



## Studio degli effetti delle variazioni di portata indotti dalla regimazione idroelettrica lungo il fiume Ticino

Rapporto conclusivo di sintesi

Versione definitiva



**Consorzio D.R.I.F.T.**

Viale P. Lucchini 12  
CH-6901 Lugano  
Tel. +41 091 913 91 00  
Fax +41 091 913 91 19

**e i l**

Ecole d'ingénieurs de Lullier



**DROSER SA**  
Ecologie appliquée  
Ch. de la Poudrière 36, 1950 Sion  
tel 027/323 70 17 fax 027/323 70 62

**CSDINGEGNERI+**



**OIKOS 2000**  
CONSULENZA E INGEGNERIA AMBIENTALE SAGL

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREMESSA.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Contesto dello studio.....  | 1         |
| 1.2 Scopo del mandato.....  | 3         |
| 1.3 Periodo di studio.....  | 3         |
| <b>2. CONTESTO GENERALE DEL BACINO IMBRIFERO.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>3. PARAMETRI RELATIVI ALL'IDROLOGIA, IDRAULICA E MORFOLOGIA.....</b>                       | <b>6</b>  |
| 3.1 Analisi dei dati idrologici disponibili fino al 2008.....                                 | 6         |
| 3.1.1 Scopo .....   | 6         |
| 3.1.2 Indagini eseguite.....  | 6         |
| 3.1.3 Risultati e conclusioni.....  | 7         |
| 3.2 Caratterizzazione del regime fluviale attuale nel periodo ottobre 2008-ottobre 2010 ..... | 7         |
| 3.2.1 Scopo .....   | 7         |
| 3.2.2 Indagini eseguite.....  | 8         |
| 3.2.3 Risultati e conclusioni.....  | 8         |
| 3.2.4 Confronto dei dati 2008-2010 con i dati storici.....                                    | 9         |
| 3.3 Conclusioni generali sull'analisi statistica.....   | 10        |
| 3.4 Definizione dei parametri idraulico-idrologici, geometrici e morfologici.....             | 11        |
| 3.4.1 Scopo .....   | 11        |
| 3.4.2 Indagini eseguite.....  | 11        |
| 3.4.3 Risultati e conclusioni.....  | 12        |
| 3.5 Definizione delle caratteristiche dell'habitat fluviale .....                             | 12        |
| 3.5.1 Scopo .....   | 12        |
| 3.5.2 Indagini eseguite.....  | 12        |
| 3.5.3 Risultati e conclusioni.....  | 12        |
| 3.6 Rilevamento dello stato di colmatazione dell'alveo.....                                   | 13        |
| 3.6.1 Scopo .....   | 13        |
| 3.6.2 Indagini eseguite.....  | 13        |
| 3.6.3 Risultati e conclusioni.....  | 14        |
| 3.7 Mobilizzazione del fondo in occasione dei deflussi massimi quotidiani.....                | 14        |
| 3.7.1 Scopo .....   | 14        |
| 3.7.2 Indagini eseguite.....  | 14        |
| 3.7.3 Risultati e conclusioni.....  | 15        |
| <b>4. PARAMETRI CHIMICO-FISICI.....</b>   | <b>16</b> |
| 4.1 Misure in continuo di temperatura.....  | 16        |
| 4.1.1 Scopo e indagini eseguite.....  | 16        |
| 4.1.2 Risultati e conclusioni.....  | 16        |
| 4.2 Misure puntuali della qualità delle acque .....   | 19        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 4.2.1      | <i>Scopo e indagini eseguite</i> .....  | 19        |
| 4.2.2      | <i>Risultati e conclusioni</i> .....  | 19        |
| <b>5.</b>  | <b>PARAMETRI RELATIVI ALL'ITTIOFAUNA</b> .....  | <b>20</b> |
| 5.1        | Campionamento qualitativo e quantitativo del popolamento ittico .....                   | 20        |
| 5.1.1      | <i>Metodologia</i> .....  | 20        |
| 5.1.2      | <i>Risultati</i> .....  | 21        |
| 5.1.3      | <i>Conclusione</i> .....  | 25        |
| 5.2        | Definizione dell'habitat acquatico disponibile alle diverse portate .....               | 25        |
| 5.2.1      | <i>Metodologia</i> .....  | 25        |
| 5.2.2      | <i>Risultati</i> .....  | 26        |
| 5.2.3      | <i>Conclusione</i> .....  | 26        |
| 5.3        | Valutazione della disponibilità di habitat per l'ittiofauna .....                       | 28        |
| 5.3.1      | <i>Metodologia</i> .....  | 28        |
| 5.3.2      | <i>Risultati</i> .....  | 29        |
| 5.4        | Definizione degli effetti delle variazioni di portata sul comportamento dei pesci ..... | 31        |
| 5.5        | Misura degli effetti sulla riproduzione e sugli stadi giovanili dei pesci .....         | 34        |
| 5.5.1      | <i>Protocollo di studio</i> .....   | 34        |
| 5.5.2      | <i>Risultati</i> .....  | 34        |
| <b>6.</b>  | <b>PARAMETRI RELATIVI AI MACROINVERTEBRATI</b> .....                                    | <b>40</b> |
| 6.1        | Rilevamento qualitativo e quantitativo del popolamento macrobentonico.....              | 41        |
| 6.1.1      | <i>Stazioni di studio e cenni metodologici</i> .....                                    | 41        |
| 6.1.2      | <i>Risultati IBGN</i> .....   | 41        |
| 6.2        | Definizione del drift .....   | 47        |
| 6.2.1      | <i>Stazioni di studio e cenni metodologici</i> .....                                    | 47        |
| 6.2.2      | <i>Risultati – Fase I</i> .....   | 49        |
| 6.2.3      | <i>Risultati – Fase II</i> .....  | 50        |
| 6.3        | Considerazioni conclusive relative ai macroinvertebrati .....                           | 54        |
| <b>7.</b>  | <b>SINTESI PER TRATTO</b> .....   | <b>54</b> |
| 7.1        | Tratto 1 .....  | 58        |
| 7.2        | Tratto 2 .....  | 60        |
| 7.3        | Tratto 3 .....  | 62        |
| 7.4        | Tratto 4 .....  | 64        |
| 7.5        | Tratto 5 .....  | 66        |
| 7.6        | Considerazioni conclusive sullo stato del fiume .....                                   | 68        |
| <b>8.</b>  | <b>PROGETTI CONCOMITANTI SUL FIUME TICINO</b> .....                                     | <b>68</b> |
| <b>9.</b>  | <b>DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE</b> .....                     | <b>69</b> |
| <b>10.</b> | <b>APPROFONDIMENTI NECESSARI E PROSSIMI PASSI</b> .....                                 | <b>70</b> |
| 10.1       | Studi generali .....  | 70        |
| 10.2       | Misure proposte .....   | 71        |

|  |           |
|--|-----------|
| 10.3 Idrologia – qualità delle acque .....                   | 71        |
| 10.4 Pesci .....   | 71        |
| 10.5 Macroinvertebrati .....                                 | 71        |
| <b>11. CONCLUSIONI .....</b>                                 | <b>72</b> |
| <b>12. ANALISI BIBLIOGRAFICA .....</b>                       | <b>74</b> |
| 12.1 Bibliografia generale sulla problematica .....          | 74        |
| 12.2 Idrologia, idraulica, morfologia e chimico-fisici ..... | 74        |
| 12.3 Ittiofauna.....   | 75        |
| 12.4 Macroinvertebrati .....                                 | 76        |

## INDICE DELLE TABELLE

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Tabella 1   | Principali centrali (>300 kW) nel bacino imbrifero del Ticino; elenco tratto da Limnex 2001; altre fonti : sito internet di AET, OFIBLE, AXPO; lavoro di diploma di Fabienne Künzli (EAWAG, 2005).....  | 5  |
| Tabella 2   | Riepilogo dei parametri calcolati durante i periodi 1997-1999 e 2005-2007 (valori medi).....  | 7  |
| Tabella 3   | Riepilogo dei parametri calcolati per i diversi settori durante il periodo ottobre 08 – ottobre 10 (valori medi).....   | 8  |
| Tabella 4   | Parametri critici dei deflussi discontinui. Valori indicativi secondo VAW 2006, Pfaundler et Keusen 2007. ....  | 10 |
| Tabella 5   | Statistiche dei dati di temperatura del fiume per l'anno 01.10.2008 – 30.09.2010 per i periodi invernali 01.12.2008 – 28.02.2009 e 01.12.2009 – 28.02.2010 .....  | 18 |
| Tabella 6   | Alcuni parametri fisico-chimici rilevati sul campo ed in laboratorio.....   | 19 |
| Tabella 7   | Date dei campionamenti realizzati in occasione della sessione d'ottobre 2008.....   | 20 |
| Tabella 8   | Lista delle specie censite sull'insieme dei 5 siti campionati nell'ottobre 2008. ....   | 22 |
| Tabella 9   | Scala modificata (Malavoi and Souchon 1989) di Wentworth per la caratterizzazione del substrato...28  |    |
| Tabella 10  | Effetto del deflusso (acqua bassa BE, acqua alta HE) sull'utilizzazione dell'habitat da parte della trota, nei tre stati di crescita considerati. I valori indicati sono le probabilità che le distribuzioni dei due campioni (BE e HE) siano identici. Una differenza significativa nell'utilizzazione dell'habitat è messa in evidenza se $p < 0.05$ (in rosso). I valori $0.05 < p < 0.1$ sono marcati in arancio.....                               | 32 |
| Tabella 11  | Sintesi per i vari tratti dell'habitat disponibile in funzione degli stadi di crescita e valutazione dell'impatto dei deflussi discontinui ( $Q_{min}$ = deflusso di base; $Q_{max}$ = deflusso di punta).....  | 39 |
| Tabella 12: | Stazioni di studio .....  | 41 |
| Tabella 13: | Sintesi dei risultati IBGN. Legenda: Ind = individui; US = Unità sistematiche; GI = Gruppo indicatore secondo IBGN.....   | 42 |
| Tabella 14: | Dati pregressi (Jann 1990; Jann 1991). ....   | 45 |
| Tabella 15: | Parametri idrologici (sopra) ed ecologici (al centro e sotto) rilevati durante la fase II. Legenda: Q = deflusso; $dH/dt$ = tasso di incremento dell'altezza idrica; $dT$ = variazione di temperatura; SST = solidi sospesi totali; MOP = detriti e alghe (materia organica particolata); DD = densità del drift; DM = biomassa del drift [ $mg/m^3$ ]; DP = Proporzione del drift secondo la formula di Elliott (1967, cf. rapporto di dettaglio)..... | 51 |
| Tabella 16: | Sintesi degli studi realizzati nell'ambito del mandato (in blu le elettropesche realizzate dai guardia pesca dell'Ufficio cantonale Caccia e Pesca).....  | 72 |

## INDICE DELLE FIGURE

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Figura 1 | Cronistoria dello <i>Studio sugli effetti delle variazioni di portata indotti dalla regimazione idroelettrica lungo il fiume Ticino da Personico alla foce</i> .....   | 2  |
| Figura 2 | Lo <i>Studio sugli effetti delle variazioni di portata indotti dalla regimazione idroelettrica lungo il fiume Ticino da Personico alla foce</i> nel contesto della pianificazione del risanamento ai sensi dell'art. 39a della LPAc..... | 2  |
| Figura 3 | Localizzazione dei vari tratti (SWISSIMAGE©2010 swisstopo DVD23212). ....  | 4  |
| Figura 4 | Curva di durata del parametro $Q_{max}/Q_{min}$ calcolata sulla base del periodo ottobre 08 – ottobre 10. ....   | 9  |
| Figura 5 | Evoluzione delle oscillazioni giornaliere di portata ( $Q_{max}/Q_{min}$ ) misurate durante il periodo invernale dal 1987 al 2010 presso Bellinzona e Pollegio (valori medi). ....   | 10 |
| Figura 6 | Esempio modello e risultati calcolo idraulico .....  | 11 |
| Figura 7 | Esempi morfologia tratto 4 (a sinistra) e tratto 3 (a destra).....   | 13 |
| Figura 8 | Esempio di rilievo della colmatazione secondo il metodo Schälchli. Nell'esempio: grado di colmatazione 3 – media.....  | 13 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 9   | Esempio materiali utilizzati per rilievo della mobilitazione del fondo.....  | 15 |
| Figura 10  | Andamento della temperatura nelle 4 stazioni di rilevamento durante una settimana-tipo (lun 15.12.2008–dom 21.12.2008) .....   | 16 |
| Figura 11  | Andamento della temperatura a Claro in rapporto alla portata (valido anche per settori e valle). .....   | 17 |
| Figura 12  | Andamento della temperatura a Pollegio in rapporto alla portata (valido anche per Biasca). .....   | 17 |
| Figura 13  | Curva di durata delle oscillazioni di temperatura giornaliere osservate in 4 sezioni di studio (2008-2010). .....  | 18 |
| Figura 14  | Difficoltà riscontrate durante le pesche elettriche : forte corrente, altezza elevata dell’acqua, torbidità importante (ott. 2008).....  | 21 |
| Figura 15  | Struttura del popolamento piscicolo lungo il Ticino. In alto, abbondanza delle diverse specie catturate per campionamento puntuale di abbondanza (EPA, 100 pts). In basso, abbondanza delle diverse specie catturate con la pesca in continuo (PC) di 30 min lungo l’argine. Le elettropesche svolte con deflusso minimo e deflusso massimo sono state cumulate.....   | 22 |
| Figura 16  | Taglia media ( $\pm$ deviazione standard) delle trote campionate in funzione delle classi di età e per stazione sul Ticino (pesca elettrica condotta dal 2 al 6.10.2008). .....  | 24 |
| Figura 17  | Struttura demografica della popolazione di trote concernente i campioni raccolti nelle 5 stazioni sul Ticino (risultati espressi in abbondanza relativa, pesche elettriche realizzate dal 2 al 6.10.2008). 0+ (8 mesi) ; 1+ (20 mesi) ; 2+ (32 mesi) ; 3+ (44 mesi) ; 4+ (56 mesi) ; 5+ (68 mesi).....   | 24 |
| Figura 18  | Livelli delle acque registrati nelle stazioni 1-4 in cui sono state svolte le sessioni di campionamento (in verde = acque basse ; in rosso = acque alte).....  | 27 |
| Figura 19  | Curve di preferenza normalizzate per le 5 variabili di habitat considerate, in funzione dello stadio di sviluppo (0+, giovani, adulti) e del livello del deflusso (acqua bassa BE e acqua alta HE). Il coefficiente di preferenza rappresenta la frazione tra l’habitat utilizzato e l’habitat disponibile (per ogni modalità di ogni variabile), rapportata all’intervallo [0 ; 1]. .....   | 30 |
| Figura 20  | CPUE (in numero di trote catturate per 100 punti EPA) per stazione in funzione del livello di portata e per i mesohabitat di tipo “lotic channel” e “river bank”. Per la stazione 5 il campionamento in fase di acqua alta non è stato realizzato (dati mancanti). Per il mesohabitat « river bank », 5 valori su 9 derivano da meno di 10 punti EPA. ....   | 31 |
| Figura 21  | Variazione delle catture di trota in funzione dell’aumento della portata (BE versus HE) per tipo di mesohabitat. La variazione è espressa in percentuale, secondo il calcolo seguente: $(CPUEHE - CPUEBE) / CPUEBE * 100$ . La fase di acqua alta non è disponibile per la stazione 5 (assenza di dati). .....   | 31 |
| Figura 22  | Disponibilità e utilizzazione dell’habitat da parte dei tre stadi di crescita della trota nelle stazioni 1 e 2, in periodo di acqua bassa (BE) e in fase di rilascio (HE). Per una data variabile, la disponibilità rappresenta la proporzione della classe considerata rispetto al campionamento totale (N=69 in BE ; 67 in HE). Per livello di deflusso, l’habitat utilizzato rappresenta la proporzione di individui di un dato stadio di crescita che si trova in una determinata classe di una variabile per rapporto ai punti non nulli del campione (N=39 in BE; 80 in HE). ..... | 33 |
| Figura 23  | Osservazione notturna a Pollegio: alveo nel punto di maggiore profondità. ....   | 34 |
| Figura 24  | Tratto 1. ....   | 36 |
| Figura 25  | Tratto 2. ....   | 36 |
| Figura 26  | Tratto 3. ....   | 36 |
| Figura 27  | Tratto 4. ....   | 37 |
| Figura 28  | Tratto 5. ....   | 37 |
| Figura 29  | Evoluzione delle trote 0+ tra giugno e settembre 2009 ( <i>giugno = 6 mesi ; settembre = 9 mesi</i> ).....   | 38 |
| Figura 30: | Condizioni di magra. Ampie porzioni di alveo rimangono in secca, ed ambienti poco prima caratterizzati da acque correnti si trasformano in pozze stagnanti (sopra). Nelle pozze si concentrano grandi quantità di <i>Allogamus auricollis</i> (Limnephilidae, sotto a sinistra), piuttosto resistenti allo spiaggiamento e agli sbalzi di temperatura (cf. Frutiger 2004). Sotto a destra: altri gruppi frequenti (Baetidae, Heptageniidae, Gammaridae).....   | 44 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 31: | Risultati IBGN. A sinistra: situazione 1990-1991; a destra: situazione attuale (SWISSIMAGE©2010 swisstopo DVD23212). .....   | 47 |
| Figura 32: | Campionamento del drift durante la fase I, con reti da 500 µm e correntimetro a induzione magnetica. ....  | 48 |
| Figura 33: | Campionamento del drift durante la fase II. Stazione di pompaggio e filtrazione con reti da 100 µm a Pollegio. ....  | 48 |
| Figura 34: | Correlazione tra il rapporto della densità del drift ( $DD_{max:min}$ ) e coefficiente $Q_{max}/Q_{min}$ nelle 5 stazioni di studio. I dati della campagna estiva (settembre 2009) variano in modo differente rispetto alle due campagne invernali (dicembre 2008 e marzo 2009). ....                              | 49 |
| Figura 35: | Esempi di andamento del drift durante lo scenario 1 (in alto, con $Q_{max}/Q_{min}$ pari a 30:1) e lo scenario 3 (in basso, con $Q_{max}/Q_{min}$ pari a 6.4:1): densità del drift (DD, in rosso) e biomassa del drift (DM, in arancione). Per altri scenari e indicatori, riferirsi al rapporto di dettaglio..... | 50 |
| Figura 36: | Indicatori ecologici ( $DD_{max}$ , $DP_{max}$ ) in funzione del tasso di incremento del livello idrico $dH/dt$ . ....   | 53 |
| Figura 37: | Spiaggiamento di pesci durante lo scenario 1 (19 aprile 2010). Sinistra: avannotto di trota fario a Pollegio; destra: scazzone a Lodrino. ....   | 53 |
| Figura 38  | Sintesi degli elementi analizzati e dei rilievi effettuati (SWISSIMAGE©2010 swisstopo DVD23212) ; vedi pagina seguente.....  | 54 |

## ALLEGATI

### **RAPPORTO CONCLUSIVO IDROLOGIA, IDRAULICA, MORFOLOGIA E PARAMETRI FISICO-CHIMICI (VERSIONE LUGLIO 2011)**

ALLEGATO A: STATISTICHE IDROLOGICHE PER I DUE ANNI DI STUDIO (OTTOBRE 2008 – OTTOBRE 2010)

ALLEGATO B: MODELLIZZAZIONE IDRAULICA 1D: SCHEDE DELLE SEZIONI E RISULTATI DEL MODELLO

B1 Schede sezioni

B2 Modelli HEC-RAS

ALLEGATO C: CARTA DELLA CARATTERIZZAZIONE ECOMORFOLOGICA

ALLEGATO D: ANALISI DELLO STATO DI COLMATAZIONE: CARTOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

D1 cartografia colmatazione1

D2 colmatazione - foto

ALLEGATO E: PROVE DI MOBILIZZAZIONE: CARTOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

E1 cartografia mobilizzazione – foto

E2 mobilizzazione – foto

### **RAPPORTI PISCICOLI COSTITUITI DAI 7 RAPPORTI SEGUENTI (VERSIONE LUGLIO 2011):**

ALLEGATO 0: RAPPORTO PESCA TICINO OTTOBRE 2008

ALLEGATO 1: OSSERVAZIONE DELLA FREGOLA DELLA TROTA (SALMO TRUTTA), DICEMBRE 2008

ALLEGATO 2: OSSERVAZIONE DELLA FREGOLA DEL TEMOLO (THYMALLUS THYMALLUS), MARZO E APRILE 2009

Carta dei luoghi di frega di trote e temoli 1:5000

ALLEGATO 3: MONITORAGGIO DEI PREESTIVALI DI TEMOLO (THYMALLUS THYMALLUS) E DI TROTA (SALMO TRUTTA), MAGGIO E GIUGNO 2009

ALLEGATO 4: SOPRAVVIVENZA DEGLI ESTIVALI DI TROTA (SALMO TRUTTA), SETTEMBRE 2009; EVOLUZIONE DELLE DENSITÀ DI TROTE 0+ TRA GIUGNO E SETTEMBRE 2009

ALLEGATO 5: SOPRAVVIVENZA DEGLI ESTIVALI DI TROTA (SALMO TRUTTA), 2010; EVOLUZIONE DELLE DENSITÀ DI TROTE 0+ TRA GIUGNO E OTTOBRE 2010

ALLEGATO 6: ANALISI DELLE CATTURE REALIZZATE NEL 2009, CONFRONTO CON LE CRESCITE OSSERVATE LUNGO IL TICINO, RACCOMANDAZIONI CONCERNENTI LE TAGLIE DI CATTURA

### **RAPPORTO DI DETTAGLIO RELATIVO AI MACROINVERTEBRATI (VERSIONE GIUGNO 2011)**

ALLEGATO 1: RISULTATI IBGN

ALLEGATO 1: RISULTATI DRIFT FASE I

ALLEGATO 2: RISULTATI DRIFT FASE II



## 1. PREMESSA

### 1.1 Contesto dello studio

A fronte di un significativo e durevole calo delle catture nella tratta di pianura del fiume Ticino da Personico alla foce, corrispondenti ai settori BD e BN nella statistica cantonale di pesca, nel settembre 2005 la Federazione Acquicoltura e Pesca Ticinese (FTAP) ha proposto all'Ufficio della caccia e della pesca (UCP) l'esecuzione di uno studio teso a chiarire le possibili cause di questa evoluzione negativa e in particolare di verificare gli effetti della discontinuità dei deflussi generata dalle restituzioni delle centrali idroelettriche AET Nuova Biaschina a Personico e OFIBLE Biasca in zona Giustizia.

Il Dipartimento del territorio, per il tramite dell'UCP, ha quindi concepito un mandato (FU 17/2007 del 27 febbraio 2007) in modo da consentire la verifica dell'origine degli scompensi idrologici rilevati a valle degli impianti idroelettrici e possibilmente una valutazione quantitativa degli impatti. Tale mandato è stato attribuito definitivamente dal Consiglio di Stato solo nella primavera del 2008 (ris. n. 2954 del 4 giugno 2008) in seguito a ricorsi che avevano portato all'annullamento di un primo incarico. Il CdS ha pure contestualmente definito le modalità di accompagnamento dei lavori, istituendo un Gruppo di accompagnamento nel quale sono rappresentati i Servizi cantonali e federali interessati e i rappresentanti degli ambienti accademici, dei pescatori, delle aziende idroelettriche e delle associazioni ambientaliste.

Il ritardo nel frattempo accumulato ha fatto cadere il periodo di rilevamento sul campo in un anno poco favorevole a causa di una situazione idrologica meno classica rispetto alla media; in particolare e specialmente in seguito alla frana di Chironico che ha causato intorbidamenti delle acque del Ticino fin nell'ottobre 2009.

Va inoltre ricordato che nel dicembre 2009 il Parlamento ha approvato le modifiche della Legge federale sulla protezione delle acque (LPac), adottate dal Parlamento quale controprogetto indiretto (elaborato dalla Commissione dell'ambiente, della pianificazione del territorio e dell'energia del Consiglio degli Stati –CAPTE-S) all'iniziativa popolare "Acqua viva", nel frattempo ritirata. Tale modifica, entrata in vigore il 1° gennaio 2011, è ritenuta dall'autorità federale una delle tappe più importanti nella protezione delle acque in Svizzera e sancisce che i corsi d'acqua debbano essere risanati al fine di riacquistare un aspetto e caratteristiche più prossimi alle condizioni naturali.

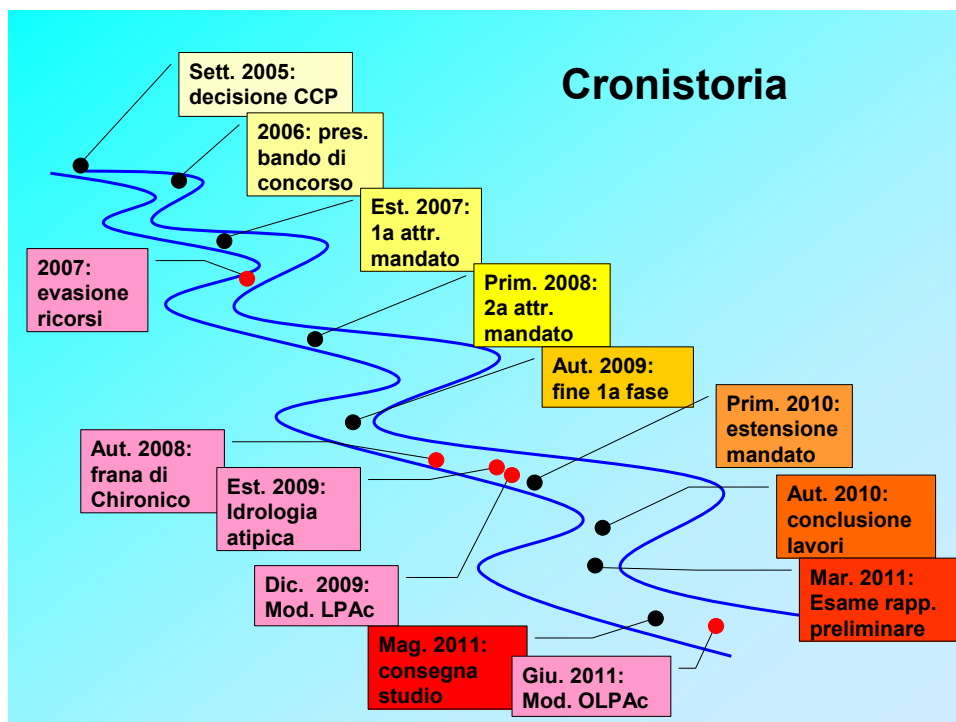
Il posticipo dell'avvio dei lavori sul fiume Ticino unitamente alle modifiche di legge citate, hanno reso opportuna un'estensione del mandato al fine di consentire da un lato il maggiore consolidamento dei dati raccolti e dall'altro un parziale riorientamento dello studio in funzione della pianificazione del risanamento, divenuto un compito di legge per i Cantoni.

Così lo studio che era nato col compito di dimostrare l'esigenza di intervenire per lenire gli impatti della discontinuità idrologica generata dalle restituzioni delle centrali idroelettriche va ora visto come un'importante base conoscitiva di partenza per intraprendere la pianificazione del risanamento dei deflussi discontinui ai sensi del nuovo art. 39a della LPac.

In seguito alle avvenute modifiche della LPac, la Confederazione ha provveduto agli adattamenti necessari a livello della relativa Ordinanza federale (OPac), approvati dal Consiglio federale nel maggio 2011 e in vigore a partire dal 1° giugno 2011. Le nuove basi giuridiche prevedono che i Cantoni presentino entro la fine del 2014 una pianificazione del risanamento dei deflussi discontinui generati dalle restituzioni delle centrali idroelettriche che indichi gli oggetti da risanare, gli interventi da prospettare e le priorità di risanamento.

L'Autorità federale ha pure istituito un gruppo d'accompagnamento (nel quale è rappresentato anche il Cantone Ticino per il tramite dell'Ufficio caccia e pesca) al quale è stato attribuito il compito di partecipare all'allestimento di linee guida per facilitare ai Cantoni il compito della pianificazione e di rendere il più uniforme possibile la stessa. Questo documento sarà pubblicato nel corso dell'estate 2011.

Il presente studio, pur avendo di fatto anticipato parte delle indagini utili a predisporre le conoscenze necessarie ai fini della pianificazione richiesta dalle recenti modifiche legislative citate, non va confuso con la pianificazione stessa ai sensi della LPac, che deve essere effettuata considerando quale unità di valutazione i vari bacini imbriferi e tutti gli impianti in essi collocati e che dovrà necessariamente avere un grado di affinamento superiore, quantomeno per gli aspetti legati alle opere di risanamento. Esso va quindi visto quale strumento di supporto alla futura pianificazione.



**Figura 1** Cronistoria dello *Studio sugli effetti delle variazioni di portata indotti dalla regimazione idroelettrica lungo il fiume Ticino da Personico alla foce.*



**Figura 2** Lo *Studio sugli effetti delle variazioni di portata indotti dalla regimazione idroelettrica lungo il fiume Ticino da Personico alla foce* nel contesto della pianificazione del risanamento ai sensi dell'art. 39a della LPac.

