia l'assenza di interruzione del flusso idrico, e la percorribilità del fiume da parte degli organismi vagili che in modo attivo o passivo naturalmente si spostano lungo l'asta fluviale, sia verso valle che verso monte, rappresenta quindi un elemento costitutivo fondamentale degli ambienti fluviali, soprattutto nei loro tratti planiziali a bassa quota, dove la percorribilità non è, se non raramente, compromessa da discontinuità naturali invalicabili agli organismi acquatici, nella forma ad esempio di salti d'acqua che interessino senza soluzione di continuità temporale l'alveo bagnato per tutta la sua ampiezza.

La composizione, la struttura e le funzioni ecologiche degli ecosistemi fluviali sono state teatro di intense perturbazioni antropogeniche nel corso dei secoli, di volta in volta finalizzate alla regimazione del flusso e alla prevenzione di esondazioni catastrofiche e diffuse, ed a varie forme di sfruttamento delle risorse idriche o biologiche. L'esecuzione di opere di sbarramento per la creazione di invasi artificiali, o la derivazione di acque per uso irriguo o la produzione idroelettrica hanno prodotto una condizione di intensa frammentazione degli ecosistemi fluviali e la conseguente compromissione di molte fondamentali funzioni ecosistemiche, incluse ad esempio quelle mediate dal naturale spostamento di materiali e organismi lungo l'asta fluviale.

Parallelamente alle alterazioni del regime idrico e della continuità e percorribilità fluviale indotte dalla esecuzione di opere di sbarramento, altre sorgenti di intensa perturbazione hanno agito sugli ecosistemi fluviali, inclusa la dispersione di sostanze xenobiotiche, inquinanti ed eutrofizzanti a valle degli insediamenti urbani ed industriali, e per effetto di diffuse pratiche agricole e zootecniche. Interventi ittigenici per scopi ricreativi o per l'incremento della produttività economica delle attività alieutiche professionali, ed il rilascio accidentale o comunque non pianificato di specie alloctone, in particolare di pesci e molluschi, hanno inoltre rappresentato una sorgente di intensa perturbazione. In effetti, deve essere riconosciuto che le comunità ittiche insediate in molti dei principali fiumi e dei corsi d'acqua secondari del nostro Paese sono caratterizzate dalla presenza di numerose specie alloctone che, in virtù di una elevata capacità di colonizzazione, in molti casi hanno acquisito il ruolo di specie invasive. Benché non sia prudente effettuare generalizzazioni quantitative, sia per scarsità di conoscenze scientifiche adeguate che per la estrema



variabilità geografica che caratterizza questi fenomeni, si può infatti affermare che le specie invasive, ai diversi livelli della rete trofica, rappresentando ora una frazione cospicua della biomassa ittica, ed hanno assunto in molti casi un ruolo prevalente nel determinare le modalità delle interazioni trofiche fra popolazioni delle comunità ittiche, soprattutto quando le specie alloctone siano predatori ‘terminali’ generalisti.

L'esecuzione di interventi ittiogenici anche là dove indirizzati a specie autoctone pone, a sua volta, problemi in termini di interferenza e compromissione della struttura e della composizione genetica della popolazione ‘ricevente’ l'intervento, in quanto gli stock di individui utilizzati per il ripopolamento possono essere latori di caratteri genetici che non conferiscono buon adattamento alle specifiche condizioni ecologiche dell'ambiente di rilascio. Questo può essere il caso qualora gli individui utilizzati per il ripopolamento provengano da corsi d'acqua le cui popolazioni hanno subito selezione divergente rispetto alla popolazione cui il ripopolamento è indirizzato o quando gli individui rilasciati derivino da popolazioni allevate in cattività, che possono avere subito processi, anche inavvertiti, di selezione artificiale direzionale, di deriva genetica o di *inbreeding*.

Poiché la introduzione di specie alloctone in un qualsiasi ecosistema è comunque pratica che deve essere prevenuta o i cui effetti, quando l'introduzione sia già avvenuta, devono essere contrastati, la tutela e la conservazione delle specie alloctone normalmente non riveste, da un punto di vista scientifico, alcuna rilevanza. Viceversa, la condizione attuale di ampia e capillare diffusione di specie alloctone nei corsi d'acqua richiederebbe interventi atti al contenimento o, meglio, alla eradicazione delle specie introdotte.

Quindi, l'esecuzione di opere di sbarramento che compromettano, *in toto* o in parte, la continuità e la percorribilità fluviale è rilevante per la fauna ittica solo per quanto attiene alla sua componente autoctona.



3. PERCORRIBILITÀ FLUVIALE E SPOSTAMENTI DEI PESCI

L'esigenza del ripristino, della promozione o della conservazione della continuità e percorribilità fluviale può conseguire, per quanto attiene all'ittiofauna, alla necessità di garantire ai pesci la possibilità di compiere spostamenti longitudinali lungo l'asta fluviale, o eventualmente nel reticolo idrografico cui il corso d'acqua in esame contribuisce, le cui funzioni, ampiezza geografica e fenologia possono variare in modo idiosincratico fra specie ittiche e fra corsi d'acqua.

Non tutti gli spostamenti si configurano come migrazioni *sensu stricto*, ovvero come movimenti pendolari e ciclici fra habitat in cui si compiono fasi diverse del ciclo vitale, e che si compiono con periodicità annuale o di diversa ampiezza temporale.

Spostamenti di natura non migratoria possono svilupparsi lungo l'asta fluviale nella forma della dispersione natale (*natal dispersal*; emigrazione dal luogo di nascita per insediarsi in porzioni diverse dello stesso o di altri habitat) o riproduttiva (*breeding dispersal*; emigrazione dal luogo in cui si è compiuto un ciclo riproduttivo verso un secondo sito di riproduzione) o comunque nella forma di 'erratismi' non necessariamente seguiti dal ritorno al luogo di origine.

Movimenti di natura non migratoria di questa forma rivestono, in generale, importanza nel determinare la struttura genetica della popolazione e la sua dinamica metapopolazionistica. Infatti, la dispersione natale e riproduttiva concorrono nel determinare il flusso genico fra porzioni diverse (o demi) della stessa popolazione, contribuendo alla promozione della diversità genetica e contrastando processi di deriva genetica e di *inbreeding* che possono interferire con le dinamiche evolutive delle popolazioni e compromettere la fitness individuale e di conseguenza la vitalità della popolazione nel suo complesso. Spostamenti di natura dispersiva hanno inoltre l'effetto di garantire la ricolonizzazione di parti di habitat idonei alla specie in esame, promuovendo quindi le dinamiche metapopolazionistiche e riducendo il rischio di estinzione locale per effetti di natura stocastica o deterministica.

Le migrazioni *sensu stricto* possono assolvere funzioni diverse, riconducibili ad esigenze di natura trofica, ontogenetica o di sviluppo, di elusione di condizioni ambientali sfavorevoli per fenomeni di natura stagionale o stocastici (ad esempio piene), e riproduttiva (impropriamente dette 'migrazioni genetiche'). Le migrazioni di natura trofica possono avere periodicità diversa, circadiana o più estesa in senso temporale, e possono compiersi su distanze assai variabili. Le migrazioni con funzione riferibile a processi ontogenetici possono ad esempio essersi evolute per assolvere la funzione di garantire lo 'svallamento' degli individui di stadi giovanili nelle specie potamodrome e catadrome. In risposta ad eventi di natura stagionale o estremi, quali piene, possono compiersi migrazioni verso acque più profonde e lentiche. Infine, migrazioni riproduttive conducono gli adulti, sia delle specie semelpare che iteropare, verso luoghi idonei alla riproduzione. Sono probabilmente queste ultime le forme di migrazione più note, meglio descritte e verosimilmente anche quelle di maggiore ampiezza spaziale.

In dipendenza dal fatto che la migrazione si compia interamente entro il corso del fiume o in bacini di acqua dolce ad esso connessi o, viceversa, si estenda sino al mare o ad ambienti lagunari costieri, si distinguono specie potamodrome o, rispettivamente, diadrome. Tra queste ultime si possono infine distinguere specie catadrome, che



discendono il fiume per raggiungere gli areali riproduttivi in mare (ad esempio l'anguilla, *Anguilla anguilla*) o, viceversa, specie anadrome, che risalgono il fiume penetrandovi dal mare per raggiungere l'areale riproduttivo situato a monte.

Ad esempio, a primavera inoltrata molte specie di ciprinidi, tra cui l'alborella (*Alburnus alburnus*), il cavedano (*Squalius squalus*), la lasca (*Chondrostoma genei*) e il barbo comune (*Barbus plebejus*), compiono spostamenti lungo le aste fluviali per raggiungere zone con caratteristiche di velocità della corrente, granulometria del fondo e vegetazione idonee alla riproduzione. Altre specie, quali la cheppia (*Alosa fallax*) e lo storione cobice (*Acipenser naccarii*), sono migratori anadromi e risalgono i fiumi per riprodursi nelle acque dolci, mentre l'anguilla è l'unico migratore catadromo presente nelle acque interne italiane, dove si accresce per poi migrare alla volta del mare per riprodursi.

In questo contesto, il mantenimento della continuità fluviale riveste una fondamentale importanza per la gestione e l'autosostentamento delle comunità ittiche autoctone, che è però spesso minata dalla presenza di ostacoli naturali e/o artificiali (quali briglie, traverse fluviali e dighe) insormontabili. Tali sbarramenti rappresentano una fonte di estrema criticità per la fauna ittica in quanto determinano:

- limitazioni alla possibilità di riproduzione e/o di accrescimento adeguato;
- diminuzione delle possibilità di sopravvivenza per carenza di ossigeno o cibo in determinate zone del fiume che possono rimanere isolate;
- frammentazione delle popolazioni di una specie in gruppi isolati, e conseguente diminuzione della variabilità genetica (isolamento riproduttivo).

Il comportamento migratorio, nelle sue diverse forme brevemente illustrate in questa sezione, può esprimersi su scale geografiche estremamente variabili ma in molti casi di ordini di grandezza compreso fra quello delle centinaia di metri e quello delle centinaia o migliaia di chilometri.

La fenologia delle migrazioni, ovvero la scansione temporale con cui esse avvengono, dipende sia dalla natura funzionale dello specifico spostamento migratorio, sia dalla specie in esame. In alcuni casi è possibile inoltre che per fatti intrinseci alla biologia delle specie o come condizione secondaria a intense e rapide modificazioni antropogeniche degli habitat, e segnatamente della alterazione della percorribilità fluviale, processi di natura microevolutiva o di plasticità fenotipica determinino variabilità nel comportamento migratorio fra popolazioni geografiche differenti della medesima specie. E' possibile generalizzare, ad esempio, riguardo all'esistenza di due principali periodi di migrazione riproduttiva, che interessano gruppi tassonomici e *guild* di specie ittiche diversi: il periodo primaverile, nel quale nei nostri fiumi avvengono principalmente le migrazioni dei ciprinidi, ed il periodo autunnale, in cui si compiono prevalentemente le migrazioni dei salmonidi.