Diversi studi hanno preso in esame, nel passato recente, la problematica delle variazioni di portata indotte dalla regimazione idroelettrica sul fiume Ticino. In questi studi è stato trattato in prevalenza l'aspetto statistico-idrologico con lo scopo principale di confrontare i diversi parametri del fiume Ticino con quelli di altri fiumi Svizzeri.

L'importante diminuzione delle catture di trote e temoli registrata nell'ultimo decennio lungo l'intera asta del fiume Ticino ha evidenziato la necessità di approfondire ed estendere l'esame della situazione e di definire misure d'intervento.

Il Dipartimento del Territorio del Canton Ticino, per il tramite dell'Ufficio della Caccia e della Pesca, si è quindi fatto promotore di uno studio multidisciplinare che verifichi l'effettivo impatto della regimazione idroelettrica sull'ambiente fluviale.

Per lo svolgimento dello studio è stato creato un apposito gruppo d'accompagnamento composto da rappresentanti delle autorità cantonali e federali, degli ambienti accademici, delle aziende idroelettriche, delle associazioni ambientaliste e della federazione ticinese di acquicoltura e pesca.

La modifica della legge federale del 24 gennaio 1991 sulla protezione delle acque (LPAC) intervenuta a cavallo del periodo di studio e che è entrata in vigore a partire dal 1.1.2011, ha comportato una parziale revisione degli intenti dello studio. Accanto all'esame dello stato attuale del fiume Ticino, si è infatti deciso di mettere in atto anche una serie di indagini complementari finalizzate alla definizione di misure di risanamento.

Il presente testo è parte integrante dell'incarto di studio ed illustra in modo sintetico le principali conclusioni delle indagini eseguite. Lo studio si è svolto in due tappe:

- In primo luogo si è svolto un approccio settoriale (Idrologia – idraulica – morfologia – fisico-chimico / Ittiologia / Macroinvertebrati); ogni settore è stato oggetto di studio e di rilievi specifici ma coordinati tra i vari partner (scelta delle stazioni di studio, metodologia, attuazione, trasmissione dei risultati e discussioni nel corso del mandato, ecc.);
- Tutti i risultati sono poi stati confrontati durante sessioni di discussione in presenza di tutti i partner con l'obiettivo di interpretare in modo comune i risultati, d'identificare le problematiche presenti (per tratto analizzato), per infine proporre un pacchetto di misure che permettano di attenuare gli impatti dei deflussi discontinui o attenuare gli impatti di altre minacce.

Una carta di sintesi (cfr. Figura 38 al capitolo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) presenta, per il tratto di studio, l'insieme degli elementi idrologici e idroelettrici, e localizza i rilievi che sono stati svolti nel quadro del mandato.

## 1.2 Scopo del mandato

Il mandato si prefigge quanto segue:

- Rispondere alle specifiche richieste poste dal Committente nel suo capitolato del 26.2.2007
- Eseguire una serie di attività complementari atte a specificare le possibili misure costruttive di mitigazione dei deflussi discontinui in previsione della modifica della LPAC in vigore dal 1.1.2011.

## 1.3 Periodo di studio

Il periodo di studio inizialmente previsto era di 1 anno idrologico completo. A causa di eventi meteorologici intensi nel corso dell'autunno 2008 e del prolungato intorbidamento delle acque del fiume Ticino (franamento nell'alveo dell'affluente Ticinetto), alcune attività di terreno non hanno potuto aver luogo come da programma. Per questo motivo e per dare una maggiore rappresentatività al periodo di studio si è deciso di prolungare le misure di terreno di un ulteriore anno idrologico. Ciò ha permesso anche di eseguire una serie di misure complementari finalizzate alla definizione di misure di mitigazione.

Il periodo idrologico di studio è quindi quello compreso tra il 30.9.2008 e il 1.10.2010.

## 2. CONTESTO GENERALE DEL BACINO IMBRIFERO

L'asta del fiume Ticino analizzata si estende dalla restituzione AET a Polleggio, fino alla foce nel lago Verbano, a valle di Bellinzona, per una lunghezza di circa 37.5 km. Il capitolato d'oneri realizzato dal Committente ha suddiviso questo settore in 5 tratti (Figura 3):

- **Tratto 1 : Rilascio AET Nuova Biaschina – Foce Brenno;** questo tratto a deflusso residuale molto debole (nessun affluente) riceve il rilascio AET, il cui impatto è a priori il più elevato;
- **Tratto 2 : Foce Brenno – Rilascio OFIBLE Biasca;** il rilascio AET è attenuato dagli apporti del fiume Brenno;
- **Tratto 3 : Rilascio OFIBLE Biasca – Foce Moesa;** tratto a valle del rilascio OFIBLE, con un aspetto relativamente naturale (morfologia a banchi alternati);
- **Tratto 4 : Foce Moesa – Gudo;** apporto di 2 affluenti, la Moesa e la Morobbia;
- **Tratto 5 : Gudo – Lago Verbano;** tratto molto incanalato.



**Figura 3** Localizzazione dei vari tratti (SWISSIMAGE©2010 swisstopo DVD23212).

Alcuni di questi tratti ricevono degli apporti laterali. Il grado d'influenza dei principali affluenti può essere valutato nel modo seguente :

**++ beneficio elevato / + effetto positivo / □ effetto negativo**

- **Brenno ++** : l'apporto idrico relativamente elevato per rapporto al Ticino contribuisce ad aumentare in modo significativo il deflusso di base del Ticino e ad attenuare quindi l'effetto dei deflussi discontinui legati alla restituzione AET.
- **Moesa +** e **□** : il deflusso di base supplementare fornito è positivo per il Ticino ; tuttavia, i deflussi discontinui indotti dagli impianti sulla Moesa si aggiungono a quelle di AET e OFIBLE ; in funzione delle sequenze di turbinaggio, l'effetto dei deflussi discontinui può quindi risultare aggravato.
- **Morobbia +** : il deflusso di base supplementare fornito è positivo per il Ticino ; le sovrapposizioni delle sequenze di turbinaggio sono più rare rispetto alla Moesa; vi sono quindi pochi effetti negativi.

Questi elementi di comprensione del bacino imbrifero e del suo funzionamento idrologico non sono tuttavia preponderanti nel quadro del presente mandato. In effetti, gli studi e i monitoraggi condotti sul Ticino integrano una situazione generale e quindi le conseguenze globali dei deflussi discontinui sul fiume. L'oggetto del mandato era di identificare l'impatto di questo fenomeno e di proporre delle misure di miglioramento delle fonti di disturbo più importanti. Per questa ragione il presente mandato si è concentrato sull'impatto delle principali restituzioni - AET e OFIBLE - sapendo che gli impianti idroelettrici del bacino imbrifero a monte, così come quelli dei bacini laterali, influenzano in minor misura il regime idrologico del Ticino. La Tabella 1 presenta gli impianti esistenti sull'insieme del bacino imbrifero.

**Tabella 1** Principali centrali (>300 kW) nel bacino imbrifero del Ticino; elenco tratto da Limnex 2001; altre fonti : sito internet di AET, OFIBLE, AXPO; lavoro di diploma di Fabienne Künzli (EAWAG, 2005).

|    | Centrale   | Società  | Fiume    | Lago e bacino (Volume)  | Centrale, portata nominale                   | Messa in servizio | Osservazioni   |
|----|------------|----------|----------|---|--|-------------------|--|
| 1  | Airolo     | ATEL     | Ticino   | Lago di Lucendo (25 mio m <sup>3</sup> ) & Sella (9.2 mio m <sup>3</sup> )    | Airolo - ca. 7.3 m <sup>3</sup> /s (2*29 MW) | 1945              | Bacino di compensazione a Airolo, turbinato a Stalvedro  |
| 2  | Stalvedro  | AET      | Ticino   | Bacino di compensazione Airolo (370'000m <sup>3</sup> )                       | Stalvedro 11.5 m <sup>3</sup> /s             | 1968              | Continuazione di Airolo  |
| 3  | Ritom      | SBB      | Ticino   | Lago di Ritom (53.9 mio m <sup>3</sup> ) & Cadagno (2.42 mio m <sup>3</sup> ) | Piotta 6.6 m <sup>3</sup> /s                 | 1920              | Centrale indipendente  |
| 4  | Rodi       | AET      | Ticino   | Lago di Tremorgio (9 mio m <sup>3</sup> )                                     | Tremorgio 1.6 m <sup>3</sup> /s              | 1926              | Primo livello di Tremorgio, Piottino, Nuova Biaschina  |
| 5  | Personico* | AET      | Ticino   | Bacino di compensazione Piottino (130'000m <sup>3</sup> )                     | Nuova Biascina 54 m <sup>3</sup> /s          | 1967 / 1974       | Ultimo livello di Tremorgio, Piottino, Nuova Biaschina   |
| 6  | Biasca*    | OFIBLE   | Ticino   | Lago di Luzzone (108 mio m <sup>3</sup> )                                     | Biasca ca. 67 m <sup>3</sup> /s              | 1963              | Ultimo livello Olivone, Biasca (centrale sotterranea)  |
| 7  | Soazza     | OIM      | Moesa    | bacino di Corina (120'000m <sup>3</sup> )                                     | Soazza ca. 13 m <sup>3</sup> /s              | 1960              | A monte presenza del Lago d'Isola (5.9 mio m <sup>3</sup> ); ultimo livello del Lago d'Isola, Pian San Giacomo, Soazza |
| 8  | Lostallo   | Eline SA | Moesa    | Bacino di Arbola (110'000m <sup>3</sup> )                                     | Lostallo ca. 9.9 m <sup>3</sup> /s           | 1958              | Centrale indipendente  |
| 8b | Grono      | Eline SA | Moesa    | Lago di Roggiasca (520'000m <sup>3</sup> )                                    | Grono ca. 6.7 m <sup>3</sup> /s              | 1965              | Centrale indipendente, non iscritta in Limnex  |
| 9  | Morobbia   | AEMB     | Morobbia | Carmena (300'000 m <sup>3</sup> )   | Centrale AMB ca. 5 m <sup>3</sup> /s         | 1969              | Centrale indipendente  |

\* principali centrali all'origine dei deflussi discontinui sul Ticino (ultimi livelli dei grandi impianti)

Si evidenzia come la portata massima turbinabile dalle centrali AET e OFIBLE sia pari a 121 m<sup>3</sup>/s.

Di seguito vengono presentate le principali antropizzazioni del bacino imbrifero che possono alterare la qualità delle acque:

- Impianti di depurazione delle acque (IDA).

Gli IDA di dimensioni rilevanti che immettono le loro acque depurate nel tratto di fiume Ticino in oggetto sono due: l'impianto appartenente al Consorzio Depurazione Acque di Biasca e dintorni (IDA Biasca), con immissione delle acque di scarico depurate nel canale di restituzione della centrale OFIBLE di Biasca (tra il tratto 2 e il tratto 3), e l'impianto del Consorzio Depurazione Acque di Bellinzona e dintorni, nel Comune di Giubiasco, con immissione delle acque di scarico depurate direttamente nel fiume Ticino, all'altezza del tratto 4.

- Siti di estrazione e lavorazione di granito.

Le acque di scarico di alcuni siti di estrazione e di lavorazione di pietra gneissica ("granito") in bassa Leventina e nella Valle Riviera immettono le proprie acque direttamente nel fiume Ticino (in particolare acque meteoriche provenienti dalle superfici di lavorazione e acque di lavaggio della pietra. Talvolta, tali scarichi possono causare intorbidamenti locali delle acque del fiume Ticino (cf. ad esempio l'intorbidamento osservato all'altezza di Pollegio nell'ambito di questo studio<sup>1</sup>)

Attualmente non vi sono siti di estrazione di inerti in alveo, attività frequente alcuni decenni fa tra Biasca e Bellinzona.

- Il cantiere AlpTransit, all'altezza di Pollegio (tratto 1), immette le acque di scarico depurate provenienti dal traforo della galleria del S.Gottardo direttamente nel fiume Ticino. In passato, questo impianto ha avuto problemi dal profilo dei valori limite di immissione, ma dal 2008 risulta funzionare nel rispetto della legislazione in vigore.
- Altre possibili fonti di alterazione della qualità delle acque del fiume sono gli scarichi industriali provenienti ad esempio dalla zona tra Osogna e Cresciano, oppure eventualmente delle acque meteoriche provenienti da altre superfici urbanizzate (strade e autostrada A2).

### 3. PARAMETRI RELATIVI ALL'IDROLOGIA, IDRAULICA E MORFOLOGIA

#### 3.1 Analisi dei dati idrologici disponibili fino al 2008

##### 3.1.1 Scopo

L'analisi dei dati riguardanti il periodo precedente al 2008 deve permettere di:

- Valutare i dati raccolti nel periodo di studio ottobre 2008-ottobre 2010 in rapporto alla situazione precedente e valutarne la rappresentatività
- Identificare eventuali cambiamenti avvenuti dopo l'introduzione della "borsa dell'energia" nel 2000

##### 3.1.2 Indagini eseguite

Per l'analisi si sono utilizzati i dati idrologici provenienti dalle stazioni idrometriche federali di Pollegio (2494) e Bellinzona (2020), dai quali sono stati estrapolati i parametri che descrivono le oscillazioni di portata giornaliera. Per entrambe le stazioni idrometriche sono stati analizzati i periodi rappresentativi 1997-1999 e 2005-2007.

La scelta dei parametri da utilizzare per la caratterizzazione del regime fluviale è stata fatta in conformità a quanto svolto in precedenti studi simili a livello svizzero (in particolare Pfandner et Keusen, 2007). I parametri utilizzati al fine di caratterizzare al meglio il fenomeno dei deflussi discontinui sono i seguenti:

|                          |   |
|--------------------------|---|
| $Q_m$ :                  | deflusso medio giornaliero  |
| $Q_{max}$ :              | deflusso massimo giornaliero                                      |
| $Q_{min}$ :              | deflusso minimo giornaliero                                       |
| $Q_{max}/Q_{min}$ :      | rapporto tra portata massima e minima giornaliera                 |
| $dh/dt$ risp. $-dh/dt$ : | crescita risp. decrescita massima giornaliera del livello d'acqua |
| $dQ/dt$ risp. $-dQ/dt$ : | crescita risp. decrescita massima giornaliera della portata       |

<sup>1</sup> Rapporto di dettaglio sui macroinvertebrati, p. 68

- Picchi al giorno:** numero di picchi di portata osservati in un giorno  
**Volatilità:** numero di oscillazioni di portata osservati in un giorno

### 3.1.3 Risultati e conclusioni

In generale, i dati statistici mostrano un **inasprimento dei parametri legati all'oscillazione giornaliera dei deflussi**, avvenuto tra il periodo 1997-1999 e il 2005-2007 per quasi tutti i parametri considerati. Nel tratto di fiume più a valle le oscillazioni giornaliere sono più contenute e stabili nel tempo, in quanto il deflusso di base è maggiore e l'onda di piena viene man mano smorzata dai lunghi tempi di percorrenza e dallo sfasamento temporale tra i picchi di portata dei rilasci e degli affluenti soggetti a regimazione idroelettrica. Altre conferme in merito alle tendenze registrate si possono desumere dall'esame dei grafici del capitolo 2.2.10 del rapporto conclusivo (confronto del periodo di studio con dati storici).

Per alcuni parametri ( $Q_{min}$ ,  $Q_{max}$ ,  $Q_{max}/Q_{min}$ ) la tendenza all'inasprimento dei valori è anche da ricondurre, in parte, alle diverse condizioni idrologiche nei due periodi. Il periodo relativamente secco verificatosi negli anni 2005-2007 influisce ad esempio negativamente sul coefficiente  $Q_{max}/Q_{min}$ . È comunque indubbio che al di fuori delle cause idrologiche anche aspetti relativi alla gestione delle centrali idroelettriche abbiamo contribuito al citato peggioramento.

In merito ai dati calcolati per il periodo fino al 2008 risulta chiaro, come già evidenziato in altri studi, come da un punto di vista idrologico in relazione al fenomeno dei deflussi discontinui la situazione del fiume Ticino sia molto insoddisfacente. A titolo esemplificativo si riportano di seguito alcuni valori indicativi per i deflussi discontinui ripresi da vari studi specifici (ad esempio VAW 2006, Pfaundler et Keusen 2007):

- $Q_{max}/Q_{min}$ : da 3:1 a 5:1
- $-dh/dt$ : 12-15 cm/h

**Tabella 2** Riepilogo dei parametri calcolati durante i periodi 1997-1999 e 2005-2007 (valori medi).

| Parametro               | Unità               | Sezione 1<br>Polleggio |           | Sezione 4<br>Bellinzona |           |
|-------------------------|---------------------|------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
|                         |                     | 1997-1999              | 2005-2007 | 1997-1999               | 2005-2007 |
| $Q_{medio}$             | [m <sup>3</sup> /s] | 21.7                   | 13.2      | 69.8                    | 41.6      |
| $Q_{max}$               | [m <sup>3</sup> /s] | 29.3                   | 32.5      | 85.4                    | 68.4      |
| $Q_{min}$               | [m <sup>3</sup> /s] | 10.0                   | 2.0       | 38.3                    | 20.0      |
| $Q_{max}/Q_{min}$       | [X:1]               | 7.1                    | 30.6      | 2.8                     | 3.9       |
| $dh/dt$                 | cm/h                | 13.5                   | 24        | 25.9                    | 32.2      |
| $-dh/dt$                | cm/h                | -12.3                  | -17.2     | -13.6                   | -15       |
| $dQ/dt$                 | m <sup>3</sup> /s/h | 9.1                    | 14.6      | 19.6                    | 20.1      |
| $-dQ/dt$                | m <sup>3</sup> /s/h | -9.2                   | -12.3     | -11.9                   | -11.3     |
| <b>Picchi al giorno</b> | #/d                 | 1(-2)                  | 1-2       | 1                       | 1-2       |
| <b>Volatilità</b>       | #/d                 | 2-6                    | 2-5       | 4-5                     | 2-3       |

Sull'insieme dei dati riportati occorre a nostro avviso evidenziare quelli relativi alle variazioni del livello nel tempo. I valori misurati hanno sempre valori assoluti molto elevati. In particolare quelli relativi alla diminuzione del livello dell'acqua possono avere influssi diretti sulla popolazione ittica (spiaggiamento).

## 3.2 Caratterizzazione del regime fluviale attuale nel periodo ottobre 2008-ottobre 2010

### 3.2.1 Scopo

Lo scopo delle misure effettuate è quello di:

- Caratterizzare il periodo di studio da un punto di vista idrologico in relazione ai deflussi discontinui.
- Classificare tale periodo in confronto al passato.



### 3.2.2 Indagini eseguite

Per caratterizzare la situazione attuale (2008-2010) del regime idrologico su tutta l'asta del fiume da Pollegio alla foce evitando le insicurezze legate ad una ricostruzione delle portate, a metà agosto 2008 sono state posate 4 sonde di misura in continuo del livello in corrispondenza di Pollegio (tratto 1), Biasca (tratto 2), Claro (tratto 3) e Bellinzona (tratto 4). Per il tratto 5 si sono utilizzati i dati della stazione Federale di Riazzino (2068).

La caratterizzazione è avvenuta anche per il periodo di studio con i parametri utilizzati al capitolo 4.1.

### 3.2.3 Risultati e conclusioni

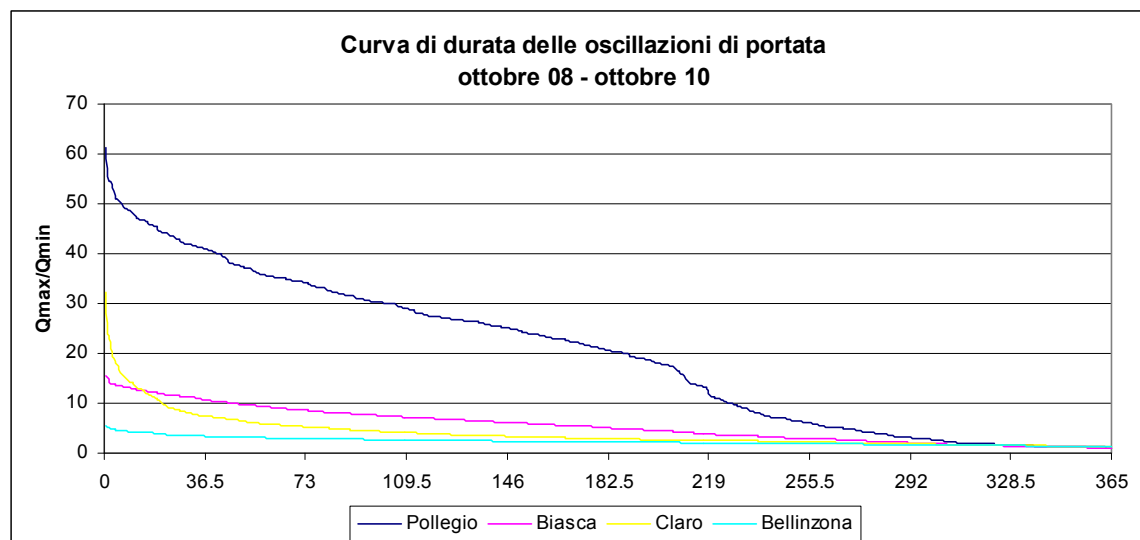
I dati calcolati per il periodo di studio sono riassunti nella tabella seguente.

**Tabella 3** Riepilogo dei parametri calcolati per i diversi settori durante il periodo ottobre 08 – ottobre 10 (valori medi).

| Statistiche annuali<br>(01.10.08 - 30.09.10) | Unità               | Tratto 1<br>Pollegio | Tratto 2<br>Biasca | Tratto 3<br>Claro | Tratto 4<br>Bellinzona | Tratto 5<br>Riazzino |
|--|---------------------|----------------------|--------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| $Q_{\text{medio}}$                           | [m <sup>3</sup> /s] | 21.0                 | 28.9               | 51.4              | 72.1                   | 79.2                 |
| $Q_{\text{max}}$                             | [m <sup>3</sup> /s] | 33.6                 | 41.1               | 68.5              | 83.3                   | 94.9                 |
| $Q_{\text{min}}$                             | [m <sup>3</sup> /s] | 7.2                  | 13.5               | 27.5              | 41.2                   | 46.8                 |
| $Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}}$              | [X:1]               | 19.8                 | 5.5                | 3.3               | 2.4                    | 2.4                  |
| dh/dt  | cm/h                | 21.0                 | 26.9               | 18.8              | 16.6                   | 15.7                 |
| -dh/dt                                       | cm/h                | -16.7                | -18.9              | -12.4             | -9.9                   | -8.1                 |
| dQ/dt  | m <sup>3</sup> /s/h | 14.0                 | 14.4               | 19.3              | 17.9                   | 20.1                 |
| -dQ/dt                                       | m <sup>3</sup> /s/h | -11.8                | -11.2              | -14.0             | -12.2                  | -12.8                |
| Picchi al giorno                             | #/d                 | 2                    | 2                  | 2                 | 1-2                    | 1-2                  |
| Volatilità                                   | #/d                 | 4-5                  | 4-5                | 4-5               | 4                      | 4                    |

| Statistiche inverno (01.12<br>- 28.02.09 / 01.12 -<br>28.02.10) | Unità               | Tratto 1<br>Pollegio | Tratto 2<br>Biasca | Tratto 3<br>Claro | Tratto 4<br>Bellinzona | Tratto 5<br>Riazzino |
|---|---------------------|----------------------|--------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| $Q_{\text{medio}}$  | [m <sup>3</sup> /s] | 11.4                 | 17.9               | 29.7              | 36.0                   | 40.6                 |
| $Q_{\text{max}}$  | [m <sup>3</sup> /s] | 28.1                 | 35.2               | 53.1              | 56.3                   | 64.4                 |
| $Q_{\text{min}}$  | [m <sup>3</sup> /s] | 1.6                  | 6.1                | 13.9              | 22.1                   | 24.6                 |
| $Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}}$                                 | [X:1]               | 25.4                 | 6.9                | 4.2               | 2.6                    | 2.6                  |
| dh/dt   | cm/h                | 23.4                 | 30.3               | 21.5              | 18.1                   | 16.6                 |
| -dh/dt  | cm/h                | -18.2                | -19.9              | -13.5             | -10.5                  | -8.4                 |
| dQ/dt   | m <sup>3</sup> /s/h | 13.9                 | 14.9               | 19.2              | 15.5                   | 17.9                 |
| -dQ/dt  | m <sup>3</sup> /s/h | -12.0                | -10.9              | -13.8             | -10.4                  | -11.5                |
| Picchi al giorno  | #/d                 | 2                    | 2                  | 2                 | 2                      | 2                    |
| Volatilità  | #/d                 | 4-5                  | 4-5                | 4-5               | 3-4                    | 3-4                  |





**Figura 4** Curva di durata del parametro  $Q_{\max}/Q_{\min}$  calcolata sulla base del periodo ottobre 08 – ottobre 10.

#### Tratto 1:

Tutti i parametri calcolati mostrano un fenomeno estremo dei deflussi discontinui. I valori assoluti sono nettamente superiori ai valori limite riportati in letteratura. In inverno la situazione si rivela ancora più problematica. In particolare in questo periodo il deflusso residuale estremamente ridotto a monte della centrale AET si rivela molto penalizzante.

#### Tratto 2:

Le oscillazioni giornaliere sono più contenute a causa dell'apporto costante del Fiume Brenno. I valori calcolati sono comunque in generale superiori ai valori limite. Si nota ancora una grossa differenza stagionale con valori invernali del coefficiente  $Q_{\max}/Q_{\min}$  nettamente superiori.

#### Tratto 3:

La vicinanza del rilascio della centrale OFIBLE non provoca un inasprimento delle oscillazioni, in quanto la regimazione idroelettrica effettuata durante il periodo di studio risulta essere relativamente costante. A partire dal 2009, la centrale OFIBLE ha infatti fornito servizi di regolazione della rete durante periodi prolungati, comportando un aumento del  $Q_{\min}$  rilasciato con miglioramento dei vari parametri. Il valore  $Q_{\max}/Q_{\min}$  sia annuale che invernale può essere considerato ancora elevato ma più soddisfacente rispetto a Pollegio e Biasca. Il valori di crescita/decrecita di livello/portata sono ancora molto elevati.

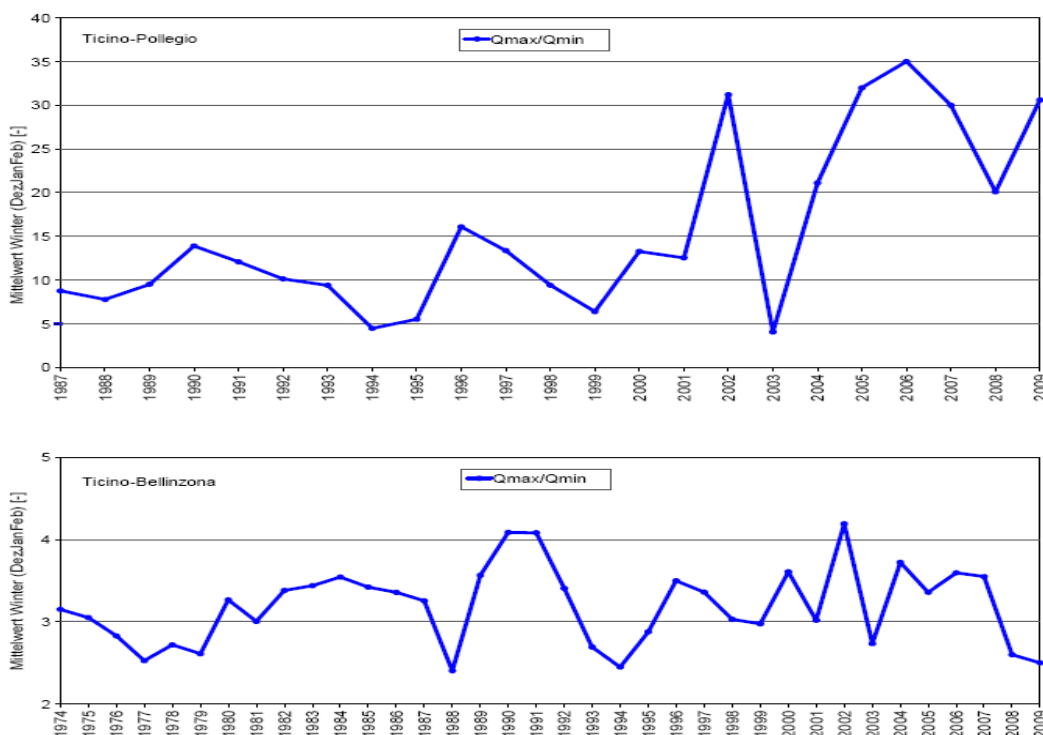
#### Tratto 4-5:

Grazie all'effetto cumulato dello scioglimento delle nevi, dei lunghi tempi di percorrenza e della regimazione relativamente costante della centrale OFIBLE durante il periodo di studio il parametro  $Q_{\max}/Q_{\min}$  risulta accettabile. Un altro fattore determinante per questi valori risulta comunque essere l'apporto del fiume Moesa. Questi settori mostrano una limitata differenza tra il periodo invernale e la media annua. Come per le stazioni a monte anche per questi settori è la crescita/decrecita livello il parametro più problematico.