Si può tuttavia ritenere che in comunità ittiche con elevata ricchezza di specie e complesse dal punto di vista sistematico ed ecologico esista una variabilità interspecifica nella fenologia degli spostamenti migratori o di altra natura tale da determinare il verificarsi di spostamenti nel corso di gran parte dell'anno. La Tabella 1, ad esempio, illustra la varietà delle strategie vitali delle diverse specie autoctone presenti in Lombardia, molte delle quali sono presenti nel basso corso del Fiume Adda. Quando il fine sia quello del mantenimento delle normali dinamiche popolazionistiche delle specie di interesse in una comunità ittica



complessa, a ciò evidentemente consegue la necessità di garantire continuità e percorribilità fluviale per la gran parte dell'anno.

E' importante sottolineare come le specie migratrici debbano essere considerate intrinsecamente più suscettibili agli effetti negativi delle alterazioni antropogeniche degli habitat naturali in quanto la frequentazione di habitat diversi, nel corso nelle diverse fasi del ciclo vitale, espone ad un maggior rischio di incorrere negli effetti delle alterazioni ambientali e ad effetti istantanei, esperiti in uno degli habitat interessati dal ciclo vitale, che possono indurre fenomeni di *carry-over* negativo in fasi successive del ciclo vitale, che si compiano in habitat diversi.

Tabella 3.1. Verso degli spostamenti delle specie ittiche autoctone presenti in Lombardia e nel basso corso del Fiume Adda in particolare (adattato da Quaderno di Ricerca della regione Lombardia n. 125 “Interventi idraulici ittiocompatibili: linee guida”).

	Specie	Presente basso corso Adda	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Migratrice	Storione cobice	(X)				↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Anguilla	x	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	Cheppia	(X)			↑	↑	↑	↑	↓	↓				
	Cefalo calamita	(X)			↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
	Passera di mare				↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
Molto vagile	Alborella	x			↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	Barbo comune				↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	Lasca	(X)			↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	Savetta	x			↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	Cavedano	x			↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	Vairone	x			↑↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	
	Pigo				↑↓	↑	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	Temolo		↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	Trota marmorata		↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑
Mediamente vagile	Agone						↑	↑						
	Barbo canino				↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
	Gobione	x			↑↓	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
	Luccio	x		↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
	Bottatrice		↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
	Lampreda padana		↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
	Pesce persico	x			↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
	Trota fario		↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑
Poco vagile	Carpa	x			↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
	Sanguinerola	x			↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
	Scardola	x			↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	Triotto	x			↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
Sedentaria	Cagnetta													
	Tinca													
	Cobite comune													
	Cobite mascherato													
	Spinarello	(X)												
	Panzarolo													
	Ghiozzo padano	x												
	Salmerino alpino													
	Carpione del Garda													
	Scazzone													

↑↑: spostamenti verso monte

↓↓: spostamenti verso valle

x: comune
(X): sporadico

Funzione:

riproduttiva

trofica

accrescimento

elusione preda

anguilla: riproduttiva verso valle

di accrescimento verso monte



4. CARATTERIZZAZIONE DELLA FAUNA ITTICA DEL TRATTO TERMINALE DEL FIUME ADDA

La sezione di fiume interessata dalla messa in opera dello sbarramento cui la presente relazione si riferisce è localizzata nel tratto terminale del Fiume Adda, in comune di Castelnuovo Bocca d'Adda ed in stretta prossimità alla confluenza dell'Adda nel Fiume Po.

L'ecosistema fluviale di quel tratto di fiume è caratterizzato da una larghezza dell'alveo bagnato superiore a 100 m, con un percorso di aspetto meandriforme (si veda Carta Ittica della Provincia di Lodi). Il substrato è prevalentemente ciottoloso e ghiaioso, alternato a tratti sabbiosi, mentre la temperatura dell'acqua nel periodo estivo può superare i 25 °C. Le acque del tratto terminale dell'Adda sono considerate di pregio ittico potenziale in quanto potrebbero sostenere, e attualmente sostengono, popolazioni ittiche d'interesse conservazionistico, la cui tutela è obiettivo da perseguire. Tale definizione è basata sul fatto che il tratto terminale dell'Adda (da Castiglione d'Adda fino alla confluenza in Po) presentava, fino all'inizio degli anni '80 dello scorso secolo, una comunità ittica di notevole valore naturalistico. La vocazione ittica di tale porzione fluviale è a ciprinidi reofili e limnofili, e corrisponde sostanzialmente a quella attuale. Ciononostante, l'aumento delle pressioni antropiche, tra cui in primo luogo la costruzione dello scolmatore Belgiardino che deriva dall'Adda le acque di raffreddamento della centrale termoelettrica di Tavazzano-Montanaso, ha creato diverse problematiche. L'innalzamento termico delle acque ha favorito lo sviluppo di specie esotiche potamali, che ha innescato processi di competizione e predazione nei confronti delle specie autoctone. Inoltre, la presenza e la costruzione di sbarramenti lungo il corso d'acqua ha determinato l'interruzione della continuità fluviale, causando impedimenti agli spostamenti longitudinali sia delle specie diadrome durante il periodo riproduttivo sia di alcune specie autoctone durante l'attività di foraggiamento.

La comunità ittica è stata descritta mediante indagini ittiofaunistiche condotte nel quinquennio 2002-2007 e illustrati nella stesura più recente della Carta Ittica della Provincia di Lodi. Nello specifico, i campionamenti dell'ittiofauna cui ci si riferisce di seguito sono stati eseguiti nel tratto terminale del Fiume Adda, a valle della briglia ubicata in Comune di Maleo. Le cenosi hanno mostrato un elevato grado di alterazione dovuto all'introduzione e allo sviluppo di numerose specie alloctone a discapito dei *taxa* autoctoni (Tabella 1). Tra le specie esotiche più diffuse figurano il siluro (*Silurus glanis*), il barbo d'oltralpe (*Barbus barbus*), il rodeo amaro (*Rhodeus amarus*), la pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) e la carpa (*Cyprinus carpio*), benché quest'ultima possa essere considerata come specie 'naturalizzata' in quanto introdotta in tempi storici. Inoltre, la popolazione di lucioperca (*Stizostedion lucioperca*), aspigo (*Aspius aspius*), abramide (*Abramis brama*) e misgurno (*Misgurnus anguillicaudatus*) appaiono in incremento demografico. Le specie autoctone sono rappresentate principalmente dal cavedano (*Squalius squalus*), dall'alborella (*Alburnus alburnus*), dal gobione (*Gobio gobio*) e dal ghiozzo padano (*Padogobius martensii*) (Tabella 1), mentre le altre unità tassonomiche risultano in contrazione.

Tabella 4.1. Frequenze (presenza/assenza) relative delle principali specie ittiche rinvenute nel tratto terminale del Fiume Adda (tratto da Carta Ittica della Provincia di Lodi; da Rossi, Modesti & Filippini, 2009).

Specie	Frequenza (%)	Specie	Frequenza (%)
Cavedano	100,0	Persico reale	45,5
Alborella	100,0	Vairone	45,5
Siluro	100,0	Aspio	36,4
Rodeo amaro	100,0	Scardola	36,4
Barbo d'oltralpe	90,9	Luccio	36,4
Pseudorasbora	90,9	Triotto	27,3
Carpa	90,9	Persico sole	27,3
Gobione	81,8	Abramide	27,3
Carassio	81,8	Savetta	18,2
Ghiozzo padano	81,8	Cagnetta	18,2
Lucioperca	54,5	Misgurno	18,2
Anguilla	54,5	Persico trota	18,2

L'analisi delle abbondanze relative medie (Tabella 2) ha evidenziato la preponderanza delle specie alloctone, che rappresentano più del 50% del popolamento ittico totale.

Tabella 4.2. Abbondanze relative medie delle principali specie ittiche rinvenute nel tratto terminale del Fiume Adda (tratto da Carta Ittica della Provincia di Lodi; da Rossi, Modesti & Filippini, 2009).

Specie	Abbondanza media (%)	Specie	Abbondanza media (%)
Cavedano	22,1	Ghiozzo padano	2,4
Alborella	15,7	Carpa	1,8
Siluro	14,5	Aspio	1,6
Barbo d'oltralpe	13,9	Persico reale	1,1
Rodeo amaro	11,2	Lucioperca	0,9
Pseudorasbora	4,9	Anguilla	0,7
Gobione	4,0	Savetta	0,5
Carassio	2,5		

Tra queste, il siluro e il barbo d'oltralpe raggiungono in alcune zone densità estremamente elevate, che contribuiscono alla riduzione della ricchezza di specie ed alla innaturale semplificazione delle comunità ittiche. La presenza di alloctoni ha determinato una destrutturazione demografica della popolazione delle uniche due specie autoctone apparentemente ben rappresentate, il cavedano e l'alborella, a causa della forte predazione



cui sono sottoposti gli individui di media taglia. Inoltre, lasca e savetta, un tempo comuni e caratterizzanti il sistema, sono attualmente definibili come specie numericamente ed ecologicamente marginali.

Oltre alle specie elencate nelle tabelle 1 e 2, nella porzione terminale dell'Adda è segnalata la presenza della cheppia (*Alosa fallax*) e del cefalo calamita (*Liza ramada*), che non hanno tuttavia la possibilità di migrare verso monte a causa della presenza di traverse fluviali. Analogamente, la presenza dello storione cobice (*Acipenser naccarii*) è segnalata sporadicamente nell'area d'interesse, oltre che lungo tutta l'asta fluviale (Progetto LIFE 04NAT/IT/000126, 2007; Rossi, Modesti & Filippini, 2009), benché la stima della sua abbondanza sia difficile a causa del carattere particolarmente elusivo della specie.