### 3.2.4 Confronto dei dati 2008-2010 con i dati storici

Diversi studi hanno esaminato la situazione del fiume Ticino antecedente al periodo di studio in oggetto. I dati più significativi sono presentati in VAW 2006. Essi premettono un confronto diretto con i dati calcolati 2008-2010.

Le seguenti figure mostrano ad esempio l'andamento dei valori medi relativi alla portata a Bellinzona e Pollegio dal 1974 ad oggi nel periodo invernale (fonte dati: Pfaundler et Keusen, 2007).



**Figura 5** Evoluzione delle oscillazioni giornaliere di portata ( $Q_{max}/Q_{min}$ ) misurate durante il periodo invernale dal 1987 al 2010 presso Bellinzona e Pollegio (valori medi).

A **Pollegio** si conferma la tendenza registrata dopo il 2000 con valori molto elevati di  $Q_{max}/Q_{min}$  dovuti in particolare all'innalzamento del valore  $Q_{max}$ .

A **Bellinzona** si è assistito invece ad un miglioramento del parametro  $Q_{max}/Q_{min}$ , grazie in particolare a portate  $Q_{min}$  proporzionalmente superiori rispetto alla norma dovute anche all'effetto della regimazione costante della centrale OFIBLE.

### 3.3 Conclusioni generali sull'analisi statistica

L'analisi dei dati storici e di quelli raccolti nel periodo di studio ha permesso di evidenziare quanto segue:

#### Evoluzione dopo il 2000

I parametri relativi ai deflussi discontinui sono peggiorati dopo il 2000. Questo effetto è molto marcato a Pollegio e decresce scendendo verso valle. A Bellinzona si riscontrano valori dell'ordine di grandezza di quelli degli anni precedenti.

#### Dati del periodo 2008-2010

In termini assoluti i valori registrati nel periodo di studio nei settori 1, 2 e 3 sono molto al di sopra dei valori limite indicati in studi in materia. I dati relativi al periodo invernale, più significativo da un punto di vista ambientale, sono sempre peggiori rispetto a quelli relativi all'intero anno. Tra le diverse problematiche si sottolineano i valori relativi alla crescita/decrecita del livello.

A valle di Bellinzona (settori 4-5) la situazione, da un punto di vista idrologico, è migliore. I parametri calcolati sono accettabili ed al disotto dei valori limite.

**Tabella 4** Parametri critici dei deflussi discontinui. Valori indicativi secondo VAW 2006, Pfandler et Keusen 2007.

| Statistiche inverno (01.12 - 28.02.09 / 01.12 - 28.02.10) | Unità | Tratto 1<br>Pollegio | Tratto 2<br>Biasca | Tratto 3<br>Claro | Valori indicativi |
|---|-------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| $Q_{max}/Q_{min}$   | [X:1] | 25.4                 | 6.9                | 4.2               | <b>3-5</b>        |
| $-dh/dt$  | cm/h  | -18.2                | -19.9              | -13.5             | <b>-12</b>        |

### Rappresentatività dei dati 2008-2010

I dati raccolti per il periodo di studio possono essere considerati come abbastanza rappresentativi della situazione "media" del fiume Ticino in merito ai deflussi discontinui. La situazione 2008-2010 va in ogni caso interpretata come una "fotografia" dello stato del fiume. Alcune particolarità vanno debitamente evidenziate e devono essere tenute in considerazione nel confronto con dati passati. Si vedano ad esempio:

- I rilasci maggiorati a partire da gennaio 2009 con portate supplementari comprese tra 0 e 10 m<sup>3</sup>/s.
- I deflussi di base elevati che hanno contribuito a mitigare i parametri relativi all'hydropeaking ( $Q_{\text{medio}}$  superiore di ca. il 10% alla media pluriennale)
- Lo scioglimento prolungato nella stagione primaverile della neve
- Assenza di operazioni di spurgo o altre operazioni particolari sui bacini

Anche per la proiezione dei dati 2008-2010 verso i prossimi anni ed in particolare il loro utilizzo per il dimensionamento delle opere di mitigazione (bacini di demodulazione in primis) occorre una certa prudenza. Si consiglia vivamente la raccolta ed il confronto di ulteriori dati statistici (ad esempio tramite le sonde di rilievo tuttora in servizio).

## 3.4 Definizione dei parametri idraulico-idrologici, geometrici e morfologici

### 3.4.1 Scopo

Lo scopo delle indagini eseguite è il seguente:

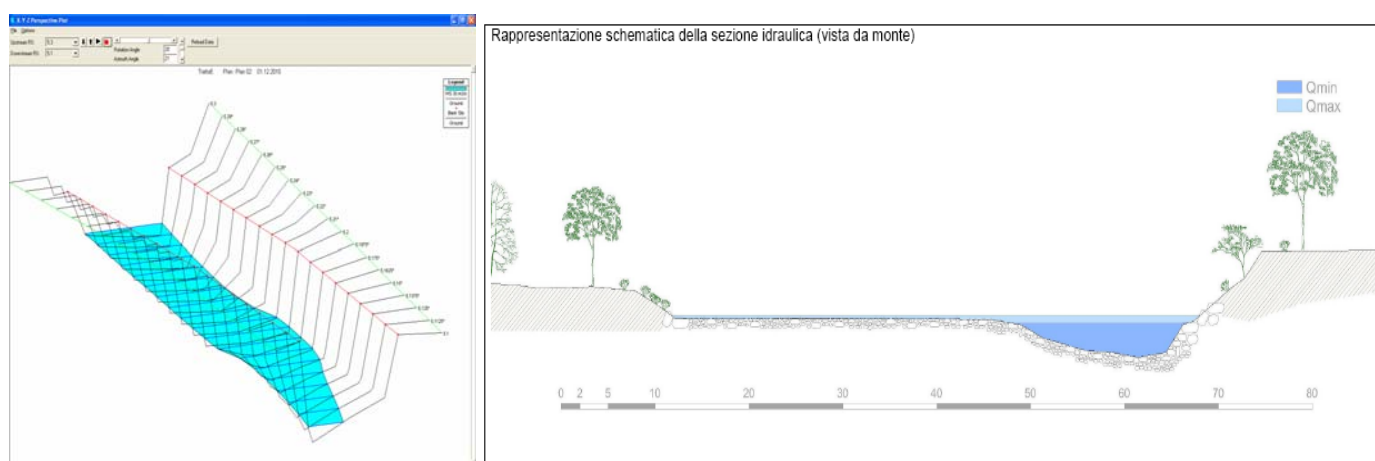
- Valutare sulla base di sezioni caratteristiche le condizioni di deflusso generate dalle variazioni di portata.
- Individuare le condizioni generali per un eventuale miglioramento della situazione ambientale presso le suddette sezioni.

### 3.4.2 Indagini eseguite

Per la caratterizzazione idraulica sono stati creati 15 modelli con il software HEC-Ras sulla base delle sezioni topografiche rilevate dal BAFU. Ogni modello riproduce una tratta di ca. 500 m.

Con questi modelli è stato possibile determinare per le diverse portate significative per i deflussi discontinui i parametri idraulici più significativi: altezze d'acqua, velocità di deflusso, perimetro bagnato, ecc.

Sulla base dei risultati nei 15 settori di studio si è cercato di definire delle regole generali che permettano di migliorare le condizioni di deflusso soprattutto in relazione alla disponibilità di zone rifugio e di frega.



**Figura 6** Esempio modello e risultati calcolo idraulico

### 3.4.3 Risultati e conclusioni

Vista la lunghezza e la diversità della tratta di fiume in esame, risulta problematico tracciare delle indicazioni univoche basandosi su singole sezioni di studio. Alcuni aspetti generali possono comunque essere evidenziati:

**Tratto 1:** per un aumento significativo di disponibilità di habitat di frega e di rifugio si dovrebbe portare la portata minima  $Q_{min}$  ad almeno 8-12  $m^3/s$ .

**Tratto 2:** un aumento di  $Q_{min}$  da 6.1  $m^3/s$  a ca. 15  $m^3/s$  comporterebbe un notevole miglioramento delle condizioni ambientali con maggiori superfici bagnate e altezza d'acqua più adeguate nelle zone esondabili.

**Tratto 3:** per questo tratto tutte le sezioni esaminate hanno evidenziato come un aumento di  $Q_{min}$  dall'attuale 13.9  $m^3/s$  ad almeno 25  $m^3/s$  porterebbe ad un notevole incremento delle superfici bagnate di rilevanza ambientale.

**Tratto 4:** anche in questo tratto le portate  $Q_{min} - Q_{max}$  sono confinate in un alveo di magra stabile e con condizioni di deflusso poco favorevoli da un punto di vista ambientale. Un intervento di ristrutturazione dell'alveo permetterebbe di migliorare questa situazione. Un aumento di  $Q_{min}$  di ca. 10  $m^3/s$  permetterebbe un buon recupero di superfici bagnate interessanti nella zona di monte del tratto.

**Tratto 5:** la tratta è costituita da un "canale" molto omogeneo. I deflussi discontinui non genera cambiamenti sostanziali nel regime idraulico. Le condizioni di velocità, altezza d'acqua e perimetro bagnato sono molto monotone. Per questa tratta è necessario un intervento di ristrutturazione dell'alveo che permetta di diversificare le condizioni di deflusso ed approfittare del fenomeno statisticamente contenuto dei deflussi discontinui ( $Q_{max}/Q_{min} = 2$ ).

$Q_{max}$ : in generale le condizioni di deflusso con la portata massima giornaliera in tutti i settori sono soddisfacenti anche se più monotone.

## 3.5 Definizione delle caratteristiche dell'habitat fluviale

### 3.5.1 Scopo

Lo scopo di queste indagini è la caratterizzazione morfologica dei diversi settori di studio evidenziando eventuali criticità (ostacoli, artificializzazioni, ecc.) o zone di particolare rilevanza (zone di protezione, affluenti, ecc.).

### 3.5.2 Indagini eseguite

L'habitat fluviale dell'asta del Fiume Ticino da Personico alla foce nel Verbano è stato studiato per mezzo di rilievi sul campo, di informazioni fornite dall'Ufficio federale dell'Ambiente (UFAM) e dei dati forniti dall'Ufficio dei Corsi d'Acqua. Tutti i dati sono stati cartografati.

### 3.5.3 Risultati e conclusioni

Da un punto di vista ecomorfologico l'intera asta fluviale presenta un grado 3 (mediamente compromesso) secondo la classificazione UFAM. Le uniche eccezioni sono le seguenti tratte con grado 2 (poco compromesso):

- Dalla piazzola dell'autostrada A2 di Moleno per una lunghezza di ca. 2.3 km fino a Claro, in località Sciubiago (Motalta);
- Dalla pontina pedonale situata tra Arbedo-Castione e Claro per una lunghezza di ca. 2.1 km fino alla confluenza con il Fiume Moesa.

Tali zone sono anche interessanti in considerazione dei parametri idrologici relativi ai deflussi discontinui tutto sommato soddisfacenti. È in questa tratta che si trovano molte zone di frega di temolo e trota.

In generale si evidenzia una variabilità idraulica piuttosto limitata in tutte le sezioni, con un estremo per la sezione 5 ed una maggiore variabilità per le sezioni 2 e 3 (tra il Brenno e la Moesa).

Questa variabilità è comunque presente in regime di deflusso minimo e medio. In regime di deflusso alto le condizioni diventano abbastanza monotone. In questo caso buona parte delle zone esondabili sono sommerse lasciando spazio a lunghi tratti a flusso laminare (run). Questo aspetto dovrà essere tenuto in debita considerazione nell'ambito della definizione delle misure di mitigazione (abbassamento di  $Q_{max}$ ).

Altra particolarità è la presenza di affluenti che per condizioni idrogeologiche o per deflussi residuali troppo ridotti non raggiungono l'asta principale del fiume Ticino (tratte terminali in secco). Questa interruzione di importanti corridoi rappresenta un deficit rilevante.



**Figura 7** Esempi morfologia tratto 4 (a sinistra) e tratto 3 (a destra).

### 3.6 Rilevamento dello stato di colmatazione dell'alveo

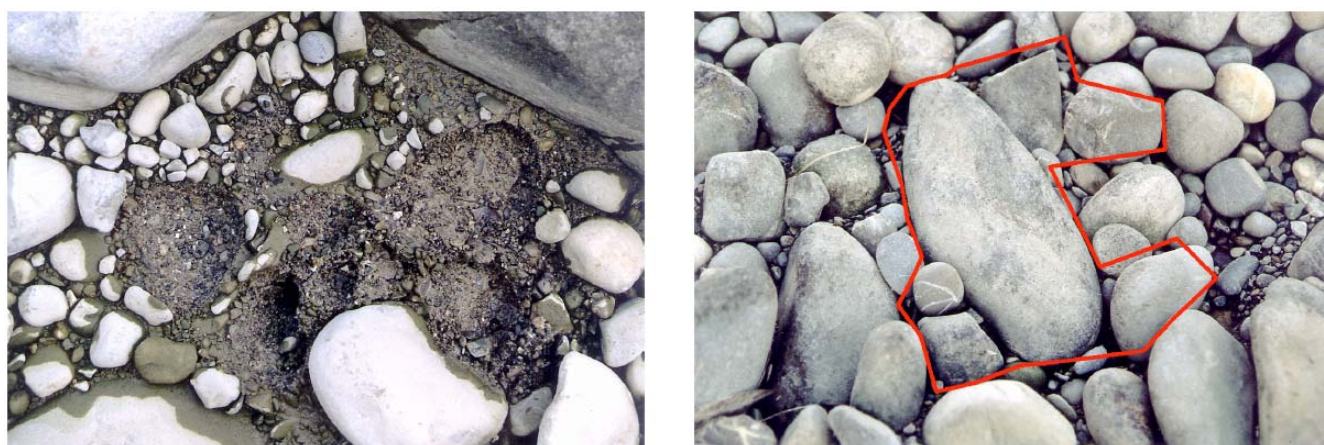
#### 3.6.1 Scopo

Uno degli inconvenienti derivanti dalle regimazione idroelettrica può essere quello di un'accresciuta colmatazione dell'alveo. La colmatazione del fondo gioca un ruolo fondamentale per il tasso di riuscita della riproduzione naturale delle specie ittiche.

Lo scopo delle indagini è quello di verificare lo stato dell'alveo del fiume Ticino in merito a questa problematica.

#### 3.6.2 Indagini eseguite

La colmatazione dell'intera asta fluviale oggetto di studio è stata caratterizzata mediante rilievo sul campo utilizzando il **metodo denominato Schälchli** (colmatazione interna). Questo metodo consiste nell'attribuzione di un grado di colmatazione in una scala da 1 a 5 in base al tipo di materiale osservato al di sotto della copertura superficiale del letto fluviale (la griglia di valutazione secondo Schälchli è allegata al rapporto concernente idrologia, idraulica, morfologia e parametri fisico-chimici).



**Figura 8** Esempio di rilievo della colmatazione secondo il metodo Schälchli. Nell'esempio: grado di colmatazione 3 – media

### 3.6.3 Risultati e conclusioni

I risultati dei rilievi mostrano che **lungo l'intera asta fluviale studiata non è stata osservata nessuna area con colmatazione estremamente elevata**, ovvero di grado 5.

I settori 1 e 2 mostrano un grado di colmatazione che varia tra 2 e 3 (colmatazione minima e media), che si estende fino a valle del ponte tra Biasca e Iragna. Da questo punto in poi si osserva la parte di fiume con grado di colmatazione del fondo più elevato (grado 4, colmatazione elevata) della tratta oggetto di studio, fino circa alla confluenza con il riale Nala (Valle d'Osogna).

Il tratto 3 mostra una forte variabilità in merito alla colmatazione. Al tratto con grado 4 descritto prima segue una parte meno colmata che si estende fino circa al ponte di Claro, nella quale si alternano principalmente i gradi di colmatazione 2 e 3.

Nei settori 4 e 5 fino al ponte dell'autostrada A2 di Giubiasco nei pressi del nuovo impianto cantonale di termovalorizzazione dei rifiuti, il grado di colmatazione osservato è abbastanza costante e pari a 3, fatta eccezione per i punti di rilevamento situati in corrispondenza delle confluenze con la Moesa e la Morobbia, entrambi fiumi sottoposti a oscillazioni giornaliere di deflusso, presso cui è stata osservata una colmatazione maggiore (grado 4).

**Il fenomeno della colmatazione è presente in tutta l'asta del fiume con estremi nella tratta compresa tra Biasca e Iragna e la confluenza con il riale della Valle d'Osogna. Mediamente si è rilevato un grado di colmatazione compreso tra 2 e 3. Da questo punto di vista la situazione è quindi poco soddisfacente ma non critica in merito alla problematica dello sviluppo delle uova di pesce.**

I dati presentati in questo studio rappresentano una "fotografia" puntuale della situazione nell'inverno 2010. Si tratta a nostro avviso di un periodo rappresentativo per lo studio di questo fenomeno. Scostamenti dei dati raccolti rispetto ad quelli rilevabili o rilevati in altri periodi, ad altri metodi di rilievo o rispetto alle conclusioni formulate per altri fiumi sono possibili.

Ad esempio dopo una forte piena con fenomeno di trasporto solido si può verificare una decolmatazione del fondo. Un rilievo effettuato dopo un tale fenomeno evidenzia uno stato migliore del fondo rispetto a quello mediamente presente. Al contrario dopo un lungo periodo di siccità le condizioni di colmatazione risultano tendenzialmente peggiori.

Anche adottando altri metodi di rilievo (ad esempio secondo Plafkin et al 1989, o con il metodo denominato "dello stivale") possono nascere divergenze rispetto ai gradi di colmatazione definiti nel presente studio.

Il grado di colmatazione relativamente basso registrato nel fiume Ticino in confronto ad altri corsi d'acqua alpini in Svizzera può essere spiegato come segue:

- Al di fuori degli eventi di piena la torbidezza dell'acqua è certamente significativamente più bassa rispetto ad esempio al Rodano, al Reno o la Reuss. Il tasso di glaciazione nei bacini imbriferi è pari a solo 0.96% (Pollegio) o 0.70% (Bellinzona) mentre è compreso tra 1.4% e 29% per gli altri corsi d'acqua citati.
- Il regime idrologico al sud della barriera alpina è caratterizzato da eventi di piena più frequenti e importanti in confronto ai corsi d'acqua situati nelle valli alpine. Ciò favorisce, come indicato, il fenomeno della decolmatazione.
- Una morfologia con banchi alternati è presente nella tratta tra Biasca e Bellinzona. Questo tipo di morfologia come una morfologia a trecce, è meno sensibile al fenomeno della colmatazione.

Per rafforzare le conclusioni del presente studio in merito alla colmatazione del fondo sarebbe auspicabile procedere ad ulteriori campagne di rilievo in differenti periodi dell'anno e procedere in seguito ad una ponderazione dei risultati.

## 3.7 Mobilizzazione del fondo in occasione dei deflussi massimi quotidiani

### 3.7.1 Scopo

Lo scopo delle indagini è quello di verificare se le variazioni di portata giornaliera generano o meno fenomeni di mobilizzazione del fondo. Ciò risulterebbe infatti un fattore critico per lo sviluppo delle uova delle specie ittiche in esame.

### 3.7.2 Indagini eseguite

La potenziale mobilizzazione del fondo fluviale a seguito dell'aumento di deflusso causato dai rilasci delle centrali idroelettriche è stata studiata con un approccio pratico/sperimentale.

Per lo studio del fenomeno si è proceduto come segue:



- In 9 stazioni sono stati posati campioni di ghiaia colorata (nera o gialla a dipendenza delle caratteristiche del fondo) di granulometria 10-30 mm e densità analoga alla ghiaia originale presente sul letto del fiume.
- Si è proceduto alla colorazione di quadrati di ghiaia di 50 cm x 50 cm sulla superficie toccata dalle oscillazioni del livello dell'acqua, che risulta bagnata solamente durante i deflussi massimi.
- Dopo una settimana caratterizzata da deflussi rappresentativi per la problematica dei deflussi discontinui si è proceduto al rilievo della situazione.

La scelta dell'ubicazione per la posa della ghiaia è stata effettuata sulla base dei rilievi dei letti di frega del temolo e della trota.



**Figura 9** Esempio materiali utilizzati per rilievo della mobilizzazione del fondo.

### 3.7.3 Risultati e conclusioni

**Ad eccezione di alcuni singoli eventi non si è rilevata mobilizzazione del fondo in corrispondenza delle variazioni giornaliere di portata lungo l'asta del fiume Ticino.**

Ciò corrisponde a quanto atteso. L'alveo del fiume si struttura in base alle caratteristiche dei deflussi ed è quindi normale che la struttura dell'alveo sia stabile rispetto alle variazioni quotidiane delle portate e delle condizioni che determinano il trasporto di fondo (velocità, altezza d'acqua).

Un fenomeno riscontrato in occasione dei rilievi è l'accumulo di sabbia in corrispondenza del campione di ghiaia posato. Questo deposito era sempre costituito da sabbia grossolana, che dovrebbe quindi comunque consentire un apporto di ossigeno sufficiente per lo sviluppo delle uova.

**La mobilizzazione del fondo non è quindi un aspetto problematico generato dai deflussi discontinui.**

## 4. PARAMETRI CHIMICO-FISICI

### 4.1 Misure in continuo di temperatura

#### 4.1.1 Scopo e indagini eseguite

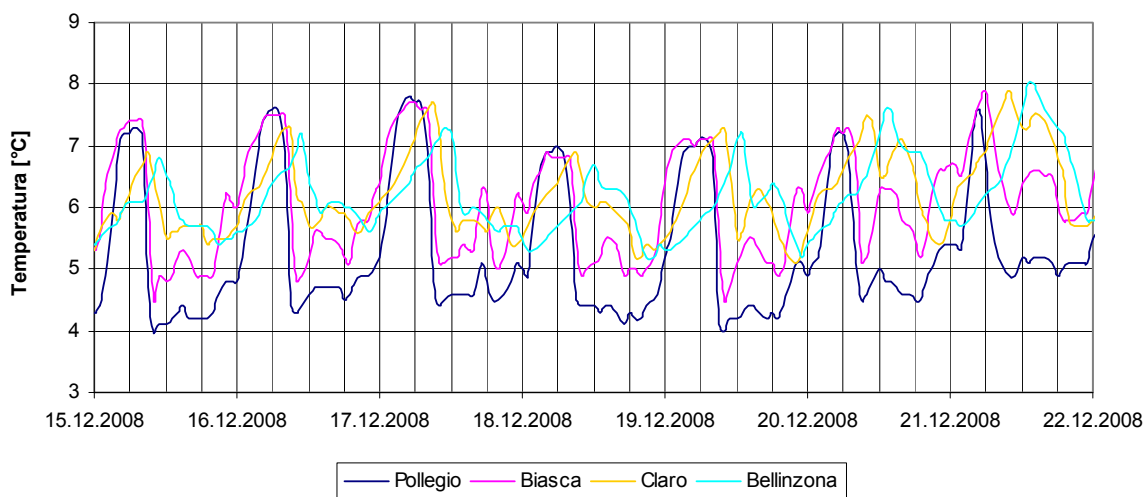
I rilasci delle centrali sono contraddistinti da temperature differenti da quelle del fiume Ticino. A dipendenza dal rapporto di miscelazione e da fattori stagionali si possono generare dei cambiamenti bruschi e importanti delle condizioni di temperatura nel corso di una giornata. Lo scopo delle indagini è quindi quello di verificare l'entità di queste variazioni.

A metà agosto 2008 sono state posate 4 sonde nei settori 1, 2, 3 e 4 allo scopo di misurare in continuo il livello dell'acqua e la temperatura nel fiume. Per il tratto 5 si sono utilizzati i dati della stazione federale di Riazzino (rilievo in continuo). Sono stati calcolati separatamente i parametri riguardanti i mesi invernali (dicembre – febbraio), che costituiscono il periodo più critico in quanto lo sviluppo delle uova necessita di precise condizioni di temperatura.

#### 4.1.2 Risultati e conclusioni

La Figura 10 illustra l'andamento della temperatura nelle 4 stazioni di rilevamento durante una settimana-tipo invernale (lun-dom). Le oscillazioni di temperatura osservate presso le stazioni di Polleggio e Biasca sono simili per quanto riguarda l'ampiezza (leggermente superiore a Polleggio contrariamente alle statistiche) e la forma. Presso la parte inferiore del fiume (Claro e Bellinzona) si può notare invece che la velocità di crescita/decrecita della temperatura è leggermente inferiore rispetto alla parte superiore e che le oscillazioni sono sfasate rispetto a Polleggio di ca. 3 h a Claro risp. 5 h a Bellinzona.

Lo scostamento temporale nei picchi delle temperatura non corrisponde in pieno a quello delle portate. I tempi di percorrenza vanno misurati in base ai picchi delle portate in quanto quelli delle temperatura subiscono uno scostamento man mano che si scende verso valle. Tale fenomeno è più marcato in estate.



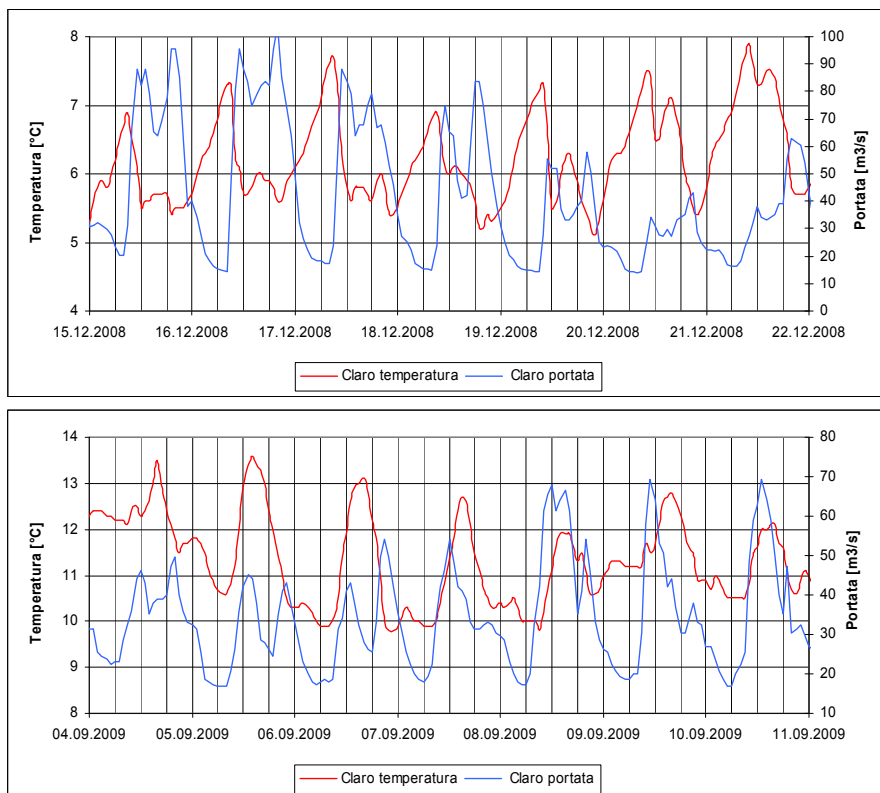
**Figura 10** Andamento della temperatura nelle 4 stazioni di rilevamento durante una settimana-tipo (lun 15.12.2008–dom 21.12.2008)

Come illustrano le figure seguenti, in estate le punte massime dei rilasci delle centrali si presentano, a valle di Claro, in concomitanza con un riscaldamento delle acque. In inverno i rilasci generano un abbassamento delle temperature.

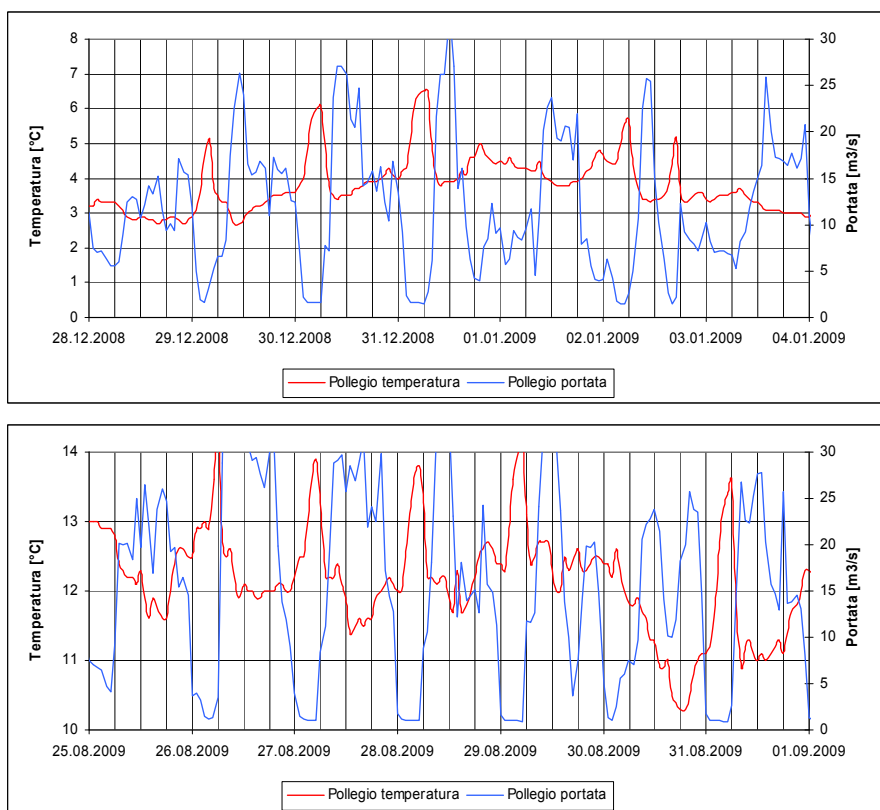
Per Biasca e Polleggio invece il rilascio AET provoca sia in inverno che in estate un raffreddamento. Questo è dovuto alla presenza di un deflusso residuale ridotto che presenta temperature relativamente elevate.