I dati relativi all'abbondanza relativa media evidenziano come solo una specie (la savetta) fra quelle definibili come stabilmente 'presenti' nel tratto terminale dell'Adda sia inserita nell'Allegato II della Direttiva Habitat, se si escludono le specie rinvenute sporadicamente ('occasional'), quali la cheppia e lo storione cobice. Lo stato di conservazione di tali specie risulta fortemente minacciato dalla presenza di sbarramenti che ne impediscono gli spostamenti verso le aree di frega. Inoltre, la progressiva compromissione degli habitat sta seriamente minacciando la sopravvivenza di popolazioni di altre specie ittiche autoctone. Le indagini ittiofaunistiche riassunte nella Carta Ittica della Provincia di Lodi (Rossi, Modesti & Filippini, 2009) hanno quindi consentito di delineare un quadro della situazione di minaccia che riguarda le specie autoctone presenti nel tratto fluviale oggetto d'indagine. Sulla base delle informazioni fornite dalla Lista Rossa della IUNC (*International Union for Conservation of Nature*) le principali criticità sono state riscontrate per le seguenti unità tassonomiche:

- specie con livello critico di minaccia (*critically endangered*), caratterizzate da un areale ristretto o molto frammentato e/o da una forte contrazione accertata delle popolazioni: cheppia e storione cobice;
- specie in minacciate (*endangered*), caratterizzate da un areale ristretto o frammentato e segnalate con certezza in sensibile diminuzione numerica e/o in consistente contrazione dell'areale: savetta;
- specie vulnerabili (*vulnerable*), caratterizzate da un areale più vasto ma in ogni caso soggette a una tendenza negativa accertata, dovuta in primo luogo alle alterazioni degli habitat ma anche alla diffusione di specie esotiche: anguilla.



5. INDIVIDUAZIONE DELLE SPECIE *TARGET*

Nella realizzazione di opere atte a conservare o ristabilire la percorribilità fluviale è opportuno identificare le specie effettivamente o potenzialmente presenti nel corso d'acqua alla soddisfazione delle cui esigenze di spostamento (migrazione o altro) l'opera è finalizzata, dati i limiti alla vagilità imposti dalle caratteristiche biologiche generali, comportamentali, fisiologiche e dalle capacità natatorie delle singole specie. La tipologia, le caratteristiche idrauliche e morfologiche della struttura atta a consentire il superamento dello sbarramento artificiale dovranno quindi essere commisurate alle necessità ecologiche e alle peculiarità biologiche delle specie che si intende privilegiare (Ferri, 1988).

Sulla scorta delle informazioni ittiofaunistiche rese disponibili dalle indagini condotte nel tratto terminale del fiume Adda (Rossi, Modesti & Filippini, 2009) è possibile individuare alcune specie *target* di elevato interesse ecologico e conservazionistico. L'attenzione è stata focalizzata principalmente su specie autoctone, alcune migratrici e d'interesse comunitario, i cui cicli vitali e le dinamiche di popolazione sono attualmente o potrebbero essere oggetto di alterazione a seguito della messa in opera di una derivazione idrica o di uno sbarramento.

Le specie *target*, per quanto concerne l'opera progettata di sbarramento dell'Adda in Comune di Castelnuovo Bocca d'Adda, sono:

- alborella (*Alburnus alborella*)
- cavedano (*Squalius squalus*)
- savetta (*Chondrostoma soetta*)
- anguilla (*Anguilla anguilla*)
- cheppia (*Alosa fallax*)
- storione cobice (*Acipenser naccarii*)

Pertanto, la eventuale progettazione, il dimensionamento strutturale e la realizzazione di un PPP dovrebbero essere principalmente, benché non esclusivamente, orientati alla soddisfazione delle esigenze delle suddette specie.

Si sottolinea tuttavia che la conservazione o il ripristino della continuità e della percorribilità fluviale hanno lo scopo più generale di mantenere o promuovere la 'naturalità' dell'ecosistema fluviale, nelle sue componenti strutturali e funzionali, e che, per questo scopo, è necessario che l'intervento tenga conto delle caratteristiche e delle esigenze di tutte le specie ittiche autoctone, anche in considerazione del fatto che esse saranno in larga parte implicate in interazioni di tipo ecologico (ad es. relazioni preda-predatore) con le specie *target* stesse.

Di seguito sono quindi riportate le caratteristiche biologiche ed ecologiche salienti, ai fini della presente relazione, delle specie *target* individuate, come desunte da varie fonti bibliografiche ed in particolare da Fortini (2011).



- **Alborella (*Alburnus alborella*)**

L'alborella (Tabella 5.1) è un Ciprinide autoctono dell'Italia settentrionale e centrale, caratterizzato da un'elevata plasticità ecologica che la rende ben adattabile a diverse tipologie ambientali.

Tabella 5.1. Inquadramento sistematico della specie

• Ordine	Cypriniformes
• Famiglia	Cyprinidae
• Sottofamiglia	Leuciscinae
• Genere	<i>Alburnus</i>
• Specie	<i>A. alborella</i>

Il suo habitat di elezione è rappresentato dalla Zona Inferiore dei Ciprinidi, in corsi d'acqua di media e grande portata, ma è presente anche in acque lentiche. È un pesce gregario, che forma banchi molto numerosi individuabili principalmente nella porzione superficiale della colonna d'acqua, laddove ricerca il cibo, costituito da zooplancton, larve d'insetti ma anche alghe e residui vegetali. Analogamente ad altri Ciprinidi, l'alborella è una specie ad ampia valenza ecologica ed eurifaga. La maturità sessuale è raggiunta al primo anno d'età e la riproduzione ha luogo fra giugno e luglio. I riproduttori si aggregano in gruppi numerosi in prossimità delle sponde, in zone ricche di vegetazione, laddove la femmina depone le uova che aderiscono alla vegetazione stessa e/o ad anfratti naturali.

L'alborella è una specie che verte in un buono stato di salute. Nonostante il suo areale sia abbastanza limitato, le popolazioni sono consistenti e non danno, solitamente, segnali di declino o contrazione. Nella Lista Rossa IUCN è classificata *Least concern* (LC), ossia a preoccupazione minima. Nell'area di studio, la popolazione è ben rappresentata anche se non-strutturata a causa dell'elevata predazione subita dagli individui di media taglia, principalmente da parte dei predatori alloctoni.



- **Cavedano (*Squalius squalus*)**

Il cavedano (Tabella 5.2) è un Ciprinide diffuso negli ecosistemi dulcacquicoli di tutta la penisola.

Tabella 5.2. Inquadramento sistematico della specie

• Ordine	Cypriniformes
• Famiglia	Cyprinidae
• Sottofamiglia	Leuciscinae
• Genere	<i>Squalius</i>
• Specie	<i>S. squalus</i>

Tra le specie autoctone dell'ittiofauna italiana, il cavedano è sicuramente quella più euriecia; si rinviene infatti sia in acque lentiche sia lotiche, dalla Zona Inferiore della Trota fino a quella di Foce. Presenta uno spiccato gregarismo in età giovanile, mentre da adulto perde parzialmente tale caratteristica. L'alimentazione, onnivora, prevede indistintamente pesci, invertebrati e materiale vegetale di varia origine. La maturità sessuale è raggiunta tipicamente tra il secondo e il quarto anno d'età, e la stagione riproduttiva ha inizio tipicamente tra la metà di maggio e l'inizio di giugno. La frega avviene su substrati ghiaiosi o ciottolosi, in acque basse e relativamente veloci, che i riproduttori raggiungono dopo una migrazione verso monte.

Il cavedano è una specie molto resistente al degrado delle condizioni ambientali, inteso come alterazione fisica dell'alveo fluviale e chimico della qualità delle acque. Per tale ragione è una delle specie autoctone che negli ultimi decenni ha visto espandere il proprio areale. Nella Lista Rossa IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) è classificata *Least concern* (LC), ossia a preoccupazione minima.

Ciononostante, negli ultimi anni è stata riscontrata una relativa contrazione della popolazione nel Fiume Po e anche nel tratto terminale del Fiume Adda, in conseguenza alla competizione esercitata dall'aspio e alla forte predazione da parte di specie alloctone.



- **Savetta (*Chondrostoma soetta*)**

La savetta (Tabella 5.3) è un Ciprinide autoctono del fiume Po e dei suoi tributari, nonché di ambienti lacustri dell'area padana.

Tabella 5.3. Inquadramento sistematico della specie

• Ordine	Cypriniformes
• Famiglia	Cyprinidae
• Sottofamiglia	Leuciscinae
• Genere	<i>Chondrostoma</i>
• Specie	<i>C. soetta</i>

È una specie moderatamente reofila che frequenta tipicamente la Zona Superiore dei Ciprinidi, ma può essere rinvenuta anche in acque lentiche. Solitamente gregaria, tende a formare banchi di una decina di individui, spesso con altre specie di Ciprinidi. L'alimentazione è varia, e comprende una importante componente vegetale, integrata da invertebrati bentonici. La maturità sessuale è raggiunta non prima del terzo anno d'età. I riproduttori compiono spostamenti di entità variabile, spesso rilevanti) lungo l'asta fluviale per raggiungere letti di frega idonei, costituiti da substrati sabbiosi o ghiaiosi, poco profondi e con corrente sostenuta.

La savetta è una specie classificata come *Endangered* (EN), ossia minacciata, in tutto il suo areale, secondo i criteri stabiliti dalla Lista Rossa IUCN. È inoltre inserita nell'Allegato II della Direttiva CEE n. 92/43, nonché nell'Allegato III della Convenzione di Berna. Per questi motivi le singole amministrazioni locali hanno imposto limiti massimi di cattura e periodi di divieto di pesca per garantire la tutela della specie. Le popolazioni, infatti, risultano ovunque in contrazione, in quanto risentono fortemente della modifica dell'alveo fluviale e, particolarmente, dalla presenza di briglie, sbarramenti, dighe o interruzioni della continuità fluviale. Tali interruzioni rappresentano un ostacolo insormontabile che impedisce agli individui di raggiungere le zone di frega e portare a termine con successo l'atto riproduttivo.



- **Anguilla (*Anguilla anguilla*)**

L'anguilla è una specie autoctona della penisola italiana ed è l'unico rappresentante dell'Ordine degli anguilliformi presente sul territorio nazionale (Tabella 5.4).

Tabella 5.4. Inquadramento sistematico della specie

• Ordine	Anguilliformes
• Famiglia	Anguillidae
• Genere	<i>Anguilla</i>
• Specie	<i>A. anguilla</i>

È una specie catadroma, eurialina, eurionica ed euriterma. È presente praticamente in tutti gli ecosistemi dulcacquicoli cui abbia accesso, nonché lungo tutta l'asta fluviale, dalla Zona della Foce fino alla Zona Superiore della Trota. Presenta un'adattabilità e una vitalità notevoli, che le consentono di sopravvivere in condizioni proibitive per la maggior parte delle altre specie ittiche per quanto riguarda la concentrazione di ossigeno disciolto, temperatura e salinità dell'acqua, inquinamento chimico e permanenza al di fuori dell'ambiente acquatico. È una specie prettamente bentonica, attiva prevalentemente di notte, dall'alimentazione zoofaga (pesci e invertebrati). La maturità sessuale viene raggiunta negli individui di sesso maschile tra i 3 e i 10 anni d'età, mentre nelle femmine tra i 5 e 25 anni, ed è fortemente influenzata da vari fattori ambientali. L'accrescimento della specie avviene in ambiente dulcacquicolo, mentre la riproduzione ha luogo nel Mare dei Sargassi, che gli adulti raggiungono in seguito a una migrazione che ha generalmente inizio nei mesi di settembre-ottobre (talvolta anche in inverno inoltrato). Le larve compiono una migrazione inversa rispetto a quella degli adulti della durata di circa tre anni, fino a raggiungere le acque interne in cui si accresceranno.