Per maggiori informazioni in merito a questo aspetto si rimanda al rapporto di dettaglio settoriale.





**Figura 11** Andamento della temperatura a Claro in rapporto alla portata (valido anche per settori e valle).



**Figura 12** Andamento della temperatura a Pollegio in rapporto alla portata (valido anche per Biasca).

La tabella seguente riassume i dati rilevati in merito alle variazioni di temperatura.

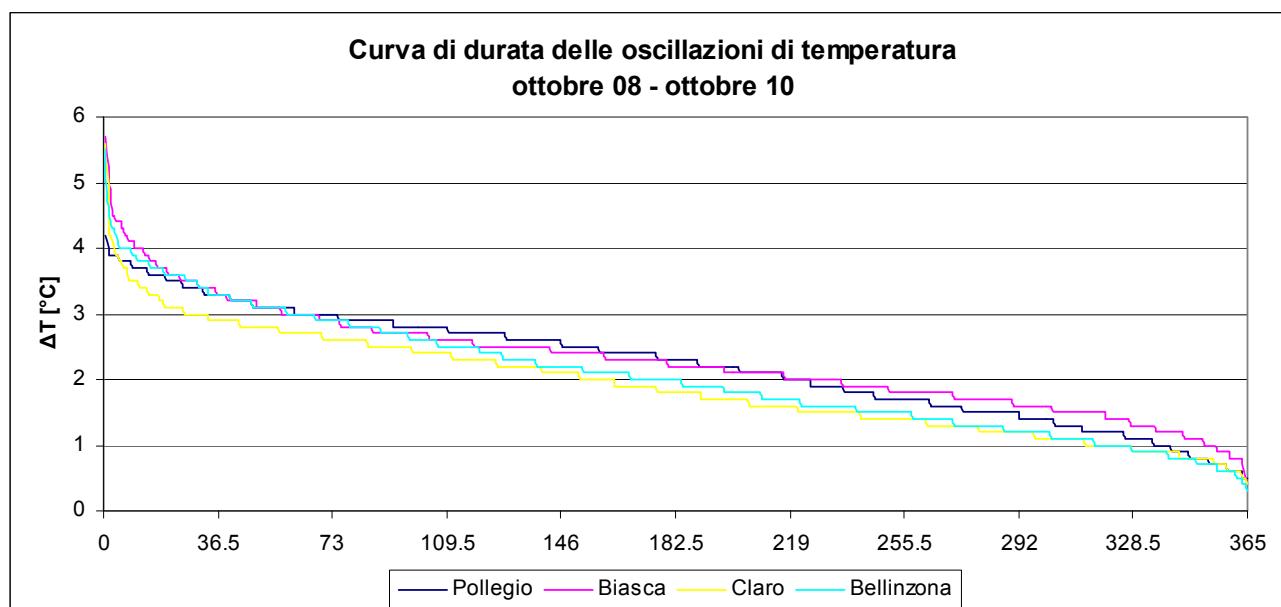
**Tabella 5** Statistiche dei dati di temperatura del fiume per l'anno 01.10.2008 – 30.09.2010 per i periodi invernali 01.12.2008 – 28.02.2009 e 01.12.2009 – 28.02.2010

| Statistiche annuali (01.10.08 - 30.09.10) | Unità | Tratto 1<br>Polleggio | Tratto 2<br>Biasca | Tratto 3<br>Claro | Tratto 4<br>Bellinzona | Tratto 5<br>Riazzino |
|---|-------|-----------------------|--------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| T media                                   | [°C]  | 7.6                   | 8.5                | 8.3               | 8.6                    | 8.8                  |
| T <sub>max</sub> media                    | [°C]  | 8.9                   | 9.7                | 9.4               | 9.7                    | 9.9                  |
| T <sub>min</sub> media                    | [°C]  | 6.8                   | 7.4                | 7.5               | 7.7                    | 7.8                  |
| ΔT medio                                  | [°C]  | 2.2                   | 2.3                | 1.9               | 2.1                    | 2.1                  |

| Statistiche inverno (01.12.08 - 28.02.09 /<br>01.12.09 - 28.02.10) | Unità | Tratto 1<br>Polleggio | Tratto 2<br>Biasca | Tratto 3<br>Claro | Tratto 4<br>Bellinzona | Tratto 5<br>Riazzino |
|--|-------|-----------------------|--------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| T media  | [°C]  | 4.2                   | 4.8                | 5.0               | 4.9                    | 4.7                  |
| T <sub>max</sub> media   | [°C]  | 5.9                   | 5.9                | 5.8               | 5.9                    | 5.6                  |
| T <sub>min</sub> media   | [°C]  | 3.5                   | 3.8                | 4.2               | 4.2                    | 4.0                  |
| ΔT medio   | [°C]  | 2.4                   | 2.1                | 1.6               | 1.7                    | 1.7                  |

Nella parte inferiore del fiume Ticino, il fenomeno delle oscillazioni di temperatura giornaliera risulta essere leggermente meno accentuato durante la stagione invernale. L'ampiezza delle oscillazioni, che sono indice dello stress termico a cui sono sottoposte le biocenosi, è altrimenti simile presso tutte le sezioni del fiume e non mostra particolari stagionalità.

La Figura 13 illustra la curva di durata delle oscillazioni di temperatura giornaliera osservate in 4 settori di studio nel periodo 01.10.2008 – 30.09.2010. Anche se i valori medi delle oscillazioni sono contenuti, si può notare che si registrano alcuni eventi estremi che potrebbero causare problemi alle biocenosi. Durante ca. 30 giorni l'anno, il parametro ΔT è infatti superiore a 3 °C presso tutte le stazioni di misura. Questo fenomeno si verifica comunque nei mesi estivi, nei quali le variazioni di portata sono maggiori.



**Figura 13** Curva di durata delle oscillazioni di temperatura giornaliera osservate in 4 sezioni di studio (2008-2010).

**I deflussi discontinui hanno un effetto diretto e importante sulla temperatura dell'acqua nel fiume Ticino. L'effetto è molto più rilevante a Polleggio e decresce scendendo verso valle. Le variazioni quotidiane maggiori si verificano nel periodo estivo.**

Le variazioni medie sono tutto sommato accettabili e dell'ordine di 2 °C, ma gli estremi possono raggiungere anche 4-5 °C. Anche l'andamento irregolare della temperatura è un aspetto significativo. Durante una giornata si verificano infatti diverse inversioni di temperatura.

## 4.2 Misure puntuali della qualità delle acque

### 4.2.1 Scopo e indagini eseguite

Lo scopo è quello di individuare e quantificare eventuali influssi giornalieri risp. stagionali della regimazione idroelettrica sulla qualità delle acque del Fiume Ticino. Sono stati rilevati sul campo alcuni parametri indicatori della qualità dell'acqua.

Le misure sono state effettuate a regime basso e con le centrali in pieno esercizio durante le 4 stagioni,

È stato rilevato il contenuto di ossigeno disciolto (O<sub>2</sub>) e la conducibilità con sonde di terreno, mentre torbidità e tenore di solidi sospesi sono stati determinati con analisi di laboratorio.

### 4.2.2 Risultati e conclusioni

Nella Tabella 6 sono elencati alcuni risultati rappresentativi dei rilevamenti sul campo e delle analisi chimico-fisiche per le 4 campagne di misura.

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, a parte alcuni casi, si nota un leggero aumento sia della concentrazione, sia della saturazione durante la portata massima. Questo fenomeno si spiega con la maggiore turbolenza e le temperature più basse registrate durante il regime alto, che fanno aumentare la capacità di discioglimento dell'ossigeno nell'acqua. La saturazione di ossigeno diminuisce leggermente in inverno e più si scende verso valle. Anche i valori più bassi mostrano comunque una buona ossigenazione delle acque.

La conducibilità non mostra invece una vera e propria tendenza legata al regime fluviale in atto.

Con qualche eccezione, le analisi chimico-fisiche indicano un leggero aumento della torbidità durante il regime alto. I valori restano comunque al di sotto di 1 TE/F e sono quindi in linea con quanto osservato nel rilevamento in continuo della torbidità presso Bellinzona.

La concentrazione di solidi sospesi misurata è sempre stata inferiore a 10 mg/l.

**Tabella 6** Alcuni parametri fisico-chimici rilevati sul campo ed in laboratorio.

| Parametro                    | Unità   | Primavera 2009 |             | Estate 2009  |             | Autunno 2009 |             | Inverno 2010 |             |
|------------------------------|---------|----------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|                              |         | Portata min.   | Portata max | Portata min. | Portata max | Portata min. | Portata max | Portata min. | Portata max |
| <b>Tratto 1 – Polleggio</b>  |         |                |             |              |             |              |             |              |             |
| O <sub>2</sub>               | [%]     | 103            | 104         | 103          | 111         | 99           | 100         | 102          | 101         |
| Conducibilità                | [μS/cm] | 337            | 316         | 299          | 330         | 352          | 370         | 220          | 193         |
| Torbidità                    | [TE/F]  | 0.41           | 0.70        | 0.22         | 0.24        | 0.20         | 0.29        | 0.23         | 0.05        |
| Solidi sospesi               | [mg/l]  | < 10           | < 10        | < 10         | < 10        | < 10         | < 10        | < 10         | < 10        |
| <b>Tratto 4 – Bellinzona</b> |         |                |             |              |             |              |             |              |             |
| O <sub>2</sub>               | [%]     | 106            | 101         | 98           | 99          | 92           | 100         | 90           | 98          |
| Conducibilità                | [μS/cm] | 294            | 279         | 270          | 248         | 287          | 299         | 351          | 340         |
| Torbidità                    | [TE/F]  | 0.89           | 0.45        | 0.34         | 0.31        | 0.24         | 0.26        | 0.16         | 0.30        |
| Solidi sospesi               | [mg/l]  | < 10           | < 10        | < 10         | < 10        | < 10         | < 10        | < 10         | < 10        |

**Le misure effettuate della qualità delle acque in diverse stagioni e situazioni di deflusso mostrano valori molto soddisfacenti. Nessun influsso rilevante dei deflussi discontinui sulla qualità delle acque può essere evidenziato.**

Anche la torbidità non sembra essere influenzata significativamente dalle variazioni di portata.

Effetti maggiori potrebbero comunque verificarsi per brevi lassi di tempo nei periodi immediatamente successivi al rilascio delle portate massime (onda di piena).

## 5. PARAMETRI RELATIVI ALL'ITTIOFAUNA

### 5.1 Campionamento qualitativo e quantitativo del popolamento ittico

#### 5.1.1 Metodologia

Una prima sessione di campionamento qualitativo e quantitativo del popolamento ittico del Ticino é stata condotta in ottobre 2008 con lo scopo di determinare la composizione specifica e la struttura del popolamento ittico tra Pollegio e il Lago Maggiore (5 stazioni definite lungo questo continuum), modellizzare l'habitat favorevole alle due specie bersaglio – la trota (*Salmo trutta* L.) e il temolo (*Thymallus thymallus* L.), misurare le modificazioni dell'habitat in funzione del deflusso di base e del deflusso di massima (aspetto sviluppato nel capitolo 5.3), e infine valutare gli impatti indotti dai deflussi discontinui sui popolamenti ittici e sull'utilizzazione dell'habitat (cf. capitolo 5.4). Nessun ripopolamento era stato svolto al momento della sessione di campionamento. I ripopolamenti del 2008 sono stati realizzati dopo le catture con elettropesca. **I risultati dettagliati sono riportati nel rapporto specifico "resoconto 0".**

**Tabella 7** Date dei campionamenti realizzati in occasione della sessione d'ottobre 2008.

| Stazione | Sessione           |                       |
|----------|--------------------|-----------------------|
|          | Deflusso base – BH | Deflusso massimo - HE |
| 1        | 02.10.2009         | 06.10.2009            |
| 2        | 04.10.2009         | 02.10.2009            |
| 3        | 04.10.2009         | 07.10.2009            |
| 4        | 05.10.2009         | 03.10.2009            |
| 5        | 05.10.2009         | -                     |

Per poter modellizzare l'habitat e determinare l'impatto delle variazioni di deflusso indotte dallo sfruttamento idroelettrico sui popolamenti ittici, per ogni stazione sono state programmate due sessioni di campionamento (fisico e biologico): una con il deflusso di base e una in fase di rilascio, distanziate di 1-3 giorni al fine di evitare ai pesci catturati uno stress consecutivo eccessivo a seguito della pesca elettrica (cf. Tabella 7).

Vista la dimensione del fiume, il metodo adottato è quello del campionamento **EPA** con pesca elettrica (Echantillonnage Ponctuel d'Abondance ; Nelva *et al.* 1989, Poizat and Pont 1996, Carter *et al.* 2004, Copp *et al.* 2005), particolarmente adatto per i grandi corsi d'acqua.

I vari problemi riscontrati durante lo studio non hanno permesso di seguire pienamente il protocollo previsto inizialmente. In effetti, la distinzione tra deflusso massimo e minimo non ha potuto essere stabilita chiaramente, in quanto i deflussi erano raramente stabili. Inoltre, a causa dell'elevata profondità dell'acqua e dell'eccessiva velocità della corrente, alcune zone non erano accessibili e quindi non hanno potuto essere campionate. Inoltre, a causa dello smottamento di Chironico, la torbidità dell'acqua è stata momentaneamente elevata. Su alcuni tipi d'habitat, in particolare sui raschi (di seguito denominati con il termine anglofonoriffle), i pesci di grosse dimensioni fuggivano progressivamente quando la squadra di campionamento avanzava, senza possibilità quindi di catturarli con i guadini a causa della larghezza importante dell'alveo e dei deflussi elevati del corso d'acqua.

Per queste ragioni i risultati sono espressi in CPUE (*Captures Par Unité d'Effort*), l'unità di sforzo è rappresentata dal punto. Per avere un'immagine rappresentativa del popolamento e dell'habitat è necessario avere un numero "sufficiente" di punti. Tenuto conto della dimensione del sito, delle difficoltà d'avanzamento durante la pesca elettrica e delle finestre temporali relativamente corte (circa 2 ore con deflusso approssimativamente costante), ad ogni sessione di campionamento sono stati realizzati unicamente da 30 a 47 punti (al posto dei 50 punti previsti inizialmente). È stato comunque possibile confrontare i CPUE di trota tra le stazioni per i mesohabitat « riffle », « river bank (riva) » o « lotic channel (canale lotico) », quando il numero di punti in seno ad ogni mesohabitat era « sufficiente » (N > 10 punti per essere considerato nelle analisi).

A complemento dei campionamenti EPA sono pure state realizzate delle sessioni di pesca a piedi lungo gli argini (massicciate) (identificate come "Pesca in continuo" - **PC**). Questo habitat è molto frequente lungo il fiume Ticino (presente in ognuna delle stazioni studiate), da cui l'interesse d'analizzare la sua utilizzazione da parte dei pesci.



**Figura 14** Difficoltà riscontrate durante le pesche elettriche : forte corrente, altezza elevata dell’acqua, torbidità importante (ott. 2008).

L’evoluzione longitudinale è valutata in modo globale, senza distinzione tra portata e metodi di campionamento, e cioè come “unità di sforzo di campionamento standard”, arbitrariamente definito come il numero di catture realizzato per 100 punti EPA e 30 min di pesca in continuo. Questo permette di confrontare le stazioni tra loro. Quando è stato possibile (nella maggioranza dei casi), si è calcolata la media delle abbondanze tra i deflussi massimi e quelli minimi. Se un campionamento è stato realizzato unicamente in una situazione di deflusso (massimo o minimo) - come nel caso della stazione 1 per i PC e della stazione 5 per i EPA – questo dato è stato considerato tale e quale nella stima dell’unità di sforzo.

### 5.1.2 Risultati

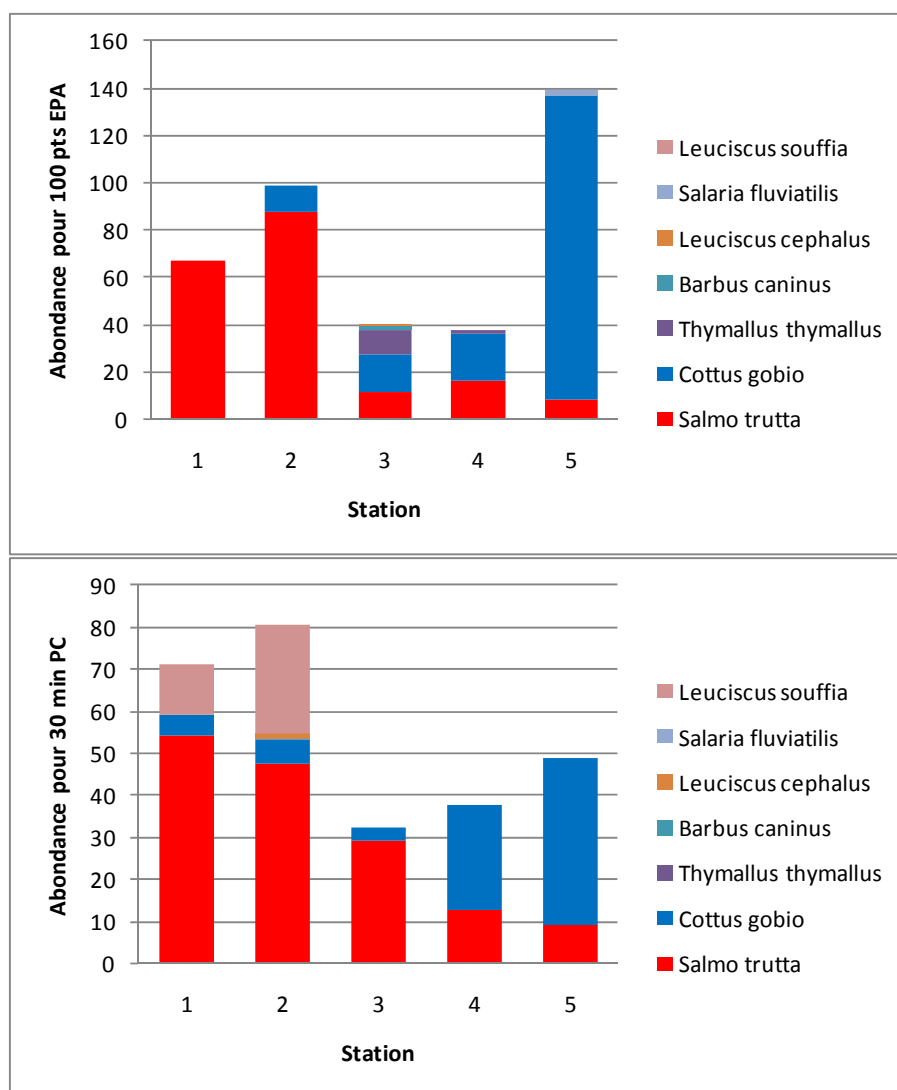
Il popolamento ittico, catturato sull’insieme dei siti e delle sessioni di pesca, conta 7 specie, appartenenti a 4 famiglie. È tuttavia possibile che questo valore sia leggermente sottostimato a causa delle difficoltà di campionamento avute. Da notare come soprattutto nei tratti superiori del fiume Ticino e in alcuni suoi affluenti, l’aspetto di alcune trote mostrava similitudini con quello della trota marmorata, *Salmo marmoratus*, storicamente presente nel bacino imbrifero superiore del Ticino. Questi esemplari sono stati oggetto di uno studio separato nell’ambito di un lavoro di master all’Università di Losanna.

Tra queste 7 specie, 3 sono considerate come minacciate in Svizzera secondo l’Ordinanza concernente la legge federale sulla pesca (OLFP del 24 novembre 1993), e 4 sono iscritte nella Convenzione di Berna. Di conseguenza, il popolamento ittico del Fiume Ticino presenta un importante valore ecologico. Le specie presenti sono tutte autoctone, e addirittura endemiche al bacino del Po nel caso di *Barbus caninus*.

**Tabella 8** Lista delle specie censite sull'insieme dei 5 siti campionati nell'ottobre 2008.

| Famiglia   | Specie                     | Nome comune  | Status di minaccia UICN | Status di minaccia OLFP |
|------------|----------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|
| Salmonidae | <i>Salmo trutta</i>        | trota fario  | NT                      | 4                       |
|            | <i>Thymallus thymallus</i> | temolo       | VU                      | 3/E                     |
| Cottidae   | <i>Cottus gobio</i>        | scazzone     | NT                      | 4                       |
| Blenniidae | <i>Salaria fluviatilis</i> | cagnetta     | NT                      | 4/E                     |
| Cyprinidae | <i>Barbus caninus</i>      | barbo canino | VU                      | 3/E                     |
|            | <i>Leuciscus cephalus</i>  | cavedano     | LC                      | NM                      |
|            | <i>Leuciscus souffia</i>   | vairone      | VU                      | 3/E                     |

Status secondo l'Unione internazionale per la conservazione della natura (UICN 2001) e l'Ordinanza concernente la legge federale sulla pesca (OLFP; RS 923.01). Status UICN: VU = specie vulnerabile; NT = specie potenzialmente minacciata; LC = specie non minacciata. Status OLFP: 3 = specie minacciata; 4 = specie potenzialmente minacciata; NM = specie non minacciata; E = specie protetta dalla Convenzione di Berna.



**Figura 15** Struttura del popolamento piscicolo lungo il Ticino. In alto, abbondanza delle diverse specie catturate per campionamento puntuale di abbondanza (EPA, 100 pts). In basso, abbondanza delle diverse specie catturate con la pesca in continuo (PC) di 30 min lungo l'argine. Le elettropesche svolte con deflusso minimo e deflusso massimo sono state cumulate.

Questa diversità tassonomica sembra tuttavia leggermente inferiore al valore atteso per corsi d'acqua di tali dimensioni in Europa (superficie bacino imbrifero = 1515 km<sup>2</sup> a Bellinzona). Il bacino imbrifero del Po (di cui il Ticino costituisce un affluente) conta 18 specie autoctone e 14 introdotte, ciò che lo rende su scala Europea abbastanza povero in diversità piscicola per rapporto alla sua dimensione (Hildrew and Stutzner 2009, in Tockner *et al.* 2009). Un modello area-specie (predizione della ricchezza tassonomica in funzione della dimensione del bacino imbrifero) realizzato per i corsi d'acqua dell'Europa occidentale prevede un valore di 13 specie<sup>2</sup> per il Ticino svizzero (Oberdorff *et al.* 1997). Questo è confermato anche da un'analisi più fine che considera separatamente le differenti regioni biogeografiche europee: il fiume Ticino appartiene alla regione "perimediterranea centrale" e presenta una diversità tassonomica più debole se comparato a fiumi con bacini imbriferi dalle dimensioni equivalenti (Figura 4 in Reyjol *et al.* 2007).

I due tipi di campionamento (EPA e PC) forniscono dei risultati complementari concernenti l'abbondanza relativa delle specie lungo il Ticino (cf. Figura 15).

- Per la trota, sia per EPA che per PC, si constata come l'abbondanza diminuisca scendendo verso valle.
- Per lo scazzone, i due metodi forniscono dei risultati comparabili con un aumento dell'abbondanza da monte verso valle.
- Il temolo è presente unicamente nelle stazioni 3 e 4, e unicamente nei campionamenti EPA. Questa differenza è legata al fatto che questa specie preferisce principalmente l'alveo centrale sui riffle piuttosto che i blocchi delle sponde.
- Il vairone è stato osservato unicamente nelle 2 stazioni superiori e unicamente nella pesca in continuo. In effetti, la specie predilige particolarmente i blocchi e non le forti correnti dell'alveo centrale.

Generalmente, le stazioni 3 e 4 mostrano delle abbondanze relativamente minori rispetto alle tre altre stazioni.

Grazie al suo regime termico e al suo deflusso molto lotico, il Ticino è favorevole ai Salmonidi. La composizione relativa del popolamento (cf. Figura 15) mostra chiaramente una diminuzione graduale da monte verso valle della proporzione dei Salmonidi, in particolare della **trota**, evidenziando un gradiente faunistico ben conosciuto negli ambienti lotici, e suggerendo che le condizioni ambientali diventano sempre meno favorevoli rispetto alle esigenze della specie.

Il **temolo** è presente soprattutto nella stazione 3, ma la sua presenza è stata evidenziata anche nella stazione 4. L'efficacia di cattura di questa specie, contrariamente alla trota, è tuttavia molto debole, in particolare a causa delle difficoltà di campionamento della specie che colonizza preferenzialmente il canale lotico e adotta molto rapidamente un comportamento di fuga all'arrivo degli operatori che esercitano la pesca elettrica. È quindi probabile che l'abbondanza di questa specie sia stata sottostimata. In effetti, a causa dell'assenza di una rete di sbarramento del fiume a monte, alcuni individui hanno potuto fuggire senza essere pertanto catturati. Il temolo è comunque regolarmente catturato alla lenza e la sua presenza non è quindi da considerarsi aneddotica.

Parallelamente, la proporzione di **scazzoni** aumenta fortemente verso valle. Questo tipo di evoluzione longitudinale del popolamento è ritenuta classica (Zalewski *et al.* 1985, Zalewski and Naiman 1985, Belliard *et al.* 1997) e mette in evidenza che i fattori ambientali diventano progressivamente meno favorevoli ai Salmonidi scendendo verso valle. Tuttavia va notato che, a parte lo scazzone, la proporzione di specie accompagnatrici, in particolare di **Ciprinidi**, non aumenta. È possibile che il regime termico rimanga relativamente freddo e poco favorevole ai Ciprinidi, e che le sponde in massicciate non offrano globalmente sufficienti habitat per queste specie.

Il **vairone** è un piccolo ciprinide dal carattere molto reofilo, che colonizza corsi d'acqua freschi e ben ossigenati. La sua debole abbondanza potrebbe essere parzialmente spiegata da fenomeni di competizione interspecifica con la trota. Quest'ultima "sposterebbe" il vairone verso zone più a valle, meno favorevoli per questa specie (Gumiero *et al.* 2009, in Tockner *et al.* 2009).

Il **barbo canino** e il **cavedano** sono poco presenti, principalmente nella stazione 2 e 3.

La **cagnetta** è stata osservata unicamente nella stazione più a valle.

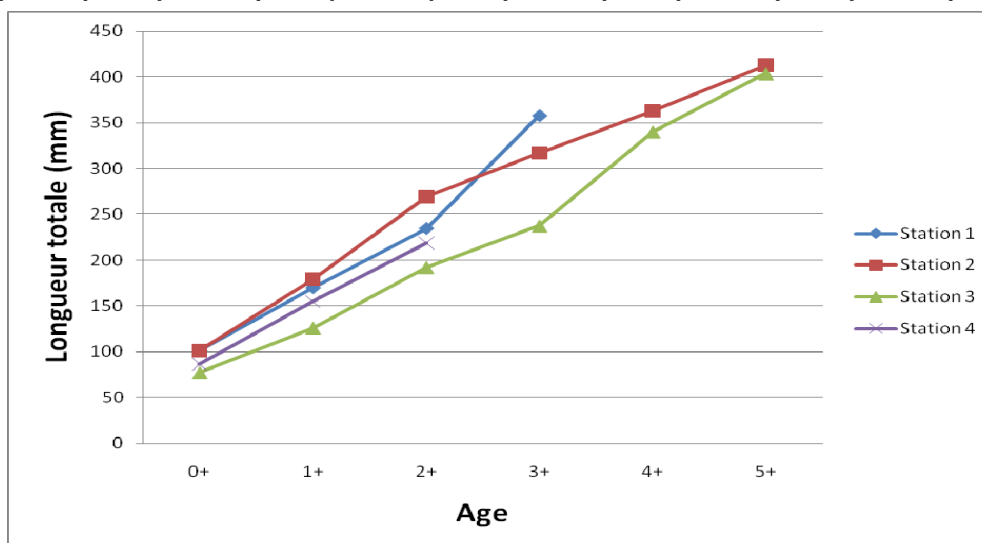
Sono state condotte differenti analisi del popolamento ittico, in particolare per caratterizzare la popolazione di trote: relazione lunghezza-peso, istogramma lunghezza-frequenza, relazione lunghezza-età, struttura demografica.

---

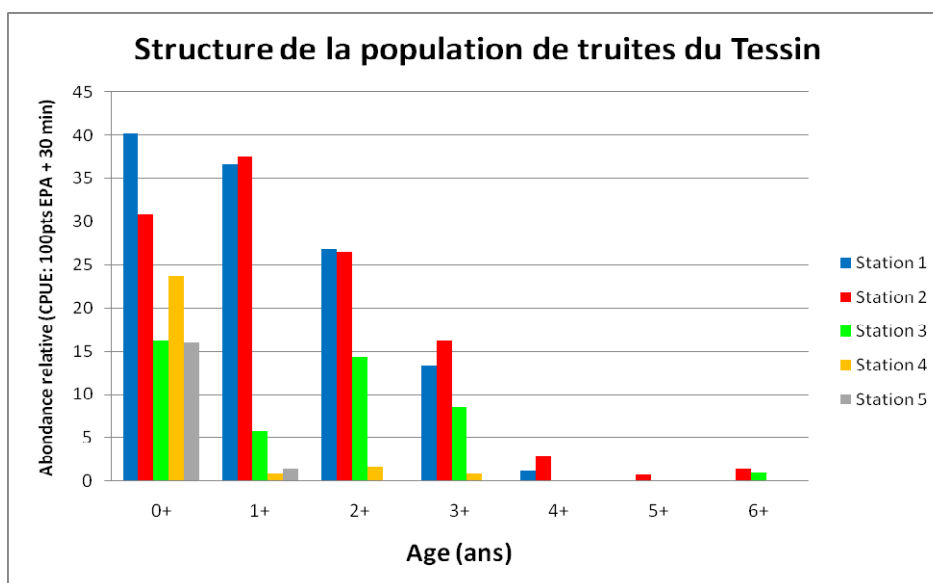
<sup>2</sup> En utilisant le modèle d'Oberdorff *et al.* (1997) :  $\ln(\text{Richesse}) = 0.865 + \ln(\text{Surface BV})$ ,  $r^2 = 0.573$ ,  $p < 0.001$  ; avec la valeur de surface BV = 1515 km<sup>2</sup> (Bellinzona).

Le età indicate corrispondono a:

**0+ (8 mesi) ; 1+ (20 mesi) ; 2+ (32 mesi) ; 3+ (44 mesi) ; 4+ (56 mesi) ; 5+ (68 mesi).**



**Figura 16** Taglia media ( $\pm$  deviazione standard) delle trote campionate in funzione delle classi di età e per stazione sul Ticino (pesca elettrica condotta dal 2 al 6.10.2008).



**Figura 17** Struttura demografica della popolazione di trote concernente i campioni raccolti nelle 5 stazioni sul Ticino (risultati espressi in abbondanza relativa, pesche elettriche realizzate dal 2 al 6.10.2008). 0+ (8 mesi) ; 1+ (20 mesi) ; 2+ (32 mesi) ; 3+ (44 mesi) ; 4+ (56 mesi) ; 5+ (68 mesi).

Si evidenzia che :

- Gli esemplari catturati nelle 5 stazioni possono essere raggruppati in un'unica popolazione (nel senso statistico del termine).
- Le stazioni 1, 2 e 3 presentano delle strutture molto simili ed equilibrate, mentre le stazioni 4 e 5 (zona a valle) mostrano una struttura di popolazione alterata.
- Globalmente, per quanto riguarda l'età (età assegnata ad ogni individuo catturato utilizzando uno scalimetro), le taglie medie seguono la medesima distribuzione da una stazione all'altra (cf. Figura 16).



- Le proporzioni di ogni classe di età variano da una stazione all'altra (cf. Figura 17). Si possono distinguere due zone: quella a monte della confluenza con il fiume Moesa, composta dalle stazioni 1, 2 e 3, e una a valle, composta dalle stazioni 4 e 5. Le stazioni 1, 2 e 3 presentano delle strutture molto simili ed equilibrate, mentre le stazioni 4 e 5 mostrano una struttura di popolazione alterata, in particolare a causa della mancanza di esemplari di età elevata; questo fenomeno può essere legato alla loro reale assenza, oppure alla loro mancata cattura durante le pesche elettriche a causa delle condizioni più difficili presenti nelle stazioni a valle.

Confrontando la situazione con altri fiumi, per esempio il Rodano vallesano che presenta delle similitudini con il Ticino sia per quanto attiene alle condizioni di sfruttamento e alle perturbazioni idrologiche dovute alla presenza di impianti idroelettrici relativamente simili, sia per quanto attiene agli studi piscicoli svolti con metodologia analoga (Weber et al 2007), la situazione nel fiume Ticino appare meno catastrofica (non è comunque possibile confrontare direttamente i dati perché le densità sono fornite con unità di misura differenti). Malgrado ciò, questa prima valutazione indica che sia le densità di pesci che la diversità specifica sono superiori nel Ticino. Una frazione non trascurabile di giovani trote 0+ provenienti da riproduzione naturale (pesche elettriche effettuate prima dei ripopolamenti) è ancora presente, ciò che non sembra più essere il caso in Vallese.

### 5.1.3 Conclusione

Le informazioni raccolte durante i campionamenti d'ottobre 2008 permettono di rispondere parzialmente agli obiettivi prefissi. La composizione e la struttura longitudinale del popolamento sono stati in buona misura compresi, così come le caratteristiche della popolazione di trota (struttura demografica, crescita, condizione, ecc.). È quindi possibile fornire delle risposte preliminari in merito all'impatto dei deflussi discontinui sulla trota, ma rimangono delle incertezze sulla quantificazione dell'habitat fisico, in particolare in merito alla sua variabilità in funzione del deflusso e alla sua utilizzazione da parte della trota in funzione dei cicli di acqua alta / bassa. Non è stato possibile considerare la seconda specie bersaglio, il temolo (*T. thymallus*), a causa del numero molto limitato di esemplari catturati.

Questi studi non hanno tuttavia permesso di verificare l'ipotesi secondo cui l'impatto dei deflussi discontinui è più importante nelle vicinanze della restituzione delle acque, in quanto è a monte che si osserva la proporzione maggiore di salmonidi e la più grande abbondanza relativa. Le osservazioni e le pesche elettriche che sono state condotte per il monitoraggio del successo riproduttivo confermeranno o smentiranno questa prima conclusione.

## 5.2 Definizione dell'habitat acquatico disponibile alle diverse portate

### 5.2.1 Metodologia

Durante la pesca elettrica di ottobre 2008 sono state realizzate delle misure inerenti l'habitat fisico presente sotto l'anodo. In particolare sono state rilevate l'altezza dell'acqua (H), misurata con un'asta metallica graduata (precisione approssimativa  $\pm 1$  cm), e la velocità media della corrente ( $V_{\text{moy}}$ ), calcolata a *posteriori* - a partire da 1, 2 o 3 misurazioni puntuali (in funzione della profondità) effettuate a 0.2, 0.4 e 0.8H (a partire dal fondo) - utilizzando la seguente formula:

$$V_{\text{moy}} = 0.25 \times (V_{0.2H} + 2V_{0.4H} + V_{0.8H})$$

Gli habitat sono stati definiti sulla base delle 12 classi granulometriche della scala modificata di Wentworth (Malavoi and Souchon 1989) per la caratterizzazione del substrato, alle quali è stata aggiunta la categoria « Roccia » per identificare gli affioramenti del substrato senza rilievo e poco favorevoli alle biocenosi.

I dati puntuali concernenti l'altezza dell'acqua e la velocità della corrente sono stati suddivisi in categorie al fine di ottenere delle frequenze di distribuzione di queste variabili. L'altezza dell'acqua (espressa in m) è stata suddivisa in 6 categorie di 0.2 m di ampiezza:  $H_1 = [0 - 0.2[$ ;  $H_2 = [0.2 - 0.4[$ ;  $H_3 = [0.4 - 0.6[$ ;  $H_4 = [0.6 - 0.8[$ ;  $H_5 = [0.8 - 1[$ ; et  $H_6 = [1 - 1.2[$ . La velocità della corrente (espressa in  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) è stata suddivisa in 10 categorie di  $0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  di ampiezza:  $V_1 = [0 - 0.1[$ ;  $V_2 = [0.1 - 0.2[$  ... ;  $V_{10} = [1.9 - 2[$ .

Per analizzare la problematica dell'utilizzazione dell'habitat in funzione dei deflussi è necessario disporre di dati raccolti in condizioni di deflusso minimo (senza turbinaggio) e di deflusso massimo, in modo da poter valutare un possibile cambiamento d'utilizzazione indotto dalla gestione idrologica. Per ogni sito sono pertanto state condotte due sessioni di campionamento (fisico e biologico), una con deflusso minimo (BH) e l'altra con deflusso massimo (HE). La stazione 5 (morfologia di canale arginato con scorrimento molto uniforme) non ha tuttavia potuto venir

campionata durante i deflussi massimi in quanto la velocità della corrente e l'altezza eccessiva dell'acqua comprometteva seriamente la sicurezza degli operatori.

Inoltre, con gli enti gestori degli impianti idroelettrici era stato stabilito di mantenere costante il deflusso (acqua bassa, rispettivamente acqua alta) durante le sessioni di campionamento. Questo ha permesso di definire delle precise finestre temporali di durata relativamente corta (~ 2.5 ore). Malgrado ciò, il deflusso ha fluttuato molto spesso durante le sessioni di campionamento (Figura 18), con sbalzi che hanno raggiunto i 40 cm durante una medesima sessione. Inoltre i deflussi corrispondevano raramente al livello prestabilito (BE o HE) durante le finestre temporali. La valutazione dell'impatto del deflusso discontinuo sull'habitat e sulla sua utilizzazione da parte delle trote non è quindi rigoroso. La distinzione tra le sessioni ad acqua bassa e quelle ad acqua alta è ben marcata per le stazioni 3 e 4, anche se il deflusso non era stabile ed era difficile realizzare il campionamento agli estremi del deflusso ("vero" deflusso di magra e "vero" deflusso di piena). Nelle stazioni 1 e 2 la differenza è invece molto meno marcata: se si considera il deflusso medio durante le sessioni di campionamento, sembra addirittura che quest'ultimo fosse più basso durante la fase con acqua alta che durante quella ad acqua bassa (stazione 1; Figura 18)!

### 5.2.2 Risultati

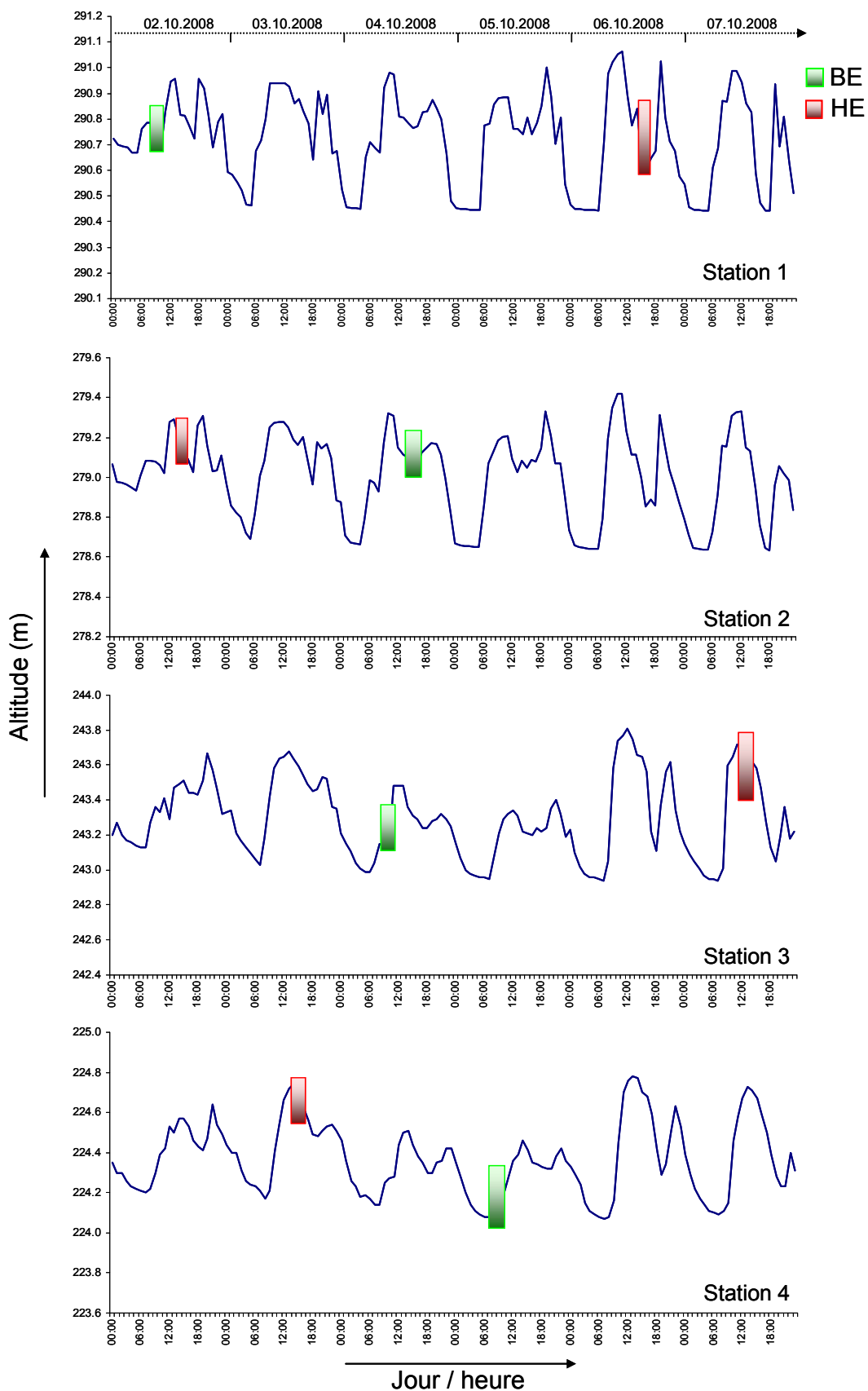
La quantificazione dell'habitat disponibile e della sua variabilità in funzione dei deflussi si è dunque dimostrata delicata. L'habitat disponibile è stato valutato in modo rappresentativo (schema aleatorio stratificato) a partire dai punti EPA che sono stati realizzati dagli operatori nelle zone fisicamente accessibili. I risultati riflettono quindi la disponibilità in habitat unicamente di una parte della stazione. È comunque possibile supporre che, da una stazione all'altra, i risultati siano globalmente comparabili nella misura in cui gli ostacoli fisici alla progressione degli operatori sono indipendenti dalla stazione (ovunque si trovi l'operatore è limitato nell'avanzamento dagli stessi valori d'altezza dell'acqua o di velocità della corrente). Le stime inerenti l'habitat disponibile e i confronti inter-stazione sono quindi ritenute valide, ma concernono unicamente la gamma di valori accessibili agli operatori. Il problema è amplificato con l'aumento del deflusso, in quanto con esso aumenta anche l'altezza dell'acqua (fluttuazione > 0.85 m per la stazione 3; cfr. Figura 18) e la velocità della corrente, ciò che comporta una riduzione delle zone accessibili agli operatori.

L'habitat disponibile è stato caratterizzato dalla distribuzione delle variabili altezza, velocità e substrato sull'insieme dei punti di ogni stazione. Una comparazione relativamente semplice dell'habitat disponibile può essere fatta tra le stazioni. Le stazioni 2, 3 e 4 possiedono zone poco profonde in misura maggiore rispetto alle stazioni 1 e 5, che invece mostrano una distribuzione delle altezze dell'acqua molto raggruppata attorno ai valori centrali, a conferma della grande omogeneità di questi tratti. Le zone a scorrimento lento sono poco rappresentate nelle stazioni 2 e 5, e in modo particolare la stazione 5 presenta una corrente media rapida. La stazione 3 presenta la maggior diversità di velocità, con tutte le categorie rappresentate.

La stazione 1 è costituita in media dal substrato più grosso, con una forte presenza di blocchi. Tra le altre stazioni vi è relativamente poca differenza, in quanto i substrati dominanti sono in genere le grosse pietre o le piccole pietre. D'altro canto, la stazione 5 possiede la particolarità di avere una debole diversità granulometrica (4 categorie rappresentate), ma con una dominanza molto chiara per le grosse pietre, testimoniando ancora una volta la forte omogeneità per questa variabile d'habitat.

### 5.2.3 Conclusione

I risultati ricavati da questa analisi confermano le osservazioni visive effettuate sul terreno. Le stazioni 1 e 2, quelle più a monte, differiscono relativamente poco per quanto riguarda le variabili misurate. La stazione 3 presenta la più grande diversità in termini di altezza dell'acqua e di velocità della corrente, riflettendo una morfologia più complessa osservata *in situ* e la diversità dei mesohabitat (*lotic channel*, *riffle*, *rapid*, braccio secondario, *pool*, sponda con massicciate, ecc.). La stazione 4 è la meno lotica e presenta un'elevata diversità di altezza dell'acqua. La stazione 5 è molto omogenea, trattandosi di un canale arginato, e l'habitat è poco diversificato.



**Figura 18** Livelli delle acque registrati nelle stazioni 1-4 in cui sono state svolte le sessioni di campionamento (in verde = acque basse ; in rosso = acque alte)

## 5.3 Valutazione della disponibilità di habitat per l'ittiofauna

### 5.3.1 Metodologia

La sessione di campionamento condotta nell'ottobre 2008 aveva tra gli obiettivi anche quello di **modellizzare** l'habitat e la sua utilizzazione da parte dell'ittiofauna. L'analisi delle relazioni trota – habitat si è basata su dati raccolti con l'EPA. Questa campagna di ottobre 2008 ha permesso di raccogliere complessivamente 320 punti EPA. Ad ogni pesca elettrica sono stati raccolti tra i 30 e i 47 punti EPA (media =  $35.6 \pm 5$  punti).

Ad ogni punto è stato attribuito un tipo di mesohabitat (= faciès) scelto tra le 4 categorie predefinite (*lotic channel*, *riffle*, *river bank*, e *rapid*; Malavoi and Souchon 2002).

Questi mesohabitat e la loro codifica sono elencati in Tabella 9.

**Tabella 9** Scala modificata (Malavoi and Souchon 1989) di Wentworth per la caratterizzazione del substrato.

| Nom de la classe granulométrique | Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe) | Code utilisé |
|----------------------------------|--|--------------|
| Rochers                          | > 1024   | R            |
| Blocs                            | 256-1024   | B            |
| Pierres Grossières               | 128-256  | PG           |
| Pierres Fines                    | 64-128   | PF           |
| Cailloux Grossiers               | 32-64  | CG           |
| Cailloux Fins                    | 16-32  | CF           |
| Graviers Grossiers               | 8-16   | GG           |
| Graviers Fins                    | 2-8  | GF           |
| Sables Grossiers                 | 0,5-2  | SG           |
| Sables Fins                      | 0,0625-0,5   | SF           |
| Limons                           | 0,0039-0,0625  | L            |
| Argiles                          | < 0,0039   | A            |

La grande maggioranza dei punti è stata realizzata nel mesohabitat di tipo *lotic channel*, che è in proporzione il più rappresentato nelle stazioni di studio. La proporzione di punti in questo mesohabitat aumenta logicamente nel caso di campionamenti con acqua alta, diventando la tipologia largamente maggioritaria quando il deflusso aumenta (omogeneizzazione della pendenza della linea d'acqua in funzione dell'aumento del deflusso).

Al contrario, le tipologie di tipo *riffle* e *rapid* sono in proporzione meno rappresentate quando le misure sono state rilevate in fase di acqua alta. In effetti, i *riffle* hanno tendenza a scomparire con l'innalzamento del deflusso e a trasformarsi in *lotic channel*, mentre i *rapid* non sono più fisicamente accessibili (altezza e velocità dell'acqua diventano troppo importanti per permettere il rilevamento delle misure).

Per questa analisi i dati puntuali di altezza dell'acqua e di velocità della corrente sono stati trasformati in categorie al fine di ottenere delle frequenze di distribuzione di queste variabili. L'altezza dell'acqua (misurata in m) è stata suddivisa in 6 categorie di ampiezza 0.2 m:

$$H_1 = [0 - 0.2[ ; H_2 = [0.2 - 0.4[ ; H_3 = [0.4 - 0.6[ ; H_4 = [0.6 - 0.8[ ; H_5 = [0.8 - 1[ ; \text{et } H_6 = [1 - 1.2[.$$

La velocità della corrente (misurata in  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) è stata suddivisa in 10 categorie di ampiezza  $0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  :

$$V_1 = [0 - 0.1[ ; V_2 = [0.1 - 0.2[ \dots ; V_{10} = [1.9 - 2[.$$

La classi di Fouldle sono le seguenti :

$$\text{Fr1} = \text{Fr} < 0.1 ; \text{Fr2} = 0.1 - < 0.2 ; \text{Fr3} = 0.2 - < 0.3 ; \text{Fr4} = 0.3 - < 0.4 ; \text{Fr5} = 0.4 - < 0.5$$

La conseguenza diretta che ne deriva è una debole rappresentatività del campionamento. Anche a deflusso di magra, le altezze dell'acqua e le velocità della corrente non hanno permesso di campionare la totalità degli habitat presenti secondo la loro disponibilità. Questa situazione è ancora accentuata in occasione dei momenti di deflusso massimo, dove solo una (relativamente) piccola proporzione della superficie della stazione era accessibile per poter svolgere le misurazioni.

### 5.3.2 Risultati

La rappresentatività ottenuta implica delle precauzioni per l'analisi e l'interpretazione dei dati. È pertanto possibile realizzare unicamente un confronto inter-stazione delle abbondanze (CPUE) per un medesimo tipo di mesohabitat, fermo restando d'avere a disposizione un numero sufficiente di punti EPA (il confronto non è stato considerato se  $N < 10$ ). Un confronto tra deflusso minimo / deflusso massimo per categoria di mesohabitat è ritenuto poco affidabile a causa dell'instabilità dei deflussi durante le pesche elettriche.

Due indizi fanno supporre questa inaffidabilità:

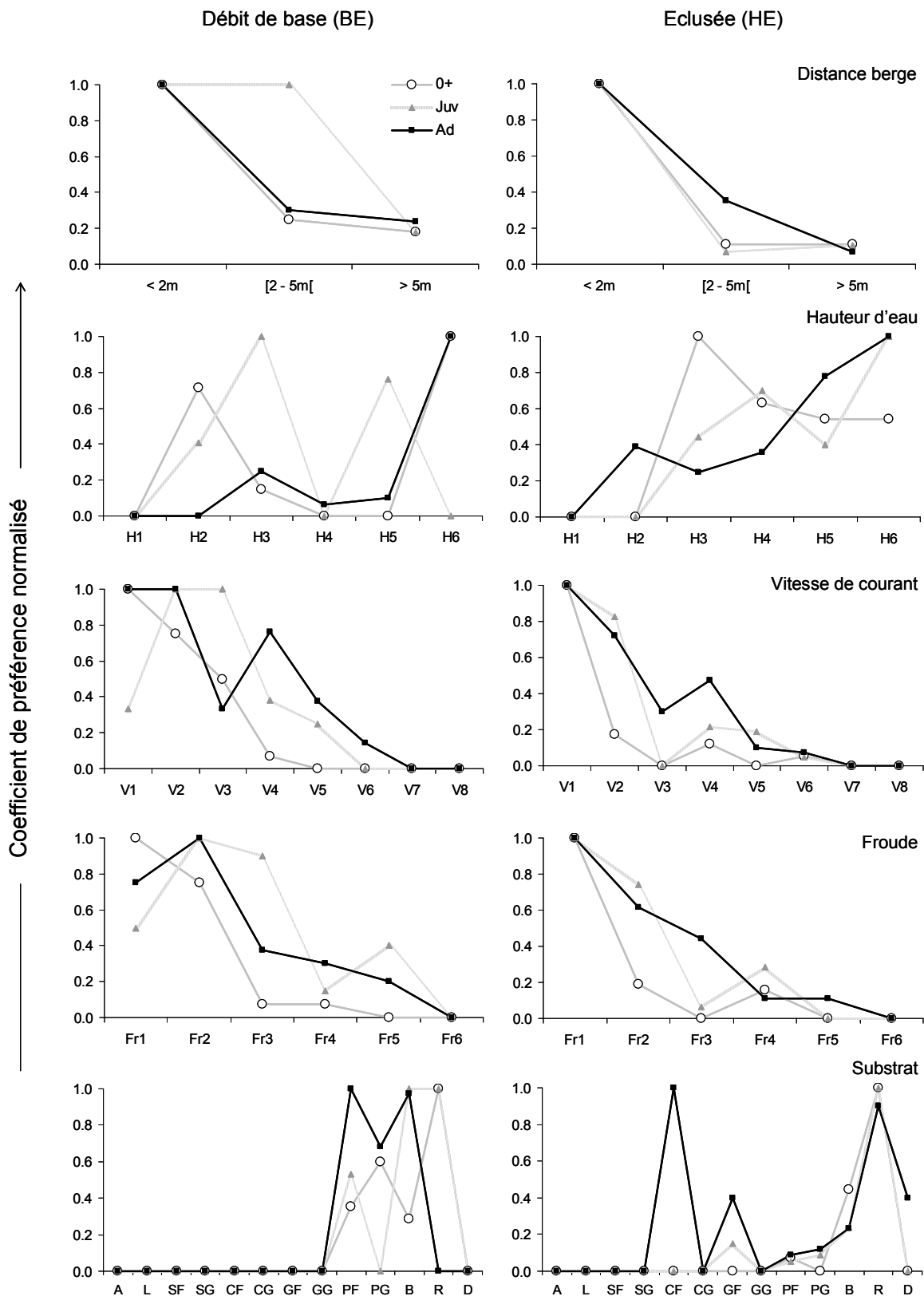
- I valori di altezza dell'acqua e velocità media della corrente per un medesimo mesohabitat sono più elevati in caso di acque basse che in caso di acque alte, ciò che costituisce indubbiamente un'incoerenza,
- I valori medi di distanza dalla sponda ( $DB_{moy}$ ) sono generalmente più bassi in caso di acque alte, ciò che significa che la parte centrale del corso d'acqua (canale centrale) era meno accessibile e che il campionamento ha sovrarappresentato la parte delle rive (sponde).

Sono dunque stati analizzati unicamente gli habitat meglio rappresentati (*lotic channel* e *river bank*). Il loro confronto evidenzia chiaramente che i CPUE sono superiori sui *river bank* rispetto al *lotic channel*, e questo per qualsiasi livello di deflusso. In media (raggruppando tutte le stazioni e i deflussi, salvo la stazione 5), le catture di trota sono 4 volte più numerose in riva che nel *lotic channel*: 28 ind./100 pti sono stati catturati nel *lotic channel*, mentre nella riva questo valore raggiunge i 112 ind./100 pti. Questo risultato riflette certamente due fenomeni:

- Da una parte, la forte attrattività degli habitat sulle rive, in particolare quando offrono delle rocce dove i pesci possono trovare un rifugio idraulico;
- d'altro canto, una minore efficacia di cattura nel *lotic channel*, legata all'avvicinamento più difficile al pesce e quindi alla sua maggior fuga, ma anche alla più grande difficoltà nel distinguerlo (torbidità, profondità, turbolenze) e a catturarlo con il guadino quando quest'ultimo è nel campo d'attrazione dell'anodo.

La modellizzazione prevista inizialmente non ha quindi potuto essere realizzata a causa della mancata affidabilità dei dati raccolti: accessibilità limitata alle stazioni, numero basso di punti EPA effettuati, condizioni di deflusso poco caratteristici delle situazioni.

Raggruppando le stazioni 1 e 2 che presentano una morfologia e dei mesohabitat simili e utilizzando un'analisi più fine, è comunque stato possibile studiare la relazione trota – habitat realizzando delle curve di preferenza per le variabili d'habitat misurate (Figura 19).



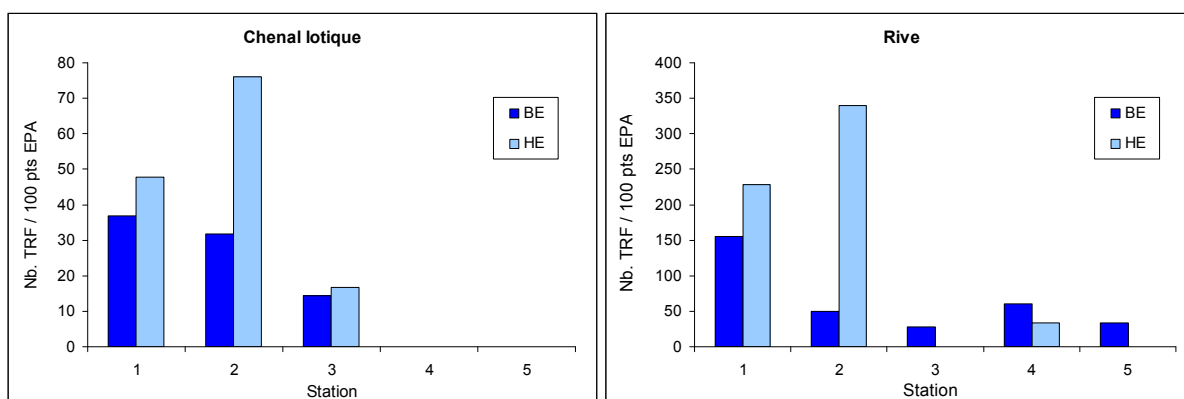
**Figura 19** Curve di preferenza normalizzate per le 5 variabili di habitat considerate, in funzione dello stadio di sviluppo (0+, giovani, adulti) e del livello del deflusso (acqua bassa BE e acqua alta HE). Il coefficiente di preferenza rappresenta la frazione tra l'habitat utilizzato e l'habitat disponibile (per ogni modalità di ogni variabile), rapportata all'intervallo [0 ; 1].