A dispetto della sua elevata plasticità ecologica, adattabilità e resistenza a condizioni ambientali avverse, l'anguilla è una specie a elevato rischio di estinzione. Le principali ragioni di questa criticità sono da ricercare sia nel prelievo cui la specie è ancora oggetto, sia nella sua particolare biologica riproduttiva. Inoltre, la presenza di sbarramenti che interrompono la continuità dei corsi d'acqua che abita interferiscono con il fenomeno migratorio, generando profonde ripercussioni sulla dinamica di popolazione della specie. Sulla base di quanto esposto, l'anguilla è inclusa nella Lista Rossa IUCN come *Critically endangered* (CR), ossia a rischio critico di estinzione. Inoltre, insieme alle specie appartenenti alla famiglia Acipenseridae, è stata inclusa nell'Appendice II della convenzione C.I.T.E.S. (*Convention on International Trade in Endangered Species*), con decorrenza marzo 2009, che prevede la regolamentazione del commercio per evitare uno sfruttamento incompatibile con la loro sopravvivenza della specie.



- **Cheppia (*Alosa fallax*)**

La cheppia (Tabella 5.5) è una specie, diffusa lungo le coste europee del Mediterraneo, che risale i principali bacini fluviali della territorio nazionale fino al punto in cui la continuità fisica dell'alveo lo consente, arrestandosi in corrispondenza di sbarramenti invalicabili.

Tabella 5.5. Inquadramento sistematico della specie

• Ordine	Clupeiformes
• Famiglia	Clupeidae
• Genere	<i>Alosa</i>
• Specie	<i>A. Fallax</i>

È una specie gregaria di abitudini pelagiche, che risale i corsi d'acqua per riprodursi. Le abitudini alimentari sono prevalentemente planctofaghe, nonostante dall'analisi dei contenuti stomacali si sia evidenziata la presenza di crostacei e piccoli pesci. La maturità sessuale è raggiunta tra il terzo e il quarto anno d'età. La risalita dei fiumi avviene in primavera e i riproduttori stazionano negli ecosistemi dulcicicoli fino a luglio, quando ha inizio la migrazione verso il mare. Complessivamente, la cheppia è una specie in discreta salute, con popolazioni numerose nella maggior parte del suo areale. Tuttavia, in Italia, la popolazione è in fortissima contrazione con poche popolazioni residue; in alcune aree in cui era comune è scomparsa a causa della realizzazione di sbarramenti che ne impediscono la risalita e, di conseguenza, la riproduzione. La più recente revisione delle specie inserite nella Lista Rossa IUNC definisce la specie in Pericolo (*Endangered* - EN) sulla base di una riduzione della popolazione nel passato superiore al 50% in 10 anni, e nel futuro a causa di un declino nella qualità dell'habitat. Considerato però che la presenza di popolazioni limitrofe potrebbe favorire l'immigrazione di esemplari, è stato possibile proporre una riduzione dello stato di pericolo a Vulnerabile (*Vulnerable* - VU). La cheppia è anche protetta dalla convenzione di Berna, e figura anche negli Allegati II e V della Direttiva CEE 92/43.



- **Storione cobice (*Acipenser naccarii*)**

Lo storione cobice è una specie padana endemica (Tabella 5.6).

Tabella 5.6. Inquadramento sistematico della specie

• Ordine	Acipenseriformes
• Famiglia	Clupeidae
• Sottofamiglia	Acipenserinae
• Genere	<i>Acipenser</i>
• Specie	<i>A. naccarii</i>

È una specie anadroma che vive su fondali sabbiosi, anche a notevoli profondità. Era considerata eurialina semianadroma (Arlati e Bronzi, 2001), che vivere in mare e risaliva i corsi d'acqua solo per riprodursi. Indagini recenti hanno invece evidenziato come questa specie sia da considerarsi come eurialina migratoria facoltativa (Marconato et al., 2006), in grado di vivere in mare ma che frequenta preferenzialmente il tratto terminale dei fiumi. La presenza di popolazioni strutturate di *A. naccarii* a monte dello sbarramento di Isola Serafini (Monticelli d'Ongina – PC) conferma che gli individui svolgono l'intero ciclo vitale in acqua dolce nel suddetto tratto fluviale (Bernini e Nardi, 1992). L'alimentazione è generalmente opportunistica, anche se il principale contributo è fornito da invertebrati acquatici e solo occasionalmente da pesci. La maturità sessuale è raggiunta dai maschi a 7-11 anni (corrispondente ad una lunghezza totale di almeno 80 cm) e a 12-14 anni dalle femmine (lunghezza di almeno 1 m). Nei mesi primaverili i riproduttori migrano verso i tratti superiori dei fiumi per la riproduzione, e vi permangono anche fino ad ottobre inoltrato. Tra aprile e giugno, avviene la deposizione delle uova (Rossi et al., 1991), su substrati duri, in acque da moderate) a rapide, a profondità comprese tra 2 e 10 m (Bruno, 1987). Nella Lista Rossa IUCN lo storione cobice è definito come una specie *Critically endangered* (CR), ossia a rischio critico di estinzione. Inoltre, figura nell'Allegato II della Direttiva CEE 92/43, nell'Appendice II della Direttiva di Berna che comprende le specie ad alto rischio, e nell'Appendice II della convenzione C.I.T.E.S. Per tali ragioni, lo storione cobice è stato oggetto di numerosi progetti sia di ricerca sia conservazionistici.



6. DEFINIZIONE DELLA CAPACITA' NATATORIA DEI PESCI

Le tipologie realizzative di un passaggio per pesci non sono univoche ma strettamente dipendenti dall'entità dell'ostacolo, dalla portata del corso d'acqua e dalle specie ittiche presenti. Generalmente, all'atto della progettazione, i concetti fondamentali da considerare sono rappresentati dall'attrattiva del sistema e dalla portata di alimentazione. Innanzitutto, un passaggio per pesci deve attrarre i migratori a valle dell'ostacolo e stimolarli a oltrepassarlo. La portata di alimentazione del passaggio, invece, dovrà essere commisurata alle capacità natatorie delle specie *target* e regolata sulla base dei valori medi di portata riscontrati nei periodi di migrazione. È essenziale che la velocità dell'acqua in transito nel passaggio sia compatibile con quella sostenibile dai pesci, per cui sarà fondamentale disporre di adeguate informazioni sulle prestazioni natatorie delle specie ittiche che dovranno beneficiarne. Inoltre, è importante sottolineare che altre specie, pur non compiendo delle vere e proprie migrazioni, attuano irregolari spostamenti longitudinali lungo l'asta fluviale, ragion per cui il numero delle specie che potrebbero sfruttare il passaggio non sarà limitato alle sole specie *target* individuate. Nel presente paragrafo sono riportate le principali caratteristiche natatorie dei pesci e i meccanismi che le regolano, la cui conoscenza fornisce un supporto essenziale per la progettazione di un passaggio per pesci. L'attività natatoria può essere ricondotta a tre diverse situazioni:

- attività di crociera (*cruising activity*): può essere mantenuta per lunghi periodi di tempo senza causare mutamenti fisiologici nell'organismo (attività aerobica);
- attività di spunto (*burst activity*): si tratta di uno sforzo intenso che può essere mantenuto per pochi secondi (attività anaerobica);
- attività sostenuta (*sustained activity*): può essere mantenuta per alcuni minuti ma stanca il pesce (sfrutta in diverse proporzioni sia attività aerobica sia anaerobica).

Tra i principali fattori da tenere in considerazione all'atto del dimensionamento di un passaggio per pesci vi sono la capacità natatoria e la resistenza di nuoto, ovvero il lasso temporale in cui il pesce può mantenere la velocità necessaria al superamento dell'ostacolo. Il movimento ondulatorio della pinna caudale è la principale fonte di propulsione per la maggior parte dei pesci, soprattutto durante il superamento di ostacoli. Secondo dati sperimentali, la distanza percorsa da un pesce ad ogni ondulazione del corpo è 0,6-0,8 volte la sua lunghezza corporea, di conseguenza la velocità natatoria dipende dalla frequenza delle oscillazioni per secondo della pinna caudale. La velocità di nuoto massima (V_{max}) è quindi funzione della frequenza di battuta della pinna caudale, che è limitata dal tempo minimo (t) tra due contrazioni dei muscoli paraventrali, e può essere espressa come segue:

$$V_{max} = 0,7 * (L / 2 t)$$

dove 0,7 è il valore medio di distanza percorsa dal pesce ad ogni ondulazione del corpo a seconda della sua lunghezza (L). Dati sperimentali hanno evidenziato come l'intervallo di tempo che intercorre tra due contrazioni muscolari successive è più corto nei pesci di dimensioni ridotte e diminuisce all'aumentare della temperatura dell'acqua. Sulla base di quanto detto, la velocità natatoria massima dipende dalla lunghezza del pesce e dalla temperatura dell'acqua, mentre la resistenza allo sforzo dipende dalle riserve di glicogeno disponibili a livello muscolare, oltre che dalla morfologia del pesce, dalla percentuale di



massa muscolare e dalla temperatura. Al momento della progettazione del passaggio per pesci è quindi utile indicare le capacità natatorie delle specie *target* al fine di dimensionare correttamente il funzionamento idraulico dell'opera di moda che sia percorribile contro corrente.