### 5.4 Definizione degli effetti delle variazioni di portata sul comportamento dei pesci

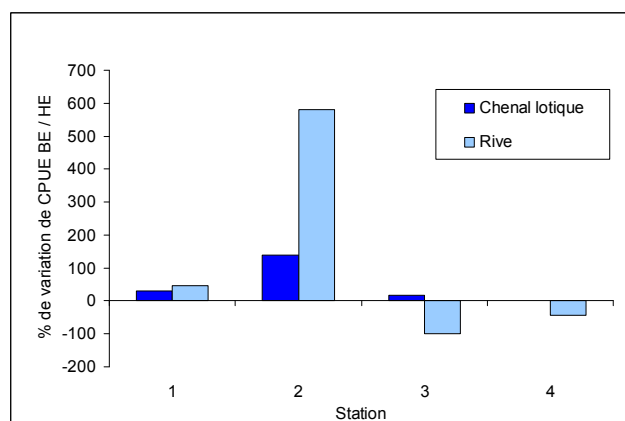
La sessione di campionamento condotta nell'ottobre 2008 aveva pure come obiettivo la valutazione dell'impatto indotto dalle variazioni di portata sulla trota (*Salmo trutta* L.) e il temolo (*Thymallus thymallus* L.), in particolare sull'abbondanza specifica, la crescita, la struttura demografica delle popolazioni e l'utilizzazione dell'habitat. I 5 tratti investigati sono stati suddivisi lungo l'asta fluviale partendo dal principio che l'impatto dei deflussi discontinui dovrebbe essere gradualmente ridotto man mano che ci si allontana dalla restituzione.

Il capitolo 5.2 ha affrontato il tema dell'utilizzazione dell'habitat in funzione dei deflussi. La distinzione tra le sessioni con acqua bassa e acqua alta è stata poco marcata e le difficoltà riscontrate durante i campionamenti con la pesca elettrica hanno quindi reso delicate le conclusioni.

È relativamente difficile distinguere un cambiamento di mesohabitat legato all'aumento della portata del fiume. In modo abbastanza inatteso, i CPUE sono risultati più elevati in fase di acqua alta (Figura 20), quando addirittura l'efficacia globale delle catture dovrebbe essere minore. Il confronto delle percentuali di variazione dei CPUE tra le fasi con acqua bassa e acqua alta in funzione del tipo di mesohabitat (Figura 21) non evidenzia una risposta generale (simile per ogni stazione). Nelle stazioni 1 e 2 la crescita dei CPUE è superiore nei *river bank*, mentre si nota una diminuzione nelle stazioni 3 e 4. Nel *lotic channel*, le stazioni 1, 2 e 3 mostrano un accrescimento dei CPUE. Nella stazione 4 nessun individuo ha potuto venir catturato nel *lotic channel*, e questo per qualsiasi tipo di deflusso.



**Figura 20** CPUE (in numero di trote catturate per 100 punti EPA) per stazione in funzione del livello di portata e per i mesohabitat di tipo "lotic channel" e "river bank". Per la stazione 5 il campionamento in fase di acqua alta non è stato realizzato (dati mancanti). Per il mesohabitat « river bank », 5 valori su 9 derivano da meno di 10 punti EPA.



**Figura 21** Variazione delle catture di trota in funzione dell'aumento della portata (BE versus HE) per tipo di mesohabitat. La variazione è espressa in percentuale, secondo il calcolo seguente:  $(CPUE_{HE} - CPUE_{BE}) / CPUE_{BE} * 100$ . La fase di acqua alta non è disponibile per la stazione 5 (assenza di dati).

Per analizzare più approfonditamente le relazioni trota-habitat e gli eventuali effetti dovuti alla portata, è stato estratto un sotto-campione raggruppante le stazioni 1 e 2. Questo perché la morfologia e i mesohabitat disponibili in queste due stazioni sono simili, e esse ospitano le più elevate CPUE di trota del tratto studiato e sono le più vicine al luogo di restituzione. Gli obiettivi sono:

- confrontare l'habitat utilizzato dai tre stadi di sviluppo della trota (avannotti 0+, lunghezza totale  $L_T < 140$  mm, giovani  $140 < L_T < 220$  mm, e gli adulti  $L_T > 220$  mm) in funzione del livello di deflusso, al fine di verificare se vi è una particolare selezione dell'habitat;
- mettere in evidenza eventuali cambiamenti d'utilizzazione dell'habitat legati al deflusso.

Gli esemplari 0+ mostrano una netta preferenza per gli habitat lentici o leggermente lotici prossimi alle sponde (distanza  $< 2$  m). Questo fenomeno potrebbe aumentare i rischi d'intrappolamento nelle zone sottoposte ai deflussi discontinui. D'altro canto gli 0+ presentano una preferenza marcata per valori bassi di Froude, variabile che combina l'altezza dell'acqua e la velocità della corrente. Le distribuzioni del substrato non differiscono in modo significativo in fase di acqua bassa, ciò che suggerisce un'assenza di selezione per questo parametro ambientale. In fase di acqua alta gli esemplari 0+ mostrano invece una leggera selezione per il substrato in quanto la granulometrie grossolane (diametro  $> 256$ mm) sono utilizzate maggiormente (Figura 22).

I giovani non mostrano una preferenza significativa per la velocità della corrente in periodi di acqua bassa, mentre durante le fasi di acqua alta utilizzano in modo preferenziale gli habitat lentici e prossimi alle sponde (distanza  $< 2$  m). Non sembrano prediligere una particolare categoria di altezza d'acqua. Analogamente agli esemplari 0+, i giovani selezionano gli habitat con un Froude  $< 0.2$ . Utilizzano inoltre in modo proporzionalmente maggiore i substrati grossolani rispetto alla loro disponibilità ambientale, in particolare durante le fasi acqua alta.

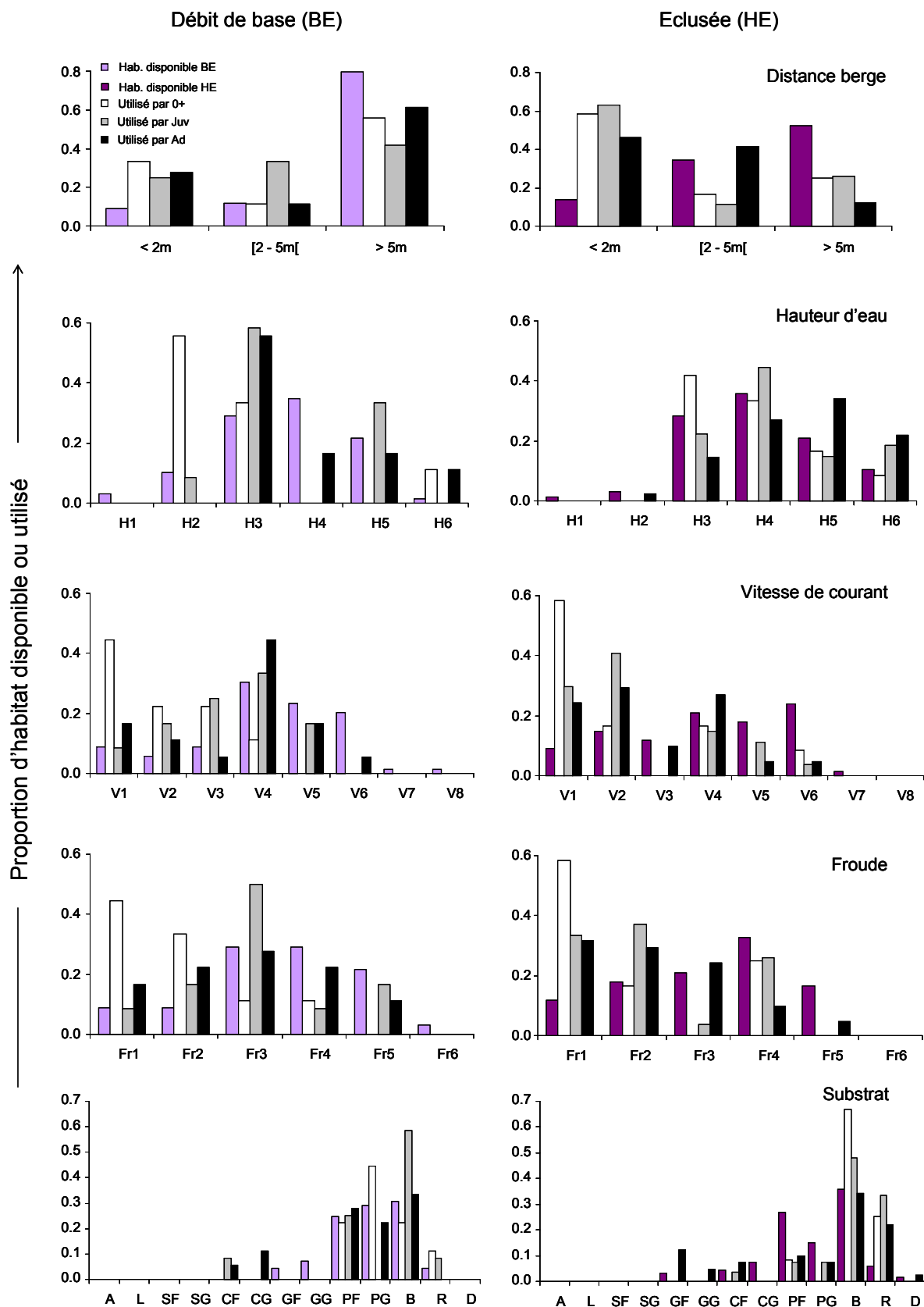
I più importanti cambiamenti di utilizzazione dell'habitat si osservano negli adulti. In generale, con l'aumento del deflusso, questi si avvicinano alla sponda verso substrati più grossolani (diametro  $> 1024$  mm) corrispondenti alle massicciate, in quanto delle altezza d'acqua elevate unite ad una corrente minore generano delle condizioni idrauliche meno impegnative. L'insieme di questi risultati converge verso l'ipotesi che gli adulti si spostano verso delle "zone rifugio" durante le fasi di rilascio dell'acqua, probabilmente per economizzare dell'energia e far così fronte in modo migliore alle condizioni divenute troppo restrittive. Queste zone rifugio sono costituite dalle massicciate onnipresenti nelle due stazioni.

**Tabella 10** Effetto del deflusso (acqua bassa BE, acqua alta HE) sull'utilizzazione dell'habitat da parte della trota, nei tre stadi di crescita considerati. I valori indicati sono le probabilità che le distribuzioni dei due campioni (BE e HE) siano identici. Una differenza significativa nell'utilizzazione dell'habitat è messa in evidenza se  $p < 0.05$  (in rosso). I valori  $0.05 < p < 0.1$  sono marcati in arancio.

| Variabili ambientali | 0+    | Giovani | Adulti |
|----------------------|-------|---------|--------|
| Velocità             | 0.845 | 0.019   | 0.072  |
| Altezza              | 0.055 | 0.059   | 0.012  |
| Froude               | 0.845 | 0.002   | 0.056  |
| Distanza sponda      | 0.642 | 0.152   | 0.004  |
| Substrato            | 0.017 | 0.134   | 0.054  |

Le differenze di utilizzazione sono numerose, in particolare per le fasi di acqua alta. Questo suggerisce che gli individui selezionano maggiormente i loro habitat durante i periodi di rilascio delle acque.





**Figura 22** Disponibilità e utilizzazione dell'habitat da parte dei tre stadi di crescita della trota nelle stazioni 1 e 2, in periodo di acqua bassa (BE) e in fase di rilascio (HE). Per una data variabile, la disponibilità rappresenta la proporzione della classe considerata rispetto al campionamento totale (N=69 in BE ; 67 in HE). Per livello di deflusso, l'habitat utilizzato rappresenta la proporzione di individui di un dato stadio di crescita che si trova in una determinata classe di una variabile per rapporto ai punti non nulli del campione (N=39 in BE; 80 in HE).

## 5.5 Misura degli effetti sulla riproduzione e sugli stadi giovanili dei pesci

### 5.5.1 Protocollo di studio

Le osservazioni sono state effettuate nel modo seguente :

- dal 12 al 15 dicembre 2008 : monitoraggio della frega della trota (*Salmo trutta*), **resoconto 1**,
- dall'8 al 13 aprile 2009: monitoraggio della frega del temolo (*Thymallus thymallus*), **resoconto 2**,
- dal 25 al 28 maggio 2009 e dal 23 al 26 giugno 2009 : monitoraggio dei pre-estivali di temolo (*Thymallus thymallus*) e di trota (*Salmo trutta*), attraverso osservazioni dirette e in seguito con elettropesca, **resoconto 3**,
- dal 7 all'11 settembre 2009 : rapporto sulla sessione di pesche elettriche destinata al monitoraggio del tasso di sopravvivenza degli estivali di trota (*Salmo trutta*), accompagnato da un'analisi dell'evoluzione delle densità di trote 0+ tra giugno e settembre 2009, **resoconto 4**,
- a complemento del mandato di base, l'Ufficio cantonale della caccia e della pesca ha realizzato nel 2010 un'analisi di pesca elettrica, **resoconto 5**, e uno studio delle catture in vista di fornire delle raccomandazioni inerenti la taglia minima di cattura, **resoconto 6**.

### 5.5.2 Risultati

#### Dicembre 2008, monitoraggio della frega della trota

**La cartografia delle zone di frega è riportata in annesso al resoconto 2: "Cartes frayères".**

La zona situata a valle della restituzione dell'AET a Pollegio fino alla foce del Brenno offre dei siti di frega evidenti ai riproduttori. Tuttavia, questo settore è sottoposto a delle variazioni artificiali di deflusso, velocità e temperatura delle acque che si possono quantificare come estreme, e che certamente compromettono la sopravvivenza delle larve e in seguito della maggior parte degli avannotti sopravvissuti. **Il rischio di messa in secca è particolarmente elevato in questo settore.**



**Figura 23** Osservazione notturna a Pollegio: alveo nel punto di maggiore profondità.

I settori 2, 3 e 4 presentano una diversità di correnti e di substrati sufficienti per assicurare dei siti di frega di qualità. Tuttavia, capita che le trote utilizzino dei canali secondari e dei banchi di ghiaia ai bordi come luoghi di frega. Questi due tipi di habitat presentano dei forti rischi di messa in secca.

A causa della sua configurazione molto artificiale, il settore 5 presenta un deficit ambientale importante. La presenza di siti favorevoli alla frega è molto scarsa e nessun riproduttore è stato osservato in questo settore.

Nel dettaglio, 5 tipi di habitat sono stati identificati per la scelta dei siti di riproduzione:

- Banchi di ghiaia ai bordi, che presentano un grande rischio di messa in secca delle zone di frega.
- Banchi di ghiaia profondi, che presentano il rischio per le larve di deriva a valle durante il deflusso di punta (forte variazione della velocità dell'acqua).

- Zone calme dietro a grandi blocchi, che non presentano rischi legati ai deflussi discontinui.
- Canali secondari, che sono un ambiente apprezzato dalle trote come sito di frega, ma che presentano dei forti rischi di messa in secca.
- I piccoli affluenti presentano ugualmente un certo potenziale per la riproduzione naturale. Solo 2 dei piccoli affluenti osservati (il riale di Moleno e il riale di Lodrino) sono accessibili e presentano delle condizioni eco-morfologiche favorevoli per la frega dei riproduttori provenienti dal fiume Ticino. Gli altri piccoli affluenti sono generalmente isolati dal Ticino già a partire dalla confluenza. La connessione con gli affluenti principali (Moesa e Brenno) è invece perfettamente assicurata. La Morobbia subisce invece importanti fluttuazioni dei deflussi e presenta una barriera insormontabile situata poco lontano dalla sua foce.

I dettagli delle osservazioni sono riportati in annesso al resoconto 2: cartografia delle zone di frega delle trote e dei temoli.

#### **Aprile 2008, monitoraggio della frega del temolo**

**La cartografia delle zone di frega è riportata in annesso 2 al resoconto 2: "Cartes frayères truites et ombres".**

Dalla restituzione AET fino alla foce del Brenno (2.2 km), le differenze di deflusso e di temperatura sembrano troppo importanti per risultare favorevoli al temolo. Inoltre, contrariamente alle trote, il temolo depone nelle zone di corrente, su dei siti relativamente profondi (profondità compresa tra i 40 e i 120 cm in situazioni di acqua nella media). Unicamente un sito di frega del temolo è stato osservato in una zona poco profonda, ma che non era comunque mai in secca. **Questa situazione scarta ogni rischio d'esonazione delle zone di frega.**

I temoli subiscono comunque lo stesso stress delle trote per quanto riguarda i cambiamenti di temperatura indotti dal turbinaggio. Ma sembrano tuttavia meglio resistervi in quanto la popolazione di temolo sul Ticino è relativamente importante. Sono state osservate tutte le classi di età e in particolare individui di notevoli dimensioni (> 60 cm). Nessun temolo è stato rilasciato sul Ticino dal 1986; questo conferma l'ipotesi di **una riproduzione naturale sul Ticino**. Lo **sviluppo di questa specie può venir considerato come buono** dalla foce della Moesa fino alla foce del Brenno.

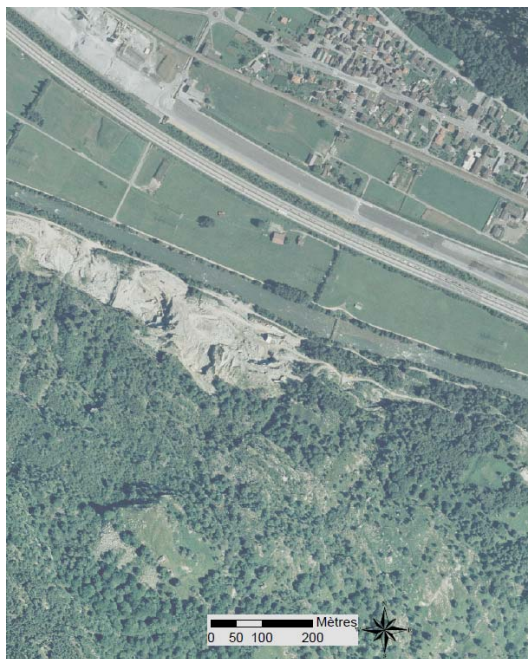
A complemento delle osservazioni effettuate sui temoli, sono stati osservati i primi avannotti di trota nelle zone calme situate tra la passerella di Gnosca e la foce della Moesa. Le densità osservate sembravano limitate.

#### **Maggio-giugno 2009, monitoraggio dei preestivali (temolo e trota)**

I differenti habitat sono stati descritti e analizzati dal punto di vista della loro capacità d'ospitalità e del loro interesse nei confronti delle fluttuazioni del deflusso (bordo di canale, *riffle* poco profondi, blocchi, blocchi sistemati, zone con vegetazione densa temporaneamente sommersa, pianoro con vegetazione sparsa, vegetazione erbacea su sponde scoscese, vegetali legnosi sommersi su sponde scoscese, vegetali legnosi sommersi su sponde dolci, zona umida isolata, pozza con albero sommerso). **Una tabella ricapitolativa è inserita nel resoconto 3.**

È stato così possibile mettere in evidenza il potenziale ambientale e gli ambienti rifugio per i primi stadi di vita presenti nei vari tratti di fiume:

- **Tratto 1** : nessuna possibilità di divagamento del fiume, habitat ridotto, variazioni estreme del deflusso e della velocità, nessun ambiente rifugio a parte i massi delle arginature.
- **Tratto 2**: divagamento medio del fiume, habitat ridotto e mediamente diversificato, grande distanza tra i vari ambienti rifugio, da cui nasce l'esigenza di una maggiore vicinanza dei rifugi per rispondere ai rapidi cambiamenti ambientali.
- **Tratto 3** : zona massimo divagamento del Ticino, buona diversità ambientale per tutte le classi di età, numerose zone rifugio per gli avannotti in caso deflusso di punta, forte rischio di intrappolamento quando la portata si ridimensiona.
- **Tratto 4**: zona intermedia, divagamento medio, habitat mediamente diversificato, tratta molto simile al settore 2, con presenza di colmatazione.
- **Tratto 5**: nessuna possibilità di divagamento, arginatura delle 2 sponde, habitat uniforme, i soli rifugi si situano tra i blocchi.



**Figura 24** Tratto 1.



**Figura 25** Tratto 2.



**Figura 26** Tratto 3.



**Figura 27** Tratto 4.



**Figura 28** Tratto 5.

### **Settembre 2009, monitoraggio degli estivi**

Come presentato nella metodologia del resoconto 4: "Survie des estivaux de truites", le densità di avannotti osservate sono di carattere semi-quantitativo. Al fine di ben evidenziare questo aspetto semi-quantitativo dei risultati, si è scelto di presentare i dati in numero di avannotti al m<sup>1</sup> (metro lineare) di sponda e non in m<sup>2</sup>.

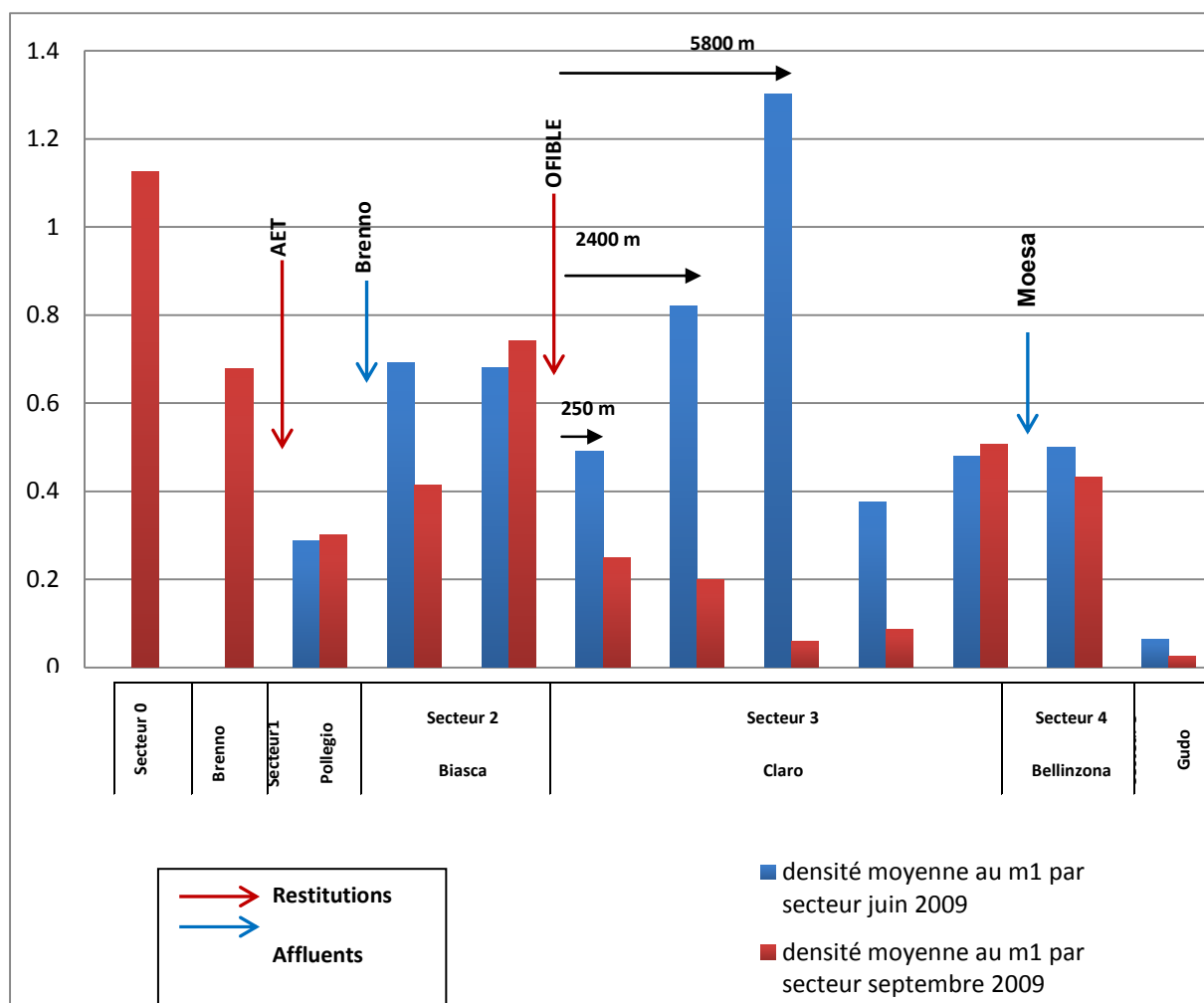
Il confronto dei settori in occasione delle differenti campagne di cattura permette di evidenziare unicamente una tendenza generale. In effetti non è possibile calcolare un tasso di scomparsa per ciascun settore perché la probabilità di cattura diminuisce con il passare dei mesi.

L'età espressa in mesi degli avannotti è determinata in modo arbitrario a partire al 1° gennaio.

- **Tratto 1:** malgrado le condizioni fortemente sfavorevoli in questo settore 1, si osserva un eccellente mantenimento dei giovani durante il periodo estivo. In questo settore sono stati catturati unicamente delle trote e degli scazzoni (*Cottus gobio*) sono stati catturati.
- **Tratto 2:** la densità dei giovani osservata è diminuita di più di 1/3. Questo è forse legato al fatto che il Tratto pescato è stato spostato tra giugno e settembre. Sono stati catturati unicamente delle trote e degli scazzoni.
- **Tratto a monte di OFIBLE:** nessuna scomparsa è stata osservata in questo settore.



- **Tratto 3:** elevata riduzione degli effettivi. La morfologia delle rive in acqua bassa può aver giocato un ruolo importante rendendole meno favorevoli ai giovani. La riva destra del settore 3 è quella maggiormente toccata, risultato certamente dovuto a un habitat più favorevole presente in riva sinistra (rive in petrame).
- **Gnosca:** questo settore ha subito grandi variazioni tra le due campagne di elettropesca. Sebbene a priori meno favorevole, non è stata osservata nessuna scomparsa.
- **Tratto 4:** buona resistenza dei giovani (anche in questo caso, l'habitat è molto cambiato tra le due sessioni di pesca). Il temolo è presente in questo settore, ma nessun individuo è stato catturato.
- **Tratto 5:** gli effettivi rimangono molto deboli. Altre specie catturate: scazzone e bottatrice (*Lota lota*).



**Figura 29** Evoluzione delle trote 0+ tra giugno e settembre 2009 (*giugno = 6 mesi ; settembre = 9 mesi*).

**Pesche realizzate nel 2010**

Al fine di poter verificare e completare i risultati ottenuti nel 2009, nel 2010 il team dell'Ufficio Caccia e Pesca ha realizzato 3 sessioni di elettropesca,

- in 7 stazioni il 22 e 23 giugno e dal 10 al 12 agosto,
- in 4 stazioni il 4 ottobre

Le pesche elettriche sono state effettuate camminando con l'anodo su di una sponda del fiume. La scelta delle stazioni di pesca è rappresentativa dei diversi settori di studio. Unicamente la stazione di Sementina non è stata

campionata nel 2009 e sostituisce quella di Bellinzona. Contrariamente al 2009, sono stati svolti due passaggi consecutivi.

L'insieme dei dati e i loro confronti hanno permesso di elaborare una tabella di sintesi che qualifica gli habitat disponibili per tratto e ciclo di vita, le condizioni riscontrate durante gli studi, e l'impatto dei deflussi discontinui stimati.

**Tabella 11** Sintesi per i vari tratti dell'habitat disponibile in funzione degli stadi di crescita e valutazione dell'impatto dei deflussi discontinui ( $Q_{min}$  = deflusso di base;  $Q_{max}$  = deflusso di punta).

|                                       | Set-tore | Fattori preponderanti     | Habitat disponibile  | Condizioni idriche riscontrate nel 2009 e 2010   | Impatto dei rilasci  |
|---------------------------------------|----------|---------------------------|--|--|--|
| <b>Frega della trota</b>              | 1        | Regime dei rilasci        | Superficie e tipo di habitat fortemente condizionati dai deflussi discontinui      | $Q_{max}/Q_{min}$ troppo importante durante le ME (acque medie) autunnali                                | Difficoltà a trovare dei siti di frega per i riproduttori, messa in secca quotidiana delle zone di frega             |
|                                       | 2        | Numero dei riproduttori   | Buona qualità del substrato, sufficienti siti di frega                             | ME autunnali, Q di base assicurato dal Brenno  | I riproduttori sono abituati alle variazioni di Q  |
|                                       | 3        | Numero dei riproduttori   | Buona qualità del substrato, sufficienti siti di frega                             | ME autunnali, Q di base assicurato dal Brenno e dai 10 m <sup>3</sup> turbinati in continuo dalle OFIBLE | I riproduttori sono abituati alle variazioni di Q  |
|                                       | 4        | Numero dei riproduttori   | Qualità del substrato sufficiente per la frega                                     |  | I riproduttori sono abituati alle variazioni di Q  |
|                                       | 5        | Mancanza di siti di frega | Mancanza di siti di frega, un solo sito favorevole alla confluenza con la Morobbia | Fattore trascurabile ma deflusso discontinuo meno importante che nei settori più a monte                 | Fattore trascurabile   |
| <b>Periodi di incubazione (trote)</b> | 1        |                           |  | $Q_{min}$ (deflusso di magra) invernale, $Q_{max}/Q_{min}$ molto importante                              | Messa in secca delle zone di frega, possibile perturbazione dello sviluppo a causa del regime termico                |
|                                       | 2        |                           |  | $Q_{min}$ invernale + rilasci  |  |
|                                       | 3        |                           |  | $Q_{min}$ invernale + rilasci  | Messa in secca delle zone di frega situate sulle sponde e nei canali secondari                                       |
|                                       | 4        |                           |  | $Q_{min}$ invernale + rilasci  |  |
|                                       | 5        |                           |  |  |  |
| <b>Frega del temolo</b>               | 2        | Numero dei riproduttori   | Qualche sito di frega, limite a monte per il temolo                                | Fin del periodo di magra invernale + rilasci   | Nessun problema rilevante per la frega del temolo, i siti sono raramente scelti nella zona esondata vicina alle rive |
|                                       | 3        | Numero di riproduttori    | Buona qualità del substrato, sufficienti siti di frega                             |  |  |
|                                       | 4        | Numero di riproduttori    | Qualità del substrato sufficiente per la frega                                     |  |  |
|                                       | 5        | Mancanza di siti di frega | Mancanza di siti di frega  |  |  |

|                       | Set-tore | Fattori preponderanti   | Habitat disponibile                                | Condizioni idriche riscontrate nel 2009 e 2010  | Impatto dei rilasci   |
|-----------------------|----------|-------------------------|--|---|---|
| Emergenza delle trote | 1        | Regime dei rilasci      | Rifugi negli interstizi dei blocchi spondali       | Fin del periodo di magra invernale + rilasci  | Se vi è sopravvivenza degli embrioni, vi è poi un grande rischio di deriva a valle delle piccole trote  |
|                       | 2        |                         | Rifugi negli interstizi dei blocchi spondali       |   | Rischio che le piccole trote siano trascinate a valle in occasione dei rilasci senza che possano raggiungere delle zone di rifugio  |
|                       | 3        |                         | Rifugi sulle grandi zone di ciottoli poco profonde | Turbinaggio continuo di 10 m <sup>3</sup> da parte delle OFIBLE ma interruzione per acque basse, 1 settimana critica ad inizio aprile | Elevato rischio di intrappolamento quando si abbassano le acque *   |
|                       | 4        |                         | Rifugi sulle grandi zone di ciottoli poco profonde |   |   |
|                       | 5        |                         | Rifugi negli interstizi dei blocchi spondali       |   | Rischio di dilavamento a valle  |
| Emergenza dei temoli  | 2        | Scioglimento delle nevi | Rifugi nelle sponde                                | Deflusso di base assicurato dallo scioglimento delle nevi $Q_{max}/Q_{min}$ ragionevole, le zone rifugio rimangono sempre sommerse    | Debole impatto in questo periodo  |
|                       | 3        |                         | Rifugi sulle grandi zone di ciottoli poco profonde |   |   |
|                       | 4        |                         | Rifugi sulle grandi zone di ciottoli poco profonde |   |   |
|                       | 5        |                         | Rifugi negli interstizi dei blocchi spondali       |   |   |
| Periodo estivo        | 1        | Regime dei rilasci      | Rifugi negli interstizi dei blocchi spondali       | Lungo periodo di scioglimento delle nevi nel 2009, buone piogge estive nel 2010   | In proporzione ai numeri di giorni con un $Q_{max}/Q_{min}$ elevato: esaurimento degli avannotti e poi messa in secca o dilavamento quando devono colonizzare un territorio più grande per far fronte alle necessità alimentari |
|                       | 2        |                         | Rifugi negli interstizi dei blocchi spondali       |   |   |
|                       | 3        |                         | Rifugi sulle grandi zone di ciottoli poco profonde | Turbinaggio in continuo di 10m <sup>3</sup> da arte delle OFIBLE ma interruzione per acque basse, 2 settimane alla fine dell'estate   |   |
|                       | 4        |                         | Rifugi sulle grandi zone di ciottoli poco profonde |   |   |
|                       | 5        |                         | Rifugi negli interstizi dei blocchi spondali       |   |   |

## 6. PARAMETRI RELATIVI AI MACROINVERTEBRATI

I macroinvertebrati sono considerati dei buoni indicatori dell'impatto ecologico dei deflussi discontinui. Numerosi studi effettuati su tratti di fiume con deflussi discontinui attestano una riduzione dell'abbondanza e della biomassa dei popolamenti macrobentonici, e evidenziano cambiamenti nella composizione tassonomica (Baumann & Klaus, 2003, Céréghino & Lavandier, 1998; Baumann, 2004; Meile, 2006, Pellaud, 2006, Limnex 2007).

La diversità specifica non viene invece sempre modificata in ugual modo, ma varia da sito a sito: talvolta gruppi sistematici sensibili vengono sostituiti da generalisti, i quali possono diventare dominanti. I cicli vitali possono subire alterazioni a seguito delle variazioni di temperatura causate dal rilascio di acque di fondo dai bacini di accumulazione. Non da ultimo, i deflussi discontinui influenzano anche la deriva di organismi (drift), ovvero il loro



spostamento verso valle, determinandone un incremento durante le onde di piena (drift catastrofico) e causandone il successivo spiaggiamento quando il livello idrico si abbassa. Gli effetti dei deflussi discontinui non dipendono esclusivamente dagli aspetti legati all'attività delle centrali idroelettriche ma anche dalle proprietà generali del fiume; pertanto l'entità degli impatti negativi può variare in modo anche significativo sia tra diversi corsi d'acqua, sia lungo lo stesso corpo idrico. È necessario quindi mettere in relazione i parametri idrologici con le caratteristiche ecomorfologiche della stazione.

## 6.1 Rilevamento qualitativo e quantitativo del popolamento macrobentonico

### 6.1.1 Stazioni di studio e cenni metodologici

Nelle 5 stazioni di studio (Tabella 12) sono state eseguite 4 campagne di rilievo dei macroinvertebrati bentonici seguendo la metodologia prevista per l'applicazione dell'Indice Biologique Global Normalisé (I.B.G.N., AFNOR 2004). Inoltre, dal momento che l'IBGN non è un indice specificamente messo a punto per lo studio delle perturbazioni legate allo sfruttamento delle risorse idriche a fini idroelettrici, sono stati presi in considerazione anche altri parametri in grado di descrivere la comunità macrobentonica (numero di individui per unità di superficie [ind./m<sup>2</sup>]; composizione percentuale dei vari taxa, gruppi dominanti, ecc.).

I rilievi hanno avuto luogo in agosto 2008, dicembre 2008, febbraio 2009, agosto 2009. Per una descrizione dettagliata della procedura di campionamento e del calcolo dell'indice si rimanda alla bibliografia citata e al rapporto di dettaglio. In agosto 2008, a scopo di confronto, è stata pure eseguita nelle 5 stazioni di studio una campagna di rilievi seguendo la metodologia necessaria per l'applicazione dell'Indice Biotico Esteso (IBE, Ghetti 1997): questi risultati sono riportati unicamente nel rapporto di dettaglio.

**Tabella 12:** Stazioni di studio

| Stazioni | Località                           | Coordinate        | Altitudine<br>[m s.l.m] |
|----------|------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1        | Pollegio, Campagna                 | 715'750 / 135'400 | 291                     |
| 2        | Biasca, Quaresima-Fosso            | 717'200 / 134'150 | 288                     |
| 3        | Claro, località Motalta            | 721'400 / 125'100 | 248                     |
| 4        | Bellinzona, località Prato Carasso | 722'500 / 118'600 | 238                     |
| 5        | Riazzino, località Alla Monda      | 713'900 / 113'620 | 200                     |

### 6.1.2 Risultati IBGN

Nella **stazione 1**, emerge un costante sbilanciamento della comunità macrobentonica a favore dei ditteri e la percentuale complessiva di Plecotteri, Efemerotteri e Tricotteri (in media inferiore del 15%) risulta più bassa rispetto alle stazioni a valle (Tabella 13); inoltre molti dei taxa rilevati sono spesso rappresentati da un numero esiguo di individui. Anche la densità media di individui (1775 ind/m<sup>2</sup>) è bassa rispetto a quanto emerge nelle altre stazioni. Plecotteri ed Efemerotteri sono infatti presenti solo con famiglie ad ampia valenza ecologica e i Ditteri, in particolare con la famiglia dei Chironomidae, dominano la comunità con percentuali elevate. Il punteggio IBGN in media è 11.5. Questo tratto di fiume è caratterizzato da deflussi minimi giornalieri particolarmente bassi (intorno ad 1 m<sup>3</sup>/s) e ciò si traduce in ridotte porzioni dell'alveo costantemente sommerse ed in un crollo periodico della velocità di corrente. Questi eventi contribuiscono a rendere inospitale la maggior parte dell'alveo con conseguenti effetti negativi sulla componente macrobentonica che risulta impoverita e poco equilibrata nella composizione.

Nella **stazione 2**, la comunità appare nell'insieme più equilibrata: migliora infatti la presenza di taxa più esigenti in termini di qualità. Compare, sebbene in una sola delle 4 campagne, la famiglia Perlodidae tra i Plecotteri mentre, tra gli Efemerotteri, gli Heptageniidae (famiglia reofila con un valore indicatore relativamente buono) mostra una presenza più consistente rispetto alla stazione 1. Gli Efemerotteri inoltre sono l'ordine generalmente dominante e, insieme a Plecotteri e Tricotteri, rappresentano più del 50% della comunità macrobentonica in 3 campagne su 4. Non mancano tuttavia elementi di problematicità come i valori particolarmente bassi della densità di organismi e del numero di unità sistematiche registrati in dicembre; inoltre le famiglie di Plecotteri stabilmente presenti, (Leuctridae e Nemouridae) hanno una valenza ecologica relativamente ampia e questo elemento mantiene il

punteggio IBGN assai simile a quello della stazione precedente. In media, il punteggio IBGN è infatti 12. Il deflusso minimo che caratterizza le portate del Ticino in questo tratto è maggiore rispetto a quello della stazione 1 (tra 5 e 10 m<sup>3</sup>/s). Questa porzione del Ticino subisce inoltre verosimilmente l'impatto positivo della confluenza con il fiume Brenno sia in termini di incremento delle portate minime sia in termini di colonizzazione da parte di organismi alla deriva (drift).

**Tabella 13: Sintesi dei risultati IBGN.** Legenda: Ind = individui; US = Unità sistematiche; GI = Gruppo indicatore secondo IBGN.

| <b>Agosto 2008</b>   | <b>1 - Pollegio</b> | <b>2 - Biasca</b> | <b>3 - Claro</b> | <b>4 - Bellinzona</b> | <b>5 - Riazzino</b> |
|----------------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------------|---------------------|
| Numero ind.          | 1'385               | 1'261             | 877              | 809                   | 870                 |
| Densità [ind/m2]     | 3'463               | 3'153             | 2'193            | 2'023                 | 2'175               |
| US                   | 21                  | 19                | 19               | 20                    | 22                  |
| GI                   | 7                   | 7                 | 7                | 9                     | 9                   |
| IBGN                 | 13                  | 12                | 12               | 14                    | 15                  |
| <b>Dicembre 2008</b> |                     |                   |                  |                       |                     |
| Numero ind.          | 388                 | 749               | 6'41             | 1'425                 | 1'517               |
| Densità [ind/m2]     | 970                 | 1'873             | 1'603            | 3'563                 | 3'793               |
| US                   | 13                  | 10                | 18               | 19                    | 22                  |
| GI                   | 7                   | 7                 | 7                | 9                     | 9                   |
| IBGN                 | 11                  | 10                | 12               | 14                    | 15                  |
| <b>Febbraio 2009</b> |                     |                   |                  |                       |                     |
| Numero ind.          | 647                 | 950               | 672              | 1'505                 | 1'512               |
| Densità [ind/m2]     | 1'618               | 2'375             | 1'680            | 3'763                 | 3'780               |
| US                   | 15                  | 18                | 14               | 17                    | 20                  |
| GI                   | 7                   | 9                 | 7                | 7                     | 9                   |
| IBGN                 | 11                  | 14                | 11               | 11                    | 14                  |
| <b>Agosto 2009</b>   |                     |                   |                  |                       |                     |
| Numero ind.          | 420                 | 1'052             | 751              | 1'846                 | 1'192               |
| Densità [ind/m2]     | 1'050               | 2'630             | 1'878            | 4'615                 | 2'980               |
| US                   | 15                  | 20                | 18               | 18                    | 24                  |
| GI                   | 7                   | 7                 | 7                | 9                     | 7                   |
| IBGN                 | 11                  | 12                | 12               | 14                    | 13                  |

| <b>Media 2008-2009</b> | <b>1 - Pollegio</b> | <b>2 - Biasca</b> | <b>3 - Claro</b> | <b>4 - Bellinzona</b> | <b>5 - Riazzino</b> |
|------------------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------------|---------------------|
| Numero ind.            | 710                 | 1'003             | 735              | 1'396                 | 1'273               |
| Densità [ind/m2]       | 1'775               | 2'508             | 1'838            | 3'491                 | 3'182               |
| US                     | 16.0                | 16.8              | 17.3             | 18.5                  | 22.0                |
| GI                     | 7                   | 7 (9)             | 7                | (7) 9                 | (7) 9               |
| <b>IBGN</b>            | <b>11.5</b>         | <b>12.0</b>       | <b>11.8</b>      | <b>13.5</b>           | <b>14.3</b>         |

La **stazione 3**, malgrado una composizione tassonomica più bilanciata rispetto alla stazione 1, appare critica dal profilo del punteggio IBGN, con una media di 11.8. La criticità è evidenziata sia dalle basse densità di organismi, sia dall'assenza di famiglie ad elevato valore indicatore di qualità ecologica. I Ditteri (in particolare i Chironomidae) dominano la comunità. Tra i Plecotteri ricorrono in tutte le campagne le famiglie Nemouridae e Leuctridae, a più ampia valenza ecologica, mentre Perlidae, Perlodidae e Taeniopterygidae compaiono solo occasionalmente con uno o due individui. Tra gli Efemerotteri la famiglia più numerosa è sempre quella dei Baetidae, anche se si segnala l'interessante presenza delle famiglie Ephemerellidae ed Heptageniidae che, in alcune occasioni, risultano ben rappresentate. Questa stazione, pur presentando uno stato ecomorfologico caratterizzato da un buon livello di naturalità (cf. rapporto di dettaglio), mostra quindi degli aspetti di criticità per quanto riguarda la comunità macrobentonica per la quale i risultati suggeriscono una maggiore vulnerabilità alle variazioni di deflusso rispetto alla stazione immediatamente precedente ed alle successive. In questo tratto del Ticino sussistono aspetti della geometria dell'alveo (ampie zone di greto a pendenza assai ridotta) che, in associazione ad oscillazioni estremamente marcate tra picchi di piena e di magra (a causa del sovrapporsi dei rilasci di due centrali) fanno in modo che vaste porzioni di alveo e di habitat potenzialmente colonizzabili vadano regolarmente in secca per diverse ore al giorno. Questi aspetti hanno evidenti ripercussioni sui macroinvertebrati, la cui comunità, in condizioni idrologiche differenti, potrebbe presentarsi più ricca e diversificata.

Nella **stazione 4** le densità di individui risultano elevate, mentre il numero di unità sistematiche è complessivamente simile o di poco superiore a quello della tratta precedente, ma con presenza significativa di Plecotteri indicatori di un buon livello di qualità (famiglie Perlidae e Perlodidae) ed appartenenti al gruppo indicatore 9 secondo IBGN. In media, il punteggio IBGN è 13.3. Più in generale, l'insieme di Plecotteri, Efemerotteri e Tricotteri ha sempre un peso percentuale consistente sulla composizione della comunità. Tra gli Efemerotteri dominano i Baetidae ma, diversamente rispetto alle prime 3 stazioni, gli Heptageniidae sono presenti in modo continuativo e spesso con parecchi individui. Tra i ditteri risultano dominanti i Chironomidae e, in secondo luogo, i Simuliidae. Malgrado il livello di artificializzazione maggiore rispetto alle stazioni più a monte, l'alveo si presenta ben diversificato per quanto riguarda i substrati ed i microhabitat.

La **stazione 5** è caratterizzata dal livello di qualità più elevato, dal punto di vista del punteggio IBGN, con una media di 14.3. La densità di organismi ed il numero di unità sistematiche campionate sono sempre medio alti rispetto alle altre stazioni. Il peso percentuale di Plecotteri, Efemerotteri e Tricotteri varia da una campagna all'altra, ma tra i Plecotteri si segnala la presenza significativa di Perlidae o Perlodidae. Per quanto attiene agli Efemerotteri, Baetidae e Heptageniidae fanno stabilmente parte delle famiglie campionate, mentre per i Tricotteri sono state rinvenute con regolarità ben 4 famiglie. Per quanto riguarda i Ditteri, la famiglia dominante è rappresentata dai Chironomidae, ma sono presenti in modo relativamente consistente anche i Simuliidae. È interessante osservare che taxa quali Coleotteri, Crostacei e Molluschi rappresentano una porzione più consistente della comunità marobentonica rispetto alle stazioni più a monte; tali variazioni sono in accordo con le peculiarità del fiume in questo tratto (pendenze ridotte, corrente laminare). L'alveo è ricoperto da ciottoli di medie e grosse dimensioni che costituiscono il substrato di gran lunga dominante.

Il quadro emerso per le stazioni 1, 2 e 3 può essere ricondotto alle pressioni esercitate da fattori di disturbo legati ai deflussi discontinui, e in particolare ai deflussi di magra che influenzano le dinamiche di colonizzazione dell'alveo, la diversificazione e la struttura della comunità macrobentonica. La situazione di maggior criticità si verifica nel tratto 1, dove i deflussi di magra sono spesso nettamente inferiori al deflusso minimo residuale definito dalla Legge sulla protezione delle acque (LPAC, art. 31 cpv.1). Queste condizioni sono molto probabilmente responsabili dell'assenza di alcuni taxa sensibili, come ad esempio i Plecotteri reofili (Perlidae, Perlodidae).

In sintesi, l'indice IBGN, pur essendo generalmente utilizzato per indagare situazioni più direttamente legate ad un'alterazione della qualità delle acque, si è rilevato un interessante strumento di indagine, da accostare allo studio della deriva di organismi (drift, cf. capitoli seguenti), per definire gli effetti negativi dei deflussi discontinui nel Fiume Ticino. I punteggi ottenuti forniscono infatti un'immagine realistica dello stato attuale del fiume, in accordo con la variazione lungo l'asta fluviale dei principali parametri che caratterizzano i deflussi discontinui (Pfaundler & Salvetti 2006, Pfaundler & Keusen 2007), quali ad esempio il deflusso dell'onda di piena giornaliera ( $Q_{max}$ ), il coefficiente  $Q_{max}/Q_{min}$ , e il tasso di incremento del livello idrico (dH/dt).

In altri tratti di corsi d'acqua svizzeri sottoposti ai deflussi discontinui, come ad esempio il Reno alpino, la Linth, il Reno posteriore, l'Aubonne, o ancora l'Hasliaare (ARGE Trübung Alpenrhein 2001, Limnex 2006, Limnex 2007, Limnex 2009), il punteggio IBGN non è sempre correlato in modo significativo all'impatto della regimazione idroelettrica. Al contrario, il punteggio IBGN risulta spesso sufficiente, con note comprese tra 13 e 16 anche in tratti caratterizzati da variazioni marcate dei deflussi. Nel caso del Rodano invece (ETEC & Hydrocosmos 2010), il punteggio IBGN come pure l'abbondanza di organismi bentonici appaiono correlati ai deflussi discontinui, con valori bassi o insufficienti laddove l'ampiezza delle variazioni di deflusso è maggiore.



**Figura 30: Condizioni di magra.** Ampie porzioni di alveo rimangono in secca, ed ambienti poco prima caratterizzati da acque correnti si trasformano in pozze stagnanti (sopra). Nelle pozze si concentrano grandi quantità di *Allogamus auricollis* (Limnephilidae, sotto a sinistra), piuttosto resistenti allo spiaggiamento e agli sbalzi di temperatura (cf. Frutiger 2004). Sotto a destra: altri gruppi frequenti (Baetidae, Heptageniidae, Gammaridae).

### Tendenza 1990 – 2009

La situazione attuale relativamente alla comunità macrobentonica nel Ticino è stata confrontata con quella emersa durante uno studio condotto ca. 20 anni fa (Jann 1990, Jann 1991, cf. Tabella 14). In generale, i risultati della campagna 1990-91 sono migliori degli attuali nel tratto più a monte (stazioni 1-Pollegio, 2-Biasca e 3-Claro): il numero di unità sistematiche campionate in luglio 1991 o agosto 1990 è maggiore, e così anche il punteggio IBGN<sup>3</sup>. La valutazione dell'ultimo tratto del fiume Ticino (stazioni 4 e 5) è invece analoga a quella attuale.

La comunità attestata nel 1990-91 si differenzia dalla situazione attuale in particolare per i seguenti elementi:

- presenza di Plecotteri appartenenti ai generi *Isoperla* e *Dinocras*
- netta dominanza dei Baetidae sui Chironomidae
- abbondante presenza di Efemerotteri della famiglia Heptageniidae

Nei dati attuali si nota una minore presenza degli organismi più sensibili del corso d'acqua: questo aspetto è evidenziato dal fatto che nella maggior parte dei casi, nei dati pregressi, il gruppo indicatore IBGN è il 9, mentre nel quadro attuale gli organismi appartenenti a questo gruppo indicatore sono presenti in modo stabile solo nelle stazioni 4 - Bellinzona) e 5 - Riazzino. Ciò suggerisce un generale peggioramento della comunità macrobentonica, in particolare nelle prime tre stazioni. Pur in un quadro globalmente migliore, anche nel 1991, il tratto di Claro appariva in generale più problematico di quello di Biasca quanto al numero di unità sistematiche rinvenute e numero di individui campionati. Al contrario, per quanto riguarda le informazioni relative all'ultima tratta del

<sup>3</sup> I dati originali sono stati ottenuti con il metodo IBE. Il punteggio IBGN è stato estrapolato a partire dai dati grezzi.

Ticino (Bellinzona e Locarno), i nostri dati indicano una situazione globalmente migliore rispetto a quanto emergeva 20 anni fa.

È verosimile ritenere che il peggioramento riscontrato nella fauna macrobentonica del primo tratto del Ticino sia connesso alle modifiche della regimazione idroelettrica intervenute negli ultimi 20 anni. A Pollegio infatti, sono stati registrati aumenti significativi dei principali parametri che caratterizzano i deflussi discontinui, quali ad esempio il deflusso dell'onda di piena giornaliera ( $Q_{max}$ ), il coefficiente  $Q_{max}/Q_{min}$ , e il tasso di incremento del livello idrico ( $dH/dt$ ), mentre a Bellinzona la situazione è rimasta sostanzialmente stabile (Pfaundler & Keusen 2007).

Purtroppo, tra il 1991 ed oggi l'evoluzione della comunità macrobentonica del fiume Ticino non è stata monitorata in modo sistematico. I dati raccolti a Pollegio, Claro e Gudo durante le campagne del 2004 e 2005 effettuate dalla SPAAS nell'ambito del progetto cantonale di monitoraggio dei corsi d'acqua (MOCA) non sono ancora stati pubblicati. I dati grezzi, messi a nostra disposizione per il presente studio, indicano situazioni di criticità analoghe o peggiori rispetto al nostro studio: note massime IBGN<sup>4</sup> pari a 10-12, gruppo indicatore IBGN pari a 5 o 7 (ad eccezione di Claro dove in 3 campagne su 4 il gruppo indicatore è il 9), numero ridotto di unità sistematiche con un massimo di 14 a Pollegio, 11 a Claro e 17 a Gudo.

A Pollegio, i dati del 2004-2005 confermano le nostre osservazioni per quanto attiene alla scarsità di organismi spiccatamente reofili, all'assenza di Plecotteri del gruppo 9, e alla densità ridotta per numerosi taxa. Non da ultimo, segnaliamo che i dati rilevati nel 2005 immediatamente a monte del rilascio della centrale AET Nuova Biaschina, ovvero nel tratto "a deflusso minimo", indicano una situazione particolarmente critica, con note massime di IBGN pari a 9. L'intero tratto tra Lavorgo e il rilascio della centrale AET Nuova Biaschina, non indagato nell'ambito del presente studio, necessiterebbe di ulteriori indagini in un'ottica di risanamento idrologico.

**Tabella 14:** Dati pregressi (Jann 1990; Jann 1991).

| Stazione | data          | IBE |        |             | IBGN |    |        |
|----------|---------------|-----|--------|-------------|------|----|--------|
|          |               | US  | Indice | Cl. Qualità | US   | GI | Indice |
| Pollegio | febbraio 1991 | 13  | 9      | II          | 14   | 7  | 11     |
|          | luglio 1991   | 18  | 10     | I           | 21   | 9  | 15     |
| Biasca   | aprile 1990   | 14  | 9      | II          | 13   | 9  | 13     |
|          | agosto 1990   | 22  | 11     | I           | 19   | 9  | 14     |
| Claro    | aprile 1990   | 8   | 8      | II          | 7    | 9  | 11     |
|          | agosto 1990   | 16  | 9-10   | I-II        | 15   | 7  | 11     |
| Gorduno  | aprile 1990   | 13  | 9      | II          | 12   | 9  | 12     |
|          | agosto 1990   | 17  | 10     | I           | 18   | 9  | 14     |
| Locarno  | aprile 1990   | 16  | 10     | I           | 14   | 9  | 13     |
|          | agosto 1990   | 21  | 10-11  | I           | 20   | 9  | 14     |

### Effetto della frana del Ticinetto

L'evoluzione della comunità macrobentonica a Pollegio mostra una riduzione di densità, di unità sistematiche e di valore IBGN tra agosto 2008 e le successive campagne di rilevamento (dicembre 2008, febbraio 2009 e agosto 2009, Tabella 13). E' opportuno discutere tale evoluzione anche in relazione ai possibili effetti dell'evento di piena con tempo di ritorno decennale intercorso a settembre 2008 (550 m<sup>3</sup>/s a Pollegio) e soprattutto dell'intorbidamento delle acque provocato dallo smottamento del Ticinetto, affluente del Fiume Ticino, nei mesi successivi a questo evento.

L'interesse di utilizzare i macroinvertebrati come bioindicatori risiede nella risposta integrata rispetto alla complessità di fattori che possono influenzare un corso d'acqua: condizioni climatiche stagionali, idrologia, geologia, morfologia e geometria dell'alveo, attività antropiche, ecc. Nel caso in questione, quindi, non è possibile escludere una relazione tra la flessione di detti parametri biologici e le particolari condizioni idrologiche sopra menzionate. Tuttavia, i dati a nostra disposizione non sembrano indicare un effetto preponderante di questo evento sulla struttura della comunità macrobentonica di Pollegio per i motivi seguenti:

- La composizione della comunità macrobentonica rilevata a Pollegio presenta chiari sintomi di squilibrio già prima dell'evento della piena eccezionale: dominanza di ditteri; percentuale ridotta di Plecotteri,

<sup>4</sup> I dati originali sono stati ottenuti con il metodo Macroindex. Il punteggio IBGN qui presentato è stato estrapolato a partire dai dati grezzi.



Efemerotteri e Tricotteri rispetto alle stazioni a valle; numerosi taxa rappresentati da un numero esiguo di individui; assenza di Plecotteri reofili (Perlidae e Perlodidae, attestati all'inizio degli anni '90).