A titolo esemplificativo, di seguito si riportano alcuni valori di riferimento per quanto riguarda la velocità massima superabile dalle specie *target* individuate. Per quanto riguarda lo storione cobice, non sono attualmente disponibili in letteratura indicazioni riguardanti la sua velocità massima di nuoto. Per sopperire a tale lacuna, i valori sono stati assunti da studi sperimentali condotti su specie affini. Come suggerito da Kynard e coautori (2008), infatti, le *performance* natatorie di storioni appartenenti a specie diverse, ma di taglia simile, sono paragonabili. Ad esempio, *Acipenser fulvescens* è in grado di risalire con velocità di corrente superiori a 1,5 m/s. Individui di *Acipenser transmontanus* assumono velocità media di nuoto pari a 2,6 m/s e per superare un ostacolo raggiungono velocità di poco superiori, simili a quelle di *Scaphirhynchus platyrhynchus*. Sulla base di questi dati, la velocità di corrente ideale per lo storione cobice si attesta tra 1,7-2,1 m/s, mentre quella raccomandata all'imbocco del passaggio tra 0,8-1,8 m/s. Anche per la cheppia non sono disponibili in letteratura indicazioni riguardanti la sua velocità massima. Ciononostante, studi sperimentali hanno dimostrato come altre specie del genere *Alosa* siano in grado di raggiungere velocità considerevoli. Ad esempio, *Alosa alosa* raggiunge velocità massime pari a 6 m/s, mentre *Alosa sapidissima* è in grado di percorrere 9,40 m a 3,47 m/s. Valori più contenuti sono stati misurati per l'anguilla, la cui velocità massima è generalmente compresa tra 1,2 e 1,5 m/s, anche se sembrano essere state misurate velocità massima di scatto superiore a 2,40 m/s. E' però importante considerare come tali valori differiscano a seconda dello stadio vitale in cui verte l'individuo. A titolo d'esempio, la velocità massima superabile dai ragani (20 cm circa) è di 1,15 m/s, dalle anguille gialle (circa 40 cm) è 1,25 m/sec, mentre dagli individui adulti (>60 cm) è pari a 1,35-1,40 m/s. Come ben noto in letteratura, le *performance* natatorie dei ciprinidi, quali alborella, cavedano e savetta, sono inferiori rispetto a quelle dello storione cobice e della cheppia. Facendo riferimento a individui di barbo (*Barbus barbus*) di lunghezza superiori a 10-15 cm, la velocità massima di scatto è prossima a 2 m/s. Per specie di taglia più piccola, come ad esempio il vairone o l'alborella, le velocità massime sostenibili nelle migliori condizioni ambientali non eccedono 1,5 m/s. A supporto di tali evidenze, l'applicazione delle equazioni di Stalber e Peckmann (1986) ha confermato che la velocità massima superabile in relazione alla lunghezza di alcuni ciprinidi, tra cui il cavedano e l'alborella, è prossima a 1,5 m/s. È infine importante sottolineare come i passaggi per pesci vengano utilizzati anche dal novellame di numerose specie ittiche, nonché da pesci di piccole dimensioni, la cui velocità massima, calcolata col suddetto approccio, non supera 1 m/s. I valori sopra elencati rappresentano quindi un utile riferimento per il corretto dimensionamento del passaggio artificiale. È comunque doveroso precisare che i pesci riescono ad individuare anche piccole variazioni di velocità e a scegliere vie d'acqua preferenziali, ad esempio nuotando sul fondo, radenti alle pareti e/o alle zone a maggior scabrezza. Per tali ragioni le capacità di rimonta risultano spesso superiori ai risultati ottenuti dell'applicazione di formule matematiche o studi sperimentali.



7. INTERVENTI PER CONSERVAZIONE O IL RIPRISTINO DELLA PERCORRIBILITÀ FLUVIALE

Nelle sezioni precedenti si è detto che il mantenimento della percorribilità fluviale o, là dove essa sia stata in precedenza interrotta a seguito della conduzione di interventi in alveo, il suo ripristino, sono provvedimenti importanti dal punto di vista ecologico e conservazionistico.

E' ampiamente riconosciuto il fatto che la identificazione della modalità di intervento più opportuno, la progettazione degli interventi stessi, il monitoraggio dei loro effetti sia nella fase della realizzazione che del funzionamento, e la valutazione *ex post* della sua efficacia richiedono l'integrazione di molteplici competenze tecniche e scientifiche pertinenti alla biologia della fauna ittica, alla ecologia fluviale, alla idrologia del corso d'acqua e alla geomorfologia e geologia dell'area interessata dall'intervento, all'ingegneria naturalistica ed idraulica, all'uso complessivo delle risorse idriche locali (ad esempio uso irriguo) oltre a quello previsto per il funzionamento dell'opera in oggetto, l'esistenza di attività ricreative lungo l'asta fluviale, ed altre.

Per quanto attiene alla presente consulenza, l'oggetto è l'opportunità della esecuzione di un PPP che consenta il superamento della progettata opera di sbarramento e la identificazione della modalità più opportune, dal punto di vista della efficacia nel consentire la normale attività di spostamento/migrazione delle specie ittiche, con le quali il PPP debba eventualmente essere realizzato.

I PPP (altrimenti detti, a seconda della tipologia, 'rampe di risalita', 'scale di risalita', 'bypasses' o, genericamente, 'fishpasses') sono manufatti di tipologia diversa predisposti per consentire gli spostamenti della fauna ittica in entrambi i versi dell'asta fluviale, così da conservare o eventualmente ripristinare la possibilità di compimento delle migrazioni o dei movimenti di dispersione naturali.

Sono state sviluppate numerose tipologie e tecniche realizzative di PPP. Secondo l'*EIFAC Working Party for Fish Passage Best Practices* – organismo FAO – i PPP possono essere classificati in tre grandi gruppi che differiscono dal punto di vista della struttura, della tecnica di realizzazione, degli ambiti di possibile realizzazione in relazione alle caratteristiche idrologiche e geomorfologiche del corso d'acqua, della natura del manufatto (briglia, traversa artificiale, sbarramento) eventualmente preesistente, e dei costi di realizzazione e gestione o manutenzione. Dal punto di vista ecologico e paesaggistico, d'altronde, le diverse tipologie di PPP differiscono per fruibilità alle diverse specie ittiche o ai loro diversi stadi ontogenetici e per impatto visivo e paesaggistico complessivo.

Secondo la attuale classificazione internazionale si distinguono

- Passaggi naturalistici: sono caratterizzati da struttura e aspetto relativamente simile ad un passaggio naturale. Vicariano una via naturale di risalita e discesa di un corso d'acqua mediante pendenze di fondo, rampe in pietrame, percorsi d'acqua alternativi. A questa categoria appartengono anche i *by pass* – canali artificiali realizzati lateralmente allo sbarramento, all'esterno dell'alveo fluviale, con aspetto simile ad una ramo fluviale laterale.
- Passaggi tecnici: opere interamente artificiali dalle caratteristiche idrauliche note e saggiate per via teorica ed empirica, costruite tipicamente in cemento armato e



normalmente dotate di componenti meccaniche come diaframmi, paratoie, deflettori o altro. La loro struttura tende a riprodurre passaggi naturali solo dal punto di vista funzionale, senza ambire a ricreare condizioni naturali o semi-naturali in alveo.

- Strutture speciali: opere complesse dal punto di vista ingegneristico che permettono il passaggio dei pesci senza ricostituire la continuità fluviale. I pesci subiscono dunque trasporto attivo o passivo mediante dispositivi complessi (ad es. “vasche di sollevamento”) che tuttavia interrompono la continuità fluviale.

Le diverse tipologie di PPP, l’analisi dei loro rispettivi ambiti di applicabilità e delle caratteristiche idrauliche e morfologiche raccomandate, ed i loro specifici vantaggi e svantaggi sono stati oggetto di numerosi documenti tecnici, redatti o editi da diversi Enti della Pubblica Amministrazione, che sono acclusi come allegati alla presente relazione e cui si rimanda per una trattazione esaustiva.

Per quanto attiene alla valutazione della opportunità della realizzazione di un PPP e, eventualmente, della scelta della tipologia di PPP da porre in opera, dal punto di vista strettamente ecologico una corretta procedura prevede:

1) l’indagine sui popolamenti ittici, l’identificazione di eventuali specie *target* caratterizzate da elevata vagilità, da movimenti dispersivi o migrazioni e la identificazione di specie *non-target* o per le quali, in considerazione della loro alloctonia, non si rende necessaria l’esecuzione di alcun PPP o, nel caso, per le quali la conservazione/ricostituzione della continuità fluviale non è auspicabile.

Questa fase, in particolare, prevede:

- la valutazione della composizione della comunità ittica, per quanto concerne le specie autoctone o introdotte in tempi così remoti da renderle parti della biocenosi integrate dal punto di vista ecologico e probabilmente già soggette ad un processo di coevoluzione con le biocenosi autoctone;
- la identificazione delle specie che compiono migrazioni di diversa natura e, se possibile in base ai dati scientifici di letteratura, delle specie caratterizzate da dispersione natale o riproduttiva o di movimenti erratici;
- la identificazione di specie *target*, di particolare rilevanza conservazionistica, alla soddisfazione delle cui esigenze di spostamento il PPP deve essere particolarmente orientato.

2) rassegna delle informazioni fenologiche sugli spostamenti, di diversa natura, della fauna ittica, e sulla capacità natatoria delle specie ittiche interessate.

Questa fase prevede:

- la raccolta ed organizzazione critica delle informazioni inerenti ai tempi degli spostamenti migratori o dispersivi delle singole specie autoctone o naturalizzate, che devono essere integrate con le informazioni di tipo idrologico sui deflussi nel corso dell’anno;
- la raccolta delle informazioni disponibili sulla capacità natatoria (velocità e durata di nuoto di crociera, attività di spunto ed attività sostenuta) in relazione alla taglia, allo stadio vitale ed alla temperatura dell’acqua. Il PPP deve infatti determinare condizioni



idrauliche di deflusso tali da essere compatibili con la risalita anche delle specie, e dei loro diversi stadi vitali, caratterizzate dalle minime capacità natatorie nel novero delle specie alla cui fruizione il PPP è destinato;

- sintesi delle informazioni disponibili in merito al comportamento dei pesci di fronte ad un ostacolo quale quello imposto da un PPP.

Le fasi 1) e 2) possono fondarsi sulla disamina delle pubblicazioni scientifiche e delle relazioni tecniche (ad esempio, Carte ittiche) esistenti inerenti all'area oggetto dell'intervento o possono richiedere approfondimenti mediante campagne di campionamento *ad hoc*. E' tuttavia scarsamente verosimile che campagne di rilevamento *ad hoc* iscritte ad intervalli temporali brevi e non approfondite possano condurre alla raccolta di informazioni esaurienti sul quadro faunistico e sulla fenologia migratoria, producendo inoltre il rischio di indurre sottostime della ricchezza faunistica e della importanza degli spostamenti migratori locali.

3) definizione del quadro normativo di riferimento, in cui si identificano le disposizioni normative generali e speciali;

4) analisi del regime idrico fluviale, soprattutto in riferimento ai periodi migratori delle specie target, fermo restando che i PPP devono essere realizzati in modo da essere fruibili da parte di tutte le specie ittiche autoctone;

5) definizione delle portate da destinare al PPP in relazione ai deflussi del corso d'acqua;

6) definizione delle funzioni accessorie che il PPP può svolgere ad esempio in relazione ad attività ricreative e della possibilità della sua integrazione dal punto di vista estetico e paesaggistico;

7) scelta di massima della tipologia di PPP;

- prevede una considerazione di massima sulla opportunità/necessità della esecuzione di un PPP e della praticabilità della esecuzione di un PPP delle diverse tipologie in base alle integrazioni delle conoscenze di natura biologica ed ecologica sulle specie ittiche eventualmente interessate dall'intervento, dalle condizioni idrologiche locali e del contesto paesaggistico complessivo.