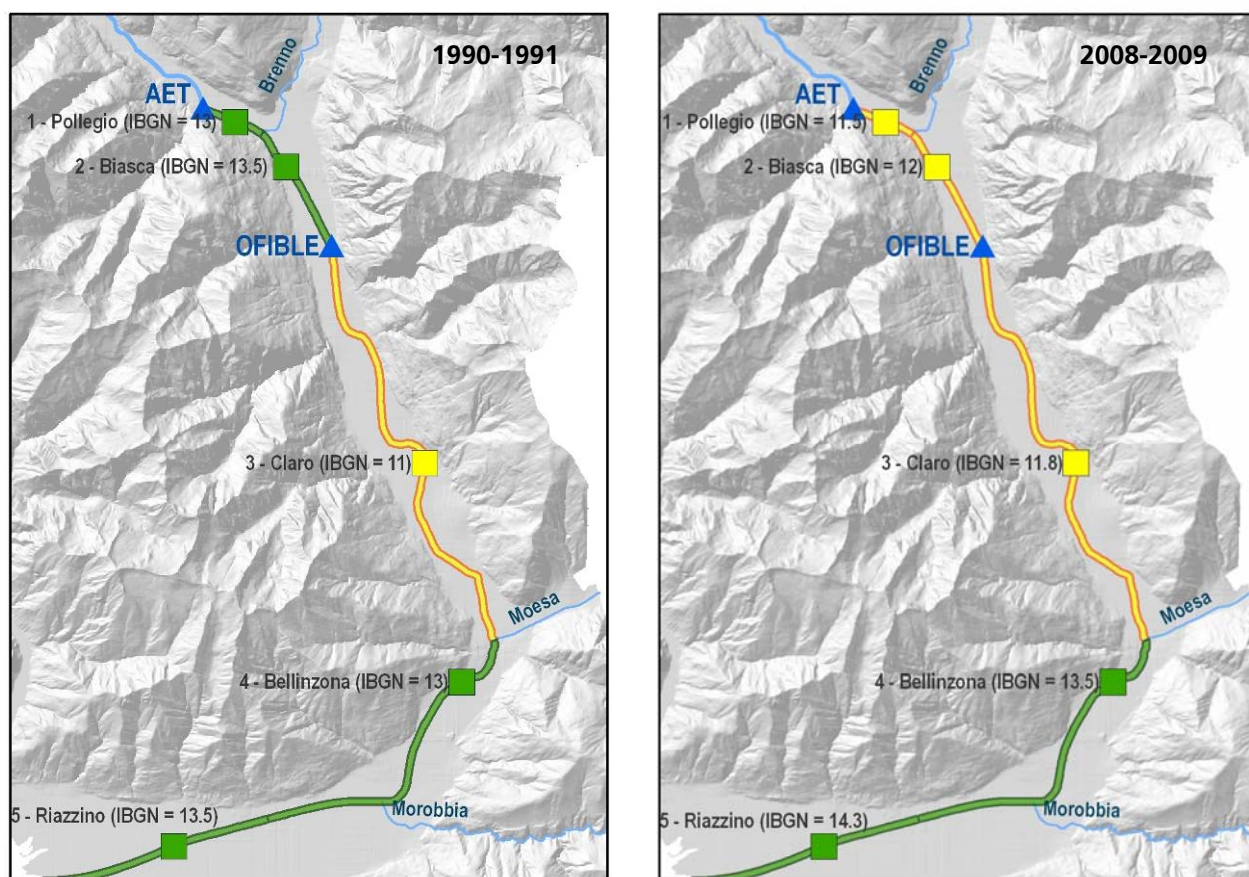
- Il gruppo indicatore IBGN rilevato a Pollegio rimane costante, prima e dopo l'evento (GI7 - Leuctridae);
- Gli elevati valori di densità di agosto 2008 sono dovuti essenzialmente ai ditteri (in particolare Chironomidae), gruppo dominante sia prima sia dopo l'evento;
- Il numero di unità tassonomiche si riduce da 21 a 15 nel confronto tra agosto 2008 e agosto 2009. Tuttavia, la maggior parte delle unità tassonomiche non rilevate nel 2009, risultano insufficientemente rappresentate già nel 2008 (1 o 2 individui, p.es. Heptageniidae, Scirtidae, Ceratopogonidae, Lymnaeidae, Erpobdellidae).
- Le campagne di rilevamento di macroinvertebrati effettuate dalla SPAAS nell'ambito del progetto cantonale di monitoraggio dei corsi d'acqua (MOCA 2006, dati non pubblicati) indicano una situazione critica a Pollegio già nel 2005, con risultati analoghi a quanto da noi rilevato: note massime IBGN<sup>5</sup> pari a 11, gruppo indicatore IBGN pari a 7 (Leuctridae), scarsità di organismi reofili, assenza di Plecotteri del gruppo indicatore 9, densità ridotte per numerosi taxa.
- Grazie all'abbassamento delle temperature durante l'inverno, che ha rallentato il dilavamento della frana di Chironico, l'intorbidamento delle acque a Pollegio non è stato significativo durante le campagne di dicembre 2008 e febbraio 2009, né sono stati osservati cambiamenti macroscopici a livello di deposito di materiale fine o di colmatazione superficiale dell'alveo;
- L'ipotesi di un effetto esteso e prolungato dell'intorbidamento non trova riscontro con i risultati della stazione 2 - Biasca, ca. 2 km più a valle. Questa presenta infatti un andamento stagionale opposto a quello della stazione 1- Pollegio, con i risultati di febbraio 2009 e agosto 2009 migliori rispetto alla situazione precedente l'evento.

Per evitare di incorrere in errori di valutazione dovuti a fisiologiche oscillazioni stagionali che possono interessare la comunità macrobentonica, riteniamo corretto l'approccio proposto in questa sede che consiste nell'elaborare un apprezzamento dei singoli tratti di studio sulla base del risultato complessivo delle 4 campagne di rilevamento.

Concludiamo affermando che le particolari condizioni verificatesi a seguito dell'evento della piena di settembre 2008 e del successivo smottamento nel Ticinetto non pregiudicano i risultati del presente studio, né inducono a modificare le valutazioni espresse rispetto alla criticità del tratto di Pollegio, che trovano peraltro ampio riscontro nei risultati dello studio del drift presentato nei capitoli seguenti.

---

<sup>5</sup> I dati originali sono stati ottenuti con il metodo Macroindex. Il punteggio IBGN è stato estrapolato a partire dai dati grezzi.



**Figura 31:** Risultati IBGN. A sinistra: situazione 1990-1991; a destra: situazione attuale (SWISSIMAGE©2010 swisstopo DVD23212).

## 6.2 Definizione del drift

### 6.2.1 Stazioni di studio e cenni metodologici

La definizione della deriva di organismi (drift) è articolata in due fasi di studio. Per la fase I (2008-2009), durante la quale non è stato possibile concordare preventivamente con le centrali idroelettriche le modalità di produzione durante i periodi dei rilievi, abbiamo utilizzato un protocollo flessibile basato sulla posa di retini in alveo (Smock, in Hauer & Lamberti 2007). Tale protocollo si è concentrato sulla variazione del drift durante la fase iniziale dell'onda di piena, con una serie di misurazioni (3 reti in contemporanea) durante le ore mattutine con deflusso di magra per una durata di 15-20 minuti, e una serie di misurazioni avente inizio dopo 5 minuti dal primo aumento sensibile del livello idrico (> 1 cm) e per una durata di ca. 10-15 minuti durante la fase ascendente dell'onda di piena. La velocità dell'acqua è stata rilevata a più riprese al centro della luce di ogni retino nel corso dei singoli rilevamenti grazie ad un correntimetro a induzione magnetica. Le 5 stazioni di studio corrispondono a quelle utilizzate per lo studio della comunità macrobentonica (Tabella 12).



**Figura 32:** Campionamento del drift durante la fase I, con reti da 500 µm e correntimetro a induzione magnetica.



**Figura 33:** Campionamento del drift durante la fase II. Stazione di pompaggio e filtrazione con reti da 100 µm a Pollegio.

Durante la fase II (aprile 2010) abbiamo invece potuto concordare con le centrali idroelettriche determinate condizioni di rilascio. Tali condizioni ci hanno permesso di allestire in collaborazione con lo studio Limnex AG di Zurigo (Peter Baumann) un protocollo di test più strutturato rispetto alla fase I. Il campionamento è stato effettuato secondo la metodologia sviluppata nell'ambito di altri studi simili, in particolare sul fiume Hasliaare nel Canton Berna (Limnex 2009). La particolarità del metodo consiste nel campionamento mediante pompa idraulica ad immersione (capacità ca. 1000 l/min), azionata grazie ad gruppo elettrogeno posizionato sulla riva o da un ponte. Per esigenze pratiche il numero di stazioni è stato limitato a due:

- Pollegio, località Campagna, 715'750 / 135'400, 291 m s.l.m., ca. 1 km a valle del rilascio della centrale AET Nuova Biaschina;
- Lodrino, località Cave Bignasca, ca. 2.2 km a valle del rilascio della centrale OFIBLE Biasca (coord. 718'880 / 129'540, ca. 265 m s.l.m., km 29.4).

I dati delle due fasi di studio del drift non sono direttamente paragonabili in ragione della differenza di maglia dei retini (500 µm per la fase I, 100 µm per la fase II).

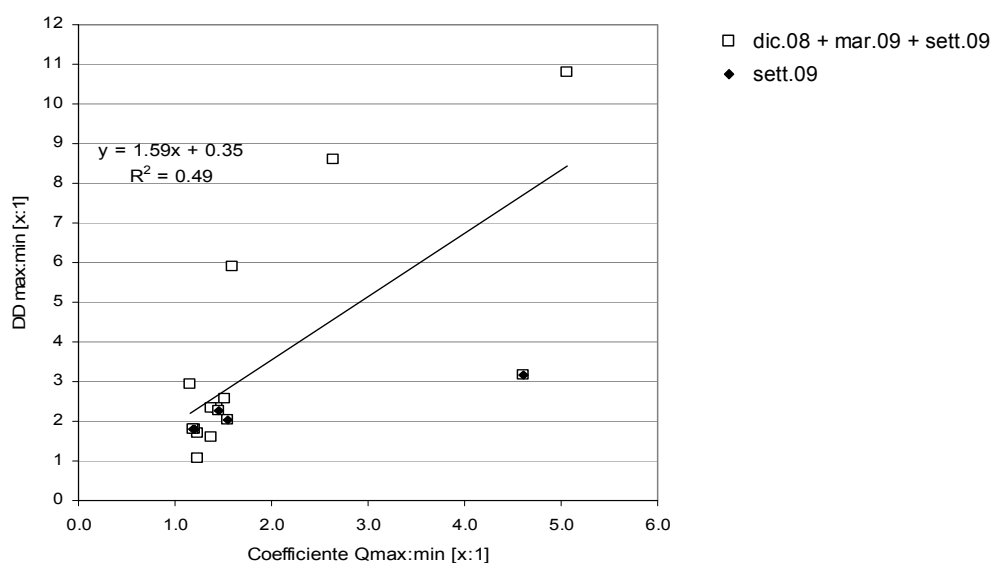
I programmi di rilascio della fase II sono stati concepiti in modo tale da testare i seguenti scenari:

- Scenario 1 – Esercizio normale. Questo scenario rappresenta la situazione tipica dei mesi invernali, ed è caratterizzato dall'assenza completa di rilasci durante le ore notturne e da una produzione medio-alta durante le ore diurne.
- Scenario 2 – Deflusso di piena mitigato. Questo scenario rappresenta una situazione parzialmente risanata mediante riduzione della portata di piena artificiale (es: riduzione della produzione, effetto di un bacino di demodulazione). Esso è caratterizzato dall'assenza completa di rilasci durante le ore notturne e da un rilascio medio-basso durante le ore diurne.



- Scenario 3 – Deflusso di magra mitigato. Questo scenario rappresenta una situazione parzialmente risanata mediante l'aumento del deflusso di magra durante le ore notturne (es: effetto di un bacino di demodulazione, risanamento del deflusso minimo). Il deflusso di piena è invece identico a quello dello scenario 1.
- Scenario 4 – Esercizio ottimizzato. Questo scenario rappresenta una situazione ottimale sotto vari punti di vista: aumento del deflusso di magra durante le ore notturne (effetto di un bacino di demodulazione, risanamento del deflusso minimo), riduzione del deflusso di piena (es: riduzione della produzione, effetto di un bacino di demodulazione) e aumento graduale della portata (es: effetto di un bacino di demodulazione, gestione della produzione).

## 6.2.2 Risultati – Fase I

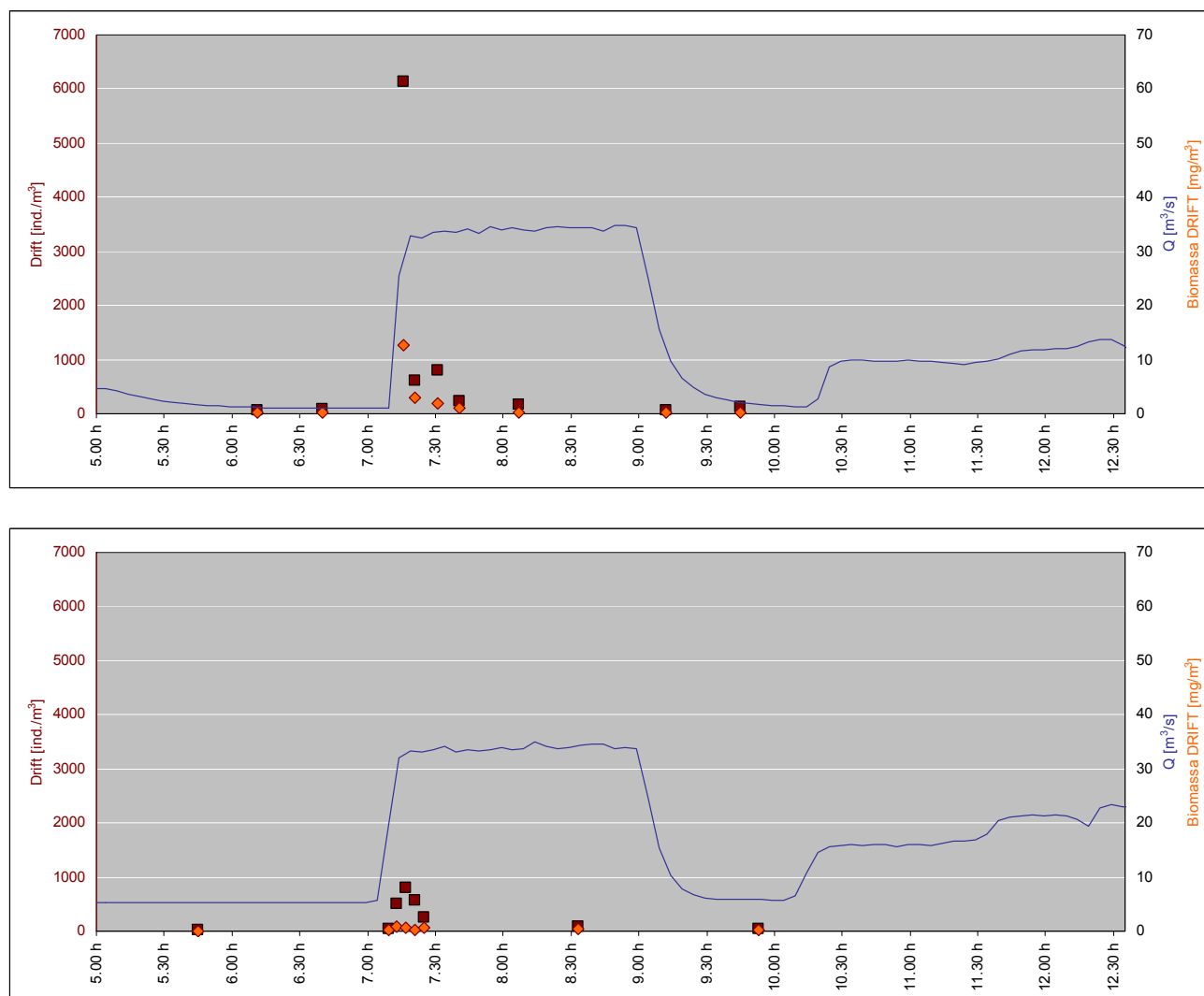


**Figura 34:** Correlazione tra il rapporto della densità del drift ( $DD_{max:min}$ ) e coefficiente  $Q_{max}/Q_{min}$  nelle 5 stazioni di studio. I dati della campagna estiva (settembre 2009) variano in modo differente rispetto alle due campagne invernali (dicembre 2008 e marzo 2009).

Dai risultati della fase I dello studio del drift emerge l'influenza preponderante di alcuni fattori idrologici sul fenomeno del drift. È particolarmente significativo il ruolo del coefficiente tra deflusso dell'onda di piena e deflusso di magra (coefficiente  $Q_{max}/Q_{min}$ ), il quale risulta positivamente correlato con il rapporto tra densità del drift con l'onda di piena e con deflusso di magra ( $DD_{max:min}$ ). Come si evince dal grafico (Figura 34), i dati di settembre 2009 tendono a variare in modo differente rispetto al periodo invernale (dicembre 2008 e marzo 2009): ciò è da attribuirsi soprattutto al drift con deflusso di magra del mese di settembre, particolarmente elevata a Pollegio e Biasca. Un altro parametro strettamente correlato con il rapporto tra densità del drift con l'onda di piena e con deflusso di magra ( $DD_{max:min}$ ) è il tasso di incremento del livello idrico ( $dH/dt$ ), anche in questo caso con differenze importanti tra i dati invernali e quelli estivi (grafico disponibile nel rapporto di dettaglio).

Inoltre, i dati raccolti mostrano alcune importanti differenze tra le 5 stazioni: la stazione 1 di Pollegio è quella caratterizzata dai valori più elevati sia per quanto riguarda la densità del drift con onda di piena ( $DD_{max}$ ), sia per il rapporto tra drift con onda di piena e drift in condizioni di magra ( $DD_{max:min}$ ), seguita dalla stazione 2 - Biasca e dalla stazione 3 - Claro. Quest'ultima, malgrado la naturalità dell'alveo e la distanza relativamente elevata dai principali rilasci, si caratterizza per rapporti  $DD_{max:min}$  piuttosto elevati. Le due stazioni a valle, 4 - Bellinzona e 5 - Riazino, si confermano invece come meno problematiche anche dal profilo del drift.

### 6.2.3 Risultati – Fase II



**Figura 35:** Esempi di andamento del drift durante lo scenario 1 (in alto, con  $Q_{max}/Q_{min}$  pari a 30:1) e lo scenario 3 (in basso, con  $Q_{max}/Q_{min}$  pari a 6.4:1): densità del drift (DD, in rosso) e biomassa del drift (DM, in arancione). Per altri scenari e indicatori, riferirsi al rapporto di dettaglio.

Durante la fase II di studio del drift è stato rilevato l'andamento di diversi indicatori ecologici (inorganici e organici): solidi sospesi totali (SST), materia organica particolata (MOP, composta soprattutto da alghe filamentose e detrito) e macroinvertebrati alla deriva (drift, proporzione del drift e biomassa). Tali indicatori sono stati messi in relazione all'evoluzione dei parametri idrologici, subendo variazioni differenti a seconda della stazione di misura e dello scenario di rilascio (Figura 35).

L'andamento degli indicatori ecologici studiati (MOP, SST, DD, DM, DP, cf. Tabella 15) mostra valori considerati non critici in situazioni dove i coefficienti  $Q_{max}/Q_{min}$  risultano inferiori a 6.5:1. Con coefficienti  $Q_{max}/Q_{min}$  superiori a tale valore soglia, gli effetti sugli indicatori abiotici (MOP e SST) sono considerati ecologicamente sfavorevoli, mentre quelli sul drift (DD, DM e DP) sono considerati catastrofici.

**Tabella 15: Parametri idrologici (sopra) ed ecologici (al centro e sotto) rilevati durante la fase II.** Legenda: Q = deflusso; dH/dt = tasso di incremento dell'altezza idrica; dT = variazione di temperatura; SST = solidi sospesi totali; MOP = detriti e alghe (materia organica particolata); DD = densità del drift; DM = biomassa del drift [mg/m<sup>3</sup>]; DP = Proporzione del drift secondo la formula di Elliott (1967, cf. rapporto di dettaglio).

| Parametro                           | Unità              | Scenario 1<br>19.04.2010 |         | Scenario 2<br>20.04.2010 |         | Scenario 3<br>21.04.2010 |         | Scenario 4<br>22.04.2010 |         |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
|                                     |                    | Pollegio                 | Lodrino | Pollegio                 | Lodrino | Pollegio                 | Lodrino | Pollegio                 | Lodrino |
| Q <sub>max</sub>                    | m <sup>3</sup> /s  | 32.7                     | 80      | 21.7                     | 57      | 33.5                     | 81      | 22.2                     | 59      |
| Q <sub>min</sub>                    | m <sup>3</sup> /s  | 1.1                      | 16      | 0.95                     | 12      | 5.2                      | 23      | 5.2                      | 24      |
| Q <sub>max</sub> /Q <sub>min</sub>  | -                  | 29.7                     | 5       | 22.8                     | 4.8     | 6.4                      | 3.5     | 4.3                      | 2.5     |
| Q <sub>min</sub> /Q <sub>LPac</sub> | -                  | 0.5                      | 5.4     | 0.4                      | 4.1     | 2.4                      | 7.8     | 2.4                      | 8.1     |
| dH/dt                               | cm/min             | 3.4                      | 1.4     | 2.9                      | 1.2     | 2                        | 0.7     | 1                        | 0.5     |
| dT                                  | °C                 | -1.4                     | -2.6    | -1.7                     | -1.8    | -0.5                     | -1      | -0.5                     | -0.5    |
| SST <sub>max</sub>                  | g/m <sup>3</sup>   | 40                       | 31      | 15                       | 8.1     | 22                       | 15.2    | 12.8                     | 5.2     |
| SST <sub>min</sub>                  | g/m <sup>3</sup>   | 1.1                      | 1.9     | 0.4                      | 1.7     | 2.4                      | 1.2     | 1.5                      | 1.6     |
| SST <sub>max:min</sub>              | -                  | 36.4                     | 16.3    | 42.9                     | 4.8     | 9.2                      | 12.7    | 8.5                      | 3.3     |
| MOP <sub>max</sub>                  | ml/m <sup>3</sup>  | 50                       | 23      | 26                       | 11.5    | 37                       | 17.2    | 22                       | 8.1     |
| MOP <sub>min</sub>                  | ml/m <sup>3</sup>  | 0.7                      | 2.3     | 1                        | 2       | 2                        | 2.3     | 2.2                      | 2.3     |
| MOP <sub>max:min</sub>              | -                  | 71.4                     | 10      | 27.4                     | 5.9     | 18.5                     | 7.5     | 10                       | 3.5     |
| DD <sub>max</sub>                   | ind/m <sup>3</sup> | 6'136                    | 725     | 3261                     | 363     | 794                      | 498     | 231                      | 168     |
| DD <sub>min</sub>                   | ind/m <sup>3</sup> | 74                       | 48      | 151                      | 53      | 18.5                     | 24      | 26                       | 18      |
| DD <sub>max:min</sub>               | -                  | 83                       | 15.1    | 21.6                     | 6.8     | 42.9                     | 20.8    | 8.9                      | 9.4     |
| DM <sub>max</sub>                   | mg/m <sup>3</sup>  | 1'270                    | 267     | 659                      | 270     | 90                       | 199     | 38                       | 91      |
| DM <sub>min</sub>                   | mg/m <sup>3</sup>  | 14.6                     | 7.1     | 17.3                     | 9       | 6.9                      | 15.7    | 6.4                      | 13.7    |
| DM <sub>max:min</sub>               | -                  | 87                       | 37.6    | 38.1                     | 28.7    | 13                       | 12.7    | 5.9                      | 6.6     |
| DP <sub>max</sub>                   | %                  | 39                       | 3.6     | 8.9                      | 3.9     | 2.4                      | 3.3     | 0.24                     | 1       |
| DP <sub>min</sub>                   | %                  | 0.05                     | 0.1     | 0.06                     | 0.35    | 0.1                      | 0.4     | 0.09                     | 0.3     |
| DP <sub>max:min</sub>               | -                  | 786                      | 40      | 148                      | 11      | 48                       | 9       | 3                        | 3       |

Secondo diverse direttive citate in Portmann *et al.* (2004), concentrazioni di SST fino a 25 g/m<sup>3</sup> (o mg/l) vengono valutate come non problematiche per la fauna ittica. Anche nel caso peggiore da noi testato la concentrazione di SST si mantiene in una fascia di valori considerati non critici: ad esempio, con Q<sub>max</sub>/Q<sub>min</sub> di oltre 30:1 (scenario 1, Pollegio), il tenore di SST non supera i 40 g/m<sup>3</sup>. Tuttavia in termini relativi l'incremento è importante: durante lo scenario 1 a Pollegio, il fattore è di 36 per SST e di 71 per MOP. Tale aumento relativo è da considerarsi sfavorevole dal profilo ecologico alla stessa stregua di un valore assoluto più elevato (Portmann *et al.*, 2004).

I valori assoluti di densità del drift (DD) sono superiori a quelli rilevati presso altri fiumi sottoposti ai deflussi discontinui (Limnex 2006, 2009) sia per quanto concerne i deflussi di magra (con valori compresi tra 20 e 150 ind/m<sup>3</sup>) sia per quanto riguarda i deflussi di piena (con valori fino a oltre 6'000 ind/m<sup>3</sup>, cf. Tabella 15). La parte preponderante di questi organismi alla deriva (drift) è costituita da larve di Chironomidae (50-70%) e anellidi oligocheti di piccola taglia (30-40%), mentre gli altri gruppi considerati globalmente non eccedono il 10% del campione (Simuliidae, Gammaridae, Baetidae, Leuctridae, Rhyacophilidae, Physcomiidae, Elmidae, ecc.). La biomassa del drift (DM) presenta un andamento analogo a quello della densità del drift.

Nei fiumi Linth e Hasliaare è stato fissato un valore limite indicativo per la proporzione del drift (DP) tra 1% e 3%, al di sopra del quale la deriva di organismi viene considerata eccessiva ("drift catastrofico"). Tale valore limite è stato determinato in seguito a numerose esperienze di misurazione del drift effettuate in vari corsi d'acqua svizzeri (Limnex, 2001, 2006, 2009; Marrer & Spörri, 2003; Uhlmann, 2001), ma finora non è ancora consolidato

scientificamente (Gibbins et al., 2007). Nel fiume Ticino la DP<sup>6</sup> si mantiene all'interno della fascia tra 1% e 4% fintanto che il coefficiente  $Q_{max}/Q_{min}$  non supera 6.5:1<sup>7</sup>. In occasione dei due scenari con coefficiente  $Q_{max}/Q_{min}$  maggiore a 6.5:1 (scenari 1 e 2 a Pollegio), la proporzione del drift raggiunge valori di 39% rispettivamente 9% (Tabella 15). Ciò significa che, all'apice dell'onda di piena, una percentuale compresa tra un terzo a un decimo della comunità macrobentonica viene trascinata a valle, cosa che indubbiamente è da considerarsi come "drift catastrofico". Un dilavamento della fauna di tale entità accade naturalmente solo poche volte all'anno in occasione di eventi di piena importanti. I picchi di densità del drift e di proporzione del drift sopra descritti sono comunque limitati ad un breve periodo di tempo (generalmente pochi minuti) durante la fase più intensa dell'aumento di portata, mentre durante le fasi successive dell'onda di piena, anche se il deflusso di piena  $Q_{max}$  rimane costante, il drift torna a livelli decisamente bassi.

L'aumento relativo degli indicatori studiati (MOP, SST, DD; DM, DP) dipende non solo dal coefficiente  $Q_{max}/Q_{min}$  ma anche, e in modo esponenziale, dal tasso di incremento del livello idrico (dH/dt, cf. Figura 36). Il superamento dei valori soglia indicativi sopra menzionati (SST > 30 g/m<sup>3</sup> e proporzione del drift > 4%) può verificarsi a partire da valori di incremento idrico<sup>8</sup> pari a ca. 2 cm/min. È tuttavia difficile quantificare con maggiore precisione il valore limite di questo parametro idrologico, dato che le sonde hanno misurato il livello ad intervalli di 5 min. Inoltre, tale valore limite non può essere confrontato con altri dati di letteratura che si basano su intervalli di misurazione differenti e talvolta sconosciuti (BAUMANN & KLAUS, 2003), poiché la durata dell'intervallo di misurazione ha un influsso significativo sulla determinazione del tasso di incremento e decremento del livello idrico (Limnex, 2006). Gli studi di Pfaundler & Keusen (2007) hanno rilevato negli ultimi anni una tendenza all'aumento dei tassi di dH/dt per le variazioni di deflusso a Pollegio con normale produzione idroelettrica. Secondo lo stesso studio, fino al 2003 compreso, gli episodi di incremento del livello idrico con tasso superiore a 2 cm/min sono sporadici, mentre invece nel biennio 2004 e 2005 questi diventano preponderanti, con oltre il 50% delle occorrenze.

Un ulteriore fattore che influisce in modo significativo sull'aumento relativo degli indicatori studiati (MOP, SST, DD, DM e DP) è il coefficiente  $Q_{min}:Q_{LPAC}$ , ovvero il rapporto tra il deflusso di magra e il deflusso minimo residuale ai sensi dell'Art.31 cpv. 1 della Legge federale del 24 gennaio 1991 sulla protezione delle acque (LPAC). In occasione degli scenari 1 e 2 a Pollegio, i deflussi di magra sono pari a ca. 1 m<sup>3</sup>/s e quindi nettamente inferiori al deflusso minimo ai sensi della LPAC, che in questo tratto dovrebbe essere 2.2 m<sup>3</sup>/s (Tabella 15). Il deflusso di magra è anche decisivo nel determinare l'elevato coefficiente  $Q_{max}/Q_{min}$ . I dati raccolti suggeriscono che il deflusso di magra influisce sul comportamento del corso d'acqua a prescindere dall'effetto dell'onda di piena artificiale: con la diminuzione del coefficiente  $Q_{min}:Q_{LPAC}$ , aumenta la densità del drift misurata durante la fase di magra (DD<sub>min</sub>). Essa raggiunge un valore di 150 ind/m<sup>3</sup>, che in altri corsi d'acqua sottoposti ai deflussi discontinui si registra solo in occasione dell'onda di piena. Ciò significa che i macroinvertebrati cercano di sottrarsi alle condizioni sfavorevoli causate da un deflusso di magra troppo basso attraverso un'attività di drift più elevata. Con l'aumentare del deflusso di magra (scenari 3 e 4) si osserva una riduzione del drift di magra (DD<sub>min</sub>), fino a 20 ind./m<sup>3</sup>. Questi valori sono molto più simili a quelli rilevati in molti altri corsi d'acqua svizzeri, dove la densità del drift di magra non eccede solitamente 10 ind./m<sup>3</sup> (