8) definizione delle caratteristiche tecniche di dettaglio e delle condizioni operative. Una volta identificata la tipologia del passaggio, si dovranno definire;

- localizzazione del punto di imbocco e di sbocco del PPP sia in senso longitudinale all'asta fluviale rispetto alla posizione del manufatto preesistente o da porre in opera, sia in senso trasversale;
- i parametri morfologici del passaggio, in termini di profilo longitudinale, sezione trasversale, pendenza, presenza di elementi isolati o strutture di ritenzione per la dissipazione dell'energia;
- i parametri idraulici, in termini di portata, velocità del flusso attraverso il manufatto e tirante idrico;
- eventuali interventi a monte o a valle atti a favorire la funzionalità del PPP.

L'analisi di tipo ecologico e faunistico deve essere evidentemente accompagnata ed integrata con lo studio idraulico.



8. QUADRO NORMATIVO REGIONALE DI RIFERIMENTO

La Legge Regionale 5 dicembre 2008, n. 31 “Testo unico delle leggi regionali in materia di agricoltura, foreste, pesca e sviluppo rurale” (BURL n. 50, 1° suppl. ord. Del 10 dicembre 2008), all’art. 141 (Derivazioni di acque in concessione e interventi sui corpi idrici), comma 1, prevede che “Le amministrazioni che rilasciano le concessioni di derivazioni d’acqua provvedono a inserire nei disciplinari disposizioni per la tutela della fauna ittica e a prevedere il rilascio continuo di una quantità d’acqua sufficiente a garantire, anche nei periodi di magra, la sopravvivenza e la risalita dell’ittiofauna, nel rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia”.

Prevede altresì, al comma 2, che “Con provvedimento della Giunta regionale* sono stabilite le disposizioni per la tutela della fauna ittica di cui al comma 1, in particolare relativamente:

- a) agli oneri a carico del concessionario per l’immissione annuale di specie ittiche;
- b) alle modalità di realizzazione di strutture idonee a consentire la risalita dei pesci e alle cautele da adottarsi nei punti di presa; ... (omissis)”

(* come da modifica di cui all’art. 1, comma 1, lett. V) della Legge regionale 1 febbraio 2010, n. 3).

La Legge Regionale 5 dicembre 2008, n. 31 recepisce la Legge Regionale 12/2001 “Norme per l’incremento de la tutela del patrimonio ittico e l’esercizio della pesca nelle acque della Regione Lombardia” (BURL 3 agosto 2001, n. 31, 1° suppl. ord.) per quanto all’art. 12 (“Derivazione di acque in concessione e interventi sui corpi idrici”, le cui disposizioni sono state recepite dal Decreto della Giunta Regionale n. 7/16065 del 23 gennaio 2004, che prevede altresì che il grado di funzionalità dei PPP deve essere valutato ed approvato in fase progettuale.

Il Decreto della Giunta Regionale n. 7/16065 del 23 gennaio 2004 ha definito le disposizioni per la tutela della fauna ittica in attuazione alla su citata Legge Regionale 12/2001, art. 12, comma 2. Esso, nell’allegato che ne costituisce parte integrante, prevede, tra l’altro che

“Tutte le nuove derivazioni su corsi d’acqua di interesse ittico, così come individuati nei Piani ittici provinciali, dovranno consentire la libera circolazione dell’ittiofauna da monte verso valle e viceversa, attraverso la adozione di soluzioni tecniche... . In particolare, ove possibile, saranno privilegiate soluzioni che prevedono la realizzazione di rampe, singole o in successione, in luogo di strutture invalicabili”

Ed inoltre, che “Andrà sempre garantito il rilascio delle portate d’acqua necessarie al corretto funzionamento dei passaggi per pesci in quanto dette portate, pur potendo essere computate quale contributo al deflusso minimo vitale, devono essere comunque garantite anche nel caso in cui la quantità necessaria superi il valore di deflusso minimo vitale stabilito dall’autorità competente”.

La Regione Lombardia ha recentemente predisposto linee guida per la realizzazione di PPP, pubblicate quale Quaderno di Ricerca della regione Lombardia n. 125 “Interventi idraulici ittocompatibili: linee guida” disponibile in forma integrale presso



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI BIOSCIENZE



www.agricoltura.regione.lombardia.it, cui si fa riferimento estensivo nella presente relazione, unitamente a quanto previsto dalle linee guida approntate in materia dalla Regione Piemonte e dalla Regione Toscana, fornite in allegato.



9. SINOSI DELLE CONSIDERAZIONI UTILI ALLA DEFINIZIONE DELLA OPPORTUNITÀ DELLA MESSA IN OPERA DEL PPP E DELLA SUA TIPOLOGIA

Per quanto attiene alla progettata opera di sbarramento del Fiume Adda in località Budriesse, comune di Castelnuovo Bocca d'Adda (LO), si osserva che:

1) il quadro normativo regionale di riferimento dispone la esecuzione di interventi di mitigazione degli effetti degli sbarramenti in alveo fluviale sulla fauna ittica là dove prevede che siano posti in essere provvedimenti atti a garantire la mobilità della fauna ittica, sia verso monte che verso valle di manufatti per la derivazione di acque superficiali; la tipologia di manufatto preferibile, là dove le condizioni al contorno lo consentano, è quello della rampa di risalita per pesci (si veda 8. QUADRO NORMATIVO REGIONALE DI RIFERIMENTO);

2) secondo le conoscenze scientifiche di tipo faunistico, biologico ed autoecologico disponibili (si veda la Carta Ittica della Provincia di Lodi), la comunità ittica del basso corso del Fiume Adda è altamente compromessa nella sua naturalità a causa della presenza e del ruolo ecologico chiave che in essa rivestono specie alloctone. Tuttavia, la medesima comunità ittica annovera specie di grande rilevanza conservazionistica, caratterizzate da elevata vagilità e/o da comportamento migratorio diadromo o potamodromo su ampie distanze;

3) è comunque necessario garantire la possibilità di esecuzione di spostamenti di natura migratoria o dispersiva su scala geografica locale anche da parte di specie con minore vagilità;

4) la percorribilità fluviale da parte della fauna ittica è attualmente ampiamente compromessa dalla briglia già esistente in corrispondenza della progettata opera di sbarramento; che la percorribilità è attualmente per intero compromessa circa 13,5 km a monte della progettata opera di sbarramento, in corrispondenza dell'esistente sbarramento di Pizzighettone, che risulta privo di passaggio per pesci funzionante; che è opportuno porre in essere tutti quegli interventi che potranno in futuro concorrere al ripristino di condizioni di maggiore naturalità nella ecologia complessiva ed in particolare nella composizione della comunità ittica del basso corso del Fiume Adda; che il basso corso del Fiume Adda resta altamente vocato per le specie ittiche autoctone, fatta salva l'interferenza di specie alloctone che hanno assunto il ruolo di 'specie chiave' nel determinare la struttura trofica della comunità ittica;

5) la percorribilità fluviale è attualmente ripristinata per un numero di giorni verosimilmente compreso fra 90 e 120, allorché le piene del Fiume Po determinano rigurgito nel basso corso dell'Adda sino ad eliminare il salto a livello della briglia esistente; che, tuttavia, le condizioni di piena in cui la percorribilità in tal modo è ricostituita per effetto del rigurgito a monte, nel basso corso dell'Adda, del Fiume Po, non sono verosimilmente compatibili con una intensa risalita sia per effetti idrodinamici sia in considerazione della biologia e della capacità natatoria limitata di molte delle specie ittiche alloctone;

6) l'opera di sbarramento progettata, se priva di un PPP e date le previste condizioni di operatività, determinerebbe un'ulteriore riduzione del numero di giorni di percorribilità fluviale;



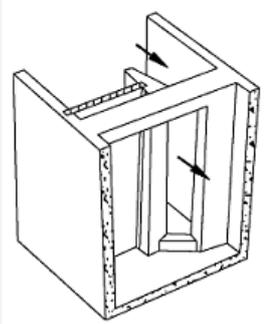
- 7) dal punto di vista ingegneristico il progetto dell'opera di sbarramento è compatibile con la esecuzione di un passaggio tecnico per pesci;
- 8) il contesto idrografico e geomorfologico sembra tale da consentire la realizzazione di un PPP nella forma di un passaggio tecnico, che rappresenta una delle soluzioni indicate come preferibili ai sensi delle vigenti disposizioni normative regionali;
- 9) la realizzazione dei PPP deve tenere conto di criteri relativi all'impatto estetico e alla possibilità di inserimento paesaggistico; che la rampa per pesci è la tipologia di PPP di minor impatto negativo dal punto di vista paesaggistico ed estetico;
- 10) la bibliografia tecnica di riferimento prodotta da Regione Lombardia ed altre Amministrazioni regionali che hanno prodotto Linee guida in materia, e la bibliografia tecnica nazionale ed internazionale, cui si rimanda, identificano precisi e sostanzialmente concordi criteri in ordine alla struttura e morfologia (pendenza, ampiezza, profilo longitudinale, sezione trasversale) dei PPP, al posizionamento in alveo e rispetto allo sbarramento in funzione della morfologia locale dell'alveo stesso, e alle portate di funzionamento e alla velocità dei flussi in relazione alle capacità natatorie delle specie ittiche fruitrici del PPP.

10. TIPOLOGIA E CARATTERISTICHE STRUTTURALI E FUNZIONALI DEL PPP DA PORRE IN OPERA

Sulla base delle considerazioni generali e specifiche di cui sopra, si ritiene irrinunciabile la messa in opera di un PPP le cui caratteristiche strutturali e funzionali si auspica siano quelle illustrate di seguito.

Tipo di PPP: Passaggio naturalistico del tipo a “*Vertical slot*” (Figura 10.1; da “Linee guida per la progettazione e verifica dei passaggi per pesci”, Regione Piemonte, pag. 31).

Figura 10.1. Passaggio naturalistica di tipo “*Vertical slot*” (sopra). Sotto, per confronto è riportato il passaggio detto a “*Pool and weir*”.

PASSAGGI TECNICI		
Schema	Caratteristiche e applicabilità	Note
 <p>Vertical slot</p>	<p>Passaggio a fenditure verticali generalmente costituito da un canale in muratura con setti divisorii in muratura oppure legno/metallo con 1 o 2 fenditure che si estendono per tutta l'altezza della parete. Almeno 0,60-0,80 m profondità; portata minima utilizzabile da circa 150 l/s fino a molti m³/s. Pendenze medie 5-7%, massime sino al 10%. Usati per piccoli, medi ed elevati salti d'acqua, risultano adatti a far fronte a grandi variazioni di livello del fiume senza compromettere la propria efficacia. Adatti sia per piccoli che grandi corsi d'acqua.</p>	<p>Possono essere dimensionati per grandi portate risultando quindi molto attrattivi.</p> <p>Più funzionali dei passaggi a bacini per i minori rischi di intasamento delle fenditure, operano bene anche in caso di variazioni dei livelli d'alveo.</p> <p>Attualmente rappresentano i migliori tipi di passaggi tecnici, essendo adatti per tutte le specie e possono essere utilizzati anche da invertebrati se il fondo viene naturalizzato con pietrame misto.</p>

Ubicazione del passaggio tecnico: sponda destra, i.e. la sponda in cui opererà la restituzione dell'opera di restituzione dell'acqua.

Ingresso al passaggio a valle dello sbarramento: immediatamente a monte della restituzione dell'acqua effluente dall'impianto idroelettrico, in quanto la restituzione garantisce attrattiva alla zona di ingresso della rampa nei confronti del pesce in risalita.

Uscita del passaggio a monte dello sbarramento: non in prossimità dell'imbocco dell'opera di derivazione, di organi idraulici o sfiori.

Profilo longitudinale: “Scala di risalita” a fenditure verticali (Figura 10.2; si veda anche Linee Guida per la Progettazione, Valutazione Tecnica e Pianificazione dei Passaggi Artificiali per Pesci, Regione Toscana, pag. 58). Consta di una successione di bacini comunicanti attraverso una fenditura verticale (*slot*) di larghezza adeguata, non necessariamente allineati longitudinalmente. Potenzialmente, quindi, la scala di risalita può assumere un decorso sinuoso.

Figura 10.2. Schema costitutivo generale di una scala di risalita ad andamento non necessariamente rettilineo.

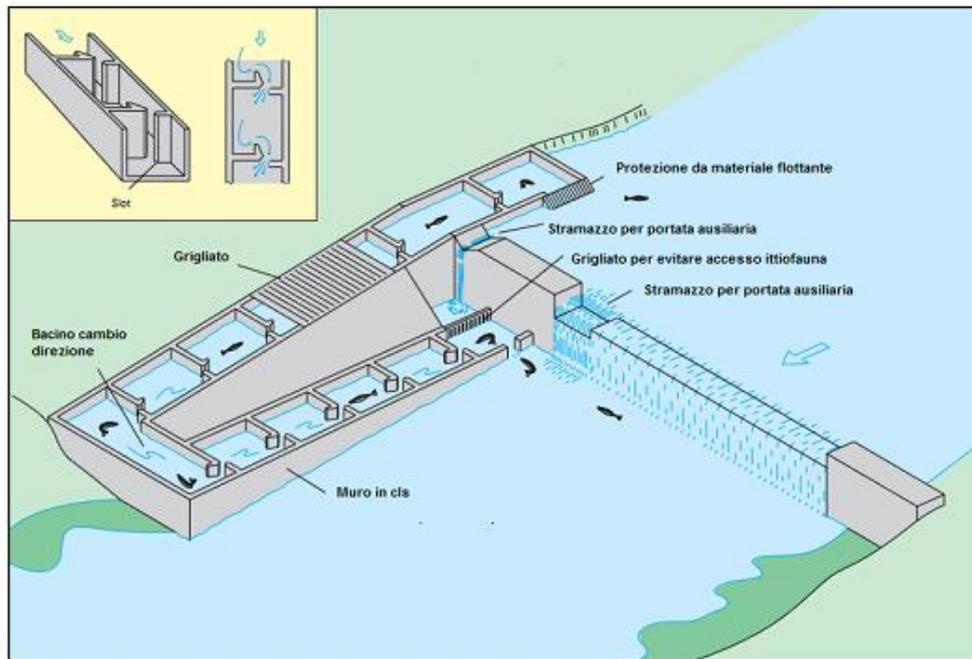


Figura 54. Schema concettuale di vertical slot (da Thorncraft e Harris, 2000, modificato)

Schema planimetrico dei bacini:

- lunghezza (misurata nella direzione del flusso principale della corrente, i.e. nella direzione della congiungente *slot* consecutivi): tratto rettilineo: 3 metri; tratto meandriforme: 5,95 metri
- larghezza (misurata nella direzione ortogonale alla lunghezza): tratto rettilineo: 4,85 metri; tratto meandriforme: 3,60 metri
- ampiezza degli *slot*: 0,60 metri;
- presenza di deflettori che determinano un ricircolo del flusso, con conseguente dissipazione di energia cinetica e formazione di zone di relativa calma che facilitano la risalita delle specie con minori capacità natatorie (Figura 10.3; Linee Guida per la Progettazione, Valutazione Tecnica e Pianificazione dei Passaggi Artificiali per Pesci, Regione Toscana, pag. 20).

Inoltre:

- la profondità dell'acqua nel bacino dovrà essere pari ad almeno 1 metro;
- la portata transitante dovrà essere $1 \text{ m}^3/\text{s}$ anche in condizioni di magra;
- considerate le specie *target*, la velocità del flusso della corrente dovrà essere $\leq 1 \text{ m/s}$.

Figura 10.3. Schema di scala per pesci con presenza di deflettori in corrispondenza dei setti fra bacini consecutivi funzionali alla dissipazione dell'energia.

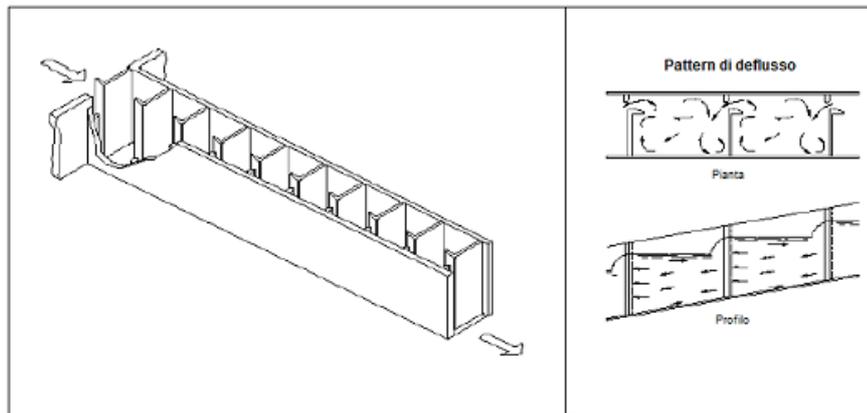


Figura 53. Schema di vertical slot (da Katopodis, 1992, modificato)

Tali caratteristiche sono coincidenti con quelle della *Relazione Tecnica Particolareggiata* presentata dalla Società VIS s.r.l. a corredo della VIA relativa alla concessione di derivazione di acqua dal Fiume Adda per uso idroelettrico in Comune di Castelnuovo Bocca d'Adda.

Si sottolinea altresì come le caratteristiche del PPP di cui si raccomanda la messa in opera siano essenzialmente conformi, salvo minime deroghe imposte da esigenze ingegneristiche e costruttive relative all'intero impianto, con le linee guida definite dalla Regione Lombardia per l'esecuzione di passaggi per pesci (AA.VV. 2011. *Interventi idraulici ittocompatibili: linee guida. Regione Lombardia, Quaderni della Ricerca, n.125*).

Di seguito si riportano, per opportuno confronto, i principali vincoli strutturali e funzionali da rispettare all'atto della progettazione del PPP, dettati dalle linee guida della Regione Lombardia, cui si ritiene si dovrebbe ottemperare nella massima misura possibile ma rispetto alle quali, per esigenze costruttive, sono accettabili deroghe di moderata entità:

- la lunghezza di ogni singolo bacino dovrebbe essere superiore a tre volte la lunghezza dei pesci di maggiori dimensioni (storioni di 80 cm, nel caso in specie);
- la larghezza delle fessure dovrebbe consentire il transito anche dei pesci di taglia maggiore (almeno 0,3-0,4 metri);
- il rapporto tra la lunghezza del bacino e la sua larghezza dovrebbe essere compreso tra 1,6 e 1,8;
- il rapporto tra la lunghezza del bacino e la larghezza della fessura dovrebbe essere compreso tra 7 e 12;
- il rapporto tra la larghezza del bacino e la larghezza della fessura dovrebbe essere compreso tra 4 e 6;
- il rapporto tra il battente sullo stramazzo laterale e il dislivello tra bacini dovrebbe essere superiore a 2;

la pendenza complessiva del PPP non dovrebbe superare il 10%.



11. ULTERIORI RACCOMANDAZIONI PER LA MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DELLO SBARRAMENTO E DELLE OPERE PER LA PRODUZIONE IDROELETTRICA CONNESSE

Oltre alle indicazioni di cui sopra riguardo al PPP, si ritiene che nella progettazione dello sbarramento e delle opere idroelettriche ad esso connesse si debba valutare l'opportunità di porre in essere i seguenti provvedimenti ed accorgimenti:

- Proteggere l'ingresso della derivazione verso la centrale con griglia con elementi a sezione circolare o comunque privi di spigoli vivi, con luce fra elementi adiacenti pari a 2,5-4 cm;
- Limitare la velocità del flusso in ingresso alla derivazione, a livello della grigliatura, a 0,4-0,6 m/s, in quanto velocità superiori possono determinare alta mortalità delle specie ittiche/stadi vitali con peggiori capacità natatorie per impatto contro le griglie. Mantenere altresì una inclinazione delle griglie rispetto al flusso principale della corrente tale da determinare una non trascurabile componente radente la griglia, così da agevolare l'allontanamento dei pesci dalla derivazione.



12. MONITORAGGIO DELLA FUNZIONALITÀ del PASSAGGIO PER PESCI

Data l'entità dell'opera di sbarramento, la complessità della comunità ittica interessata e l'importanza ecologica del Fiume Adda, si ritiene altamente desiderabile la conduzione di un programma di monitoraggio della funzionalità del PPP mediante alcune delle più innovative e funzionali, tecniche proposte dalla letteratura scientifica specializzata.

In primis, si prevede di condurre un censimento ittiofaunistico *ante operam*, sia a monte che a valle dell'attuale traversa fluviale, teso a verificare i popolamenti ittici dell'area interessata e ad aggiornare i dati pregressi desunti dalla stesura più recente della Carta Ittica della Provincia di Lodi. I campionamenti ittici saranno effettuati mediante elettropesca nei due anni precedenti alla messa in opera dell'impianto idroelettrico in questione, con cadenza trimestrale. Il periodo di campionamento sarà identificato a seconda delle condizioni idrologiche e meteo-climatiche del tratto fluviale in questione in modo da massimizzare l'efficienza di cattura. Il maggior sforzo di campionamento sarà comunque focalizzato sui periodi dell'anno interessati dalle attività migratorie delle specie individuate come *target*. Le indagini ittiofaunistiche di cui sopra consentiranno di acquisire dati rappresentativi ed affidabili, sia a livello qualitativo che quantitativo, dei popolamenti ittici locali (es. lista delle specie, abbondanze relative, struttura demografica delle popolazioni).

Successivamente alla realizzazione dell'opera, il monitoraggio del transito delle specie ittiche all'interno del passaggio per pesci sarà in primo luogo effettuato mediante i più aggiornati sistemi di video-tracking. In fase progettuale è stata infatti predisposta una apposita stanza di visualizzazione in prossimità dell'imbocco dell'ultima camera del tratto 'meandriforme' (a monte) del passaggio per pesci. Il transito delle diverse specie ittiche sarà quindi registrato in continuo mediante una videocamera collegata a un computer, dotato di uno specifico software in grado di registrare e, successivamente, analizzare i dati digitali acquisiti quale ausilio per l'identificazione delle specie in transito lungo il passaggio. Il monitoraggio mediante video-tracking è utile per una valutazione complessiva del transito dei pesci attraverso il passaggio su ampia scala temporale e per stimarne la variabilità stagionale o in relazione al regime idrico contingente del fiume. La sua accuratezza dipende tuttavia da alcuni fattori ambientali, quali illuminazione e torbidità dell'acqua, oltre che da fattori inerenti alle singole specie ittiche in transito, quali ad esempio taglia e velocità di attraversamento del passaggio. Inoltre, esso non consente l'identificazione individuale dei soggetti in transito e, conseguentemente, non consente la stima del numero assoluto di individui che utilizzano il passaggio nei due sensi di percorrenza.

Per ottenere stime sulla numerosità assoluta di individui in transito, i dati forniti dal sistema di video-tracking saranno integrati mediante l'applicazione di tecniche di 'cattura-marcatura-ricattura'. In periodo pre-migratorio, si prevede quindi la marcatura di individui delle principali specie target catturati a valle del passaggio per pesci e il loro rilascio nella stessa porzione fluviale. Successivamente, in periodo post-migratorio, saranno eseguiti dei campionamenti a monte e a valle del passaggio stesso al fine di verificare la proporzione di individui marcati transitati rispetto a quelli che ancora stazionano a valle dello sbarramento. La marcatura sarà effettuata mediante la applicazione di elastomeri, sostanze colorate a base di silicone che, dopo essere state iniettate sotto-cute, solidificano, conservando tuttavia caratteristiche di duttilità, biocompatibilità e visibilità nel tempo. Il



monitoraggio mediante tecniche di cattura-marcatura-ricattura basato sulla applicazione di elastomeri è idoneo allo studio di specie anche di piccola taglia e consente la stima della frequenza di passaggio grazie alla applicazione di modelli statistici per l'analisi di dati di cattura e ricattura.

Per le specie target della massima importanza conservazionistica, quali ad esempio lo storione cobice, ci si propone inoltre di monitorare l'efficacia del passaggio per pesci tramite biotelemetria, basandosi sulla tecnica del radio-tracking. A tal fine, saranno acquistati individui adulti di storione cobice (circa 1 m di lunghezza) da un allevamento certificato, a cui sarà impiantata nella cavità ventrale, previa anestesia, una trasmittente radio impostata su frequenze diverse per ciascun individuo sperimentale. Gli individui saranno rilasciati a valle dello sbarramento al fine di monitorarne l'eventuale risalita attraverso il passaggio per pesci. Tale tecnica consentirà di identificare e localizzare in modo univoco ciascun individuo focale, oltre a consentire di analizzarne il comportamento nell'approccio al passaggio (identificazione dell'ingresso da valle, transito attraverso il passaggio, uscita a monte, ed altro) e nelle successive fasi della migrazione. Saranno utilizzate due stazioni automatiche di rilevamento, mobili o fisse in dipendenza delle specifiche, contingenti necessità operative, a monte ed a valle del passaggio per pesci. Esse consentiranno di monitorare in continuo la posizione dei singoli individui sulle frequenze radio loro associate e di ricostruirne adeguatamente le dinamiche del transito lungo il passaggio per pesci.

Al fine di ottenere informazioni esaustive sulla funzionalità del passaggio per pesci per tutte le specie ed in particolare per le specie target individuate, le operazioni di monitoraggio sopra descritte saranno protrate per un lasso temporale pari a tre anni dalla messa in opera dell'impianto idroelettrico. Il monitoraggio sarà effettuato con cadenza stagionale, così da interessare la intera varietà di periodi migratori che esibiti dalle specie. Data la notevole mole di lavoro che esse comporranno, le operazioni di video- e radio-tracking, oltre a quelle di 'cattura-marcatura-ricattura', saranno gestite da uno studente del Corso di Dottorato in Scienze Ambientali dell'Università degli Studi di Milano, che sarà reclutato *ad hoc* per sviluppare un progetto di ricerca triennale finalizzato alla identificazione della migliore soluzione tecnica per la verifica della funzionalità del passaggio per pesci in questione.



13. Bibliografia tecnica e scientifica di riferimento

- AA.VV. 1984. Progettazione di passaggi artificiali per la risalita dei pesci nei fiumi – Atti del seminario tecnico regionale di Modena. Regione Emilia Romagna e Provincia di Modena.
- AA.VV. 1995. Fish passage technology: Protection for hydropower facilities. OTA-ENV-641 Washington DC, U.S. Government Printing Office.
- AA.VV. 2009. Linee guida per la progettazione, valutazione tecnica e pianificazione di passaggi artificiali per pesci. Regione Toscana.
- AA.VV. 2010. Linee guida per la progettazione e verifica dei passaggi per pesci. Regione Piemonte. Manuale regionale.
- AA.VV. 2011. Interventi idraulici ittocompatibili: linee guida. Regione Lombardia, Quaderni della Ricerca, n.125.
- APAT – Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i servizi tecnici. 2003. Atlante delle opere di sistemazione fluviale – Manuale e linee guida. APAT.
- Arlati G., Bronzi P. 2001. Acquacoltura Responsabile – verso le produzioni acquatiche del terzo millennio. A cura di S. Cataudella e P. Bronzi, UNIPROM, cap. 4.6, pp. 532–546.
- Beach M.H. 1984. Fish pass design. Criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fishes in rivers. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Lowersoft, Fish. Res. Tech. Rep.
- Bernini F., Nardi P.A. 1992. Gli storioni: riflessioni e proposte di tutela. Pianura 4, 11–18.
- Boubée J.A.T., Williams E.K. 2006. Downstream passage of silver eels at a small hydroelectric facility. Fisheries Manag. Ecol. 13, 165-176.
- Bruno S., 1987. Pesci e crostacei d’acqua dolce. Giunti Barbèra, Firenze.
- Calows P., Petts G. 1992. The rivers handbook. Hydrological and ecological principles. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Citrini D., Nosedà G. 1999. Idraulica, Milano, Casa Editrice Ambrosiana;
- Clay C. 1995. Design of fishways and other fish facilities. Lewis Publisher, London.
- da Deppo L., Datei C., Salandin P. 2013. Sistemazione dei corsi d’acqua, Cortina, Libreria
- FAO/DVWK. 2002. Fish passes – design, dimensions and monitoring. Rome, FAO.
- Ferro V., Pagliara S. 2003 Contributo al dimensionamento idraulico delle rampe in pietra. Riv. Ing. Agr. 24, 23-31.
- Fortini N., 2011. Atlante dei pesci delle acque interne italiane. ARACNE ed. S.r.l., 457 pp.
- Gregoretto C., Corso di Idraulica, Università di Padova. Dispense.
- Jungwirth M., Schmutz S., Weiss S. (Editors) 1998. Fish migration and fish bypass channels. Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford.
- Kemp P.S., Gessel M.H., Sandford P.B., Williams J.G. 2008. Fish behavior and fish passage efficiency: lessons from North America. Hydrobiologia 609, 205-217.



- Marmulla G. (Editor) 2001. Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO Fisheries Technical Paper, FAO, Rome.
- McKeown B.A. 1984. Fish migration. Croom Helm.
- Mooney D.M., Holquist-Johnson C.L., Borderick S. 2007. Rock ramp design guidelines. US Department of the Interior, Denver, CO.
- Nikolsky G.V. 1993. The ecology of fish. Academy Press, London.
- Odeh M. 1999. Innovation in fish passage technology. American Fisheries Society, USA.
- Orabona E. 2010. Appunti di costruzioni idrauliche. Adriatica Editrice, Bari
- Pagliara S. 2003. Il progetto delle rampe di massi, Atti del corso di aggiornamento 2002 "La progettazione di opere idrauliche in zona montana". Editrice Bios.
- Pagliara S., Chiavaccini P. 2004. Stability of reinforced block ramp. International Conference River Flow 2004, Napoli, Italy.
- Pini Prato, E., 2001. Le scale di risalita per la tutela del patrimonio ittico. Provincia di Firenze - Assessorato Agricoltura Caccia e Pesca, Ufficio Pesca: 96 pp.
- PROGETTO LIFE 04NAT/IT/000126, 2007. "Conservation and Breeding of Italian Cobice Endemic Sturgeon", pp. 162.
- Quiros R. 1989. Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: latin America. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
- Rossi R. 1991. Osservazioni sulla biologia e la pesca dello storione cobice *Acipenser naccarii* nella parte terminale del Fiume Po. Atti della Società di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano 132, 121-142.
- Rossi S., Modesti A, Filippini S. 2009. Carta Ittica della Provincia di Lodi. Amm.ne Prov.le di Lodi, 204 pp. + CD-Rom allegato
- Videler J. 1993. Fish swimming. Chapman and Hall, Fish and fisheries series.
- Wardle C.S. 1975. Limit of fish swimming speed. Nature 225, 725-727
- Wardle C.S. 1980. Effects of temperature on the maximum swimming speed of fishes. In M.A. Ali (Editor). Environmental Physiology of fishes, Plenum Press, New York and London.
- Zerunian S. 2007. Problematiche di conservazione dei pesci d'acqua dolce italiani. In. La fauna ittica dei corsi d'acqua: qualità ambientale, ricerca e conservazione della biodiversità. Biol. Amb. 21, 49-55.
- Zerunian S. 2002. Condannati all'estinzione? Biodiversità, biologia, minacce e strategie di conservazione dei Pesci d'acqua dolce indigeni in Italia. Edagricole ed, Bologna, 220 pp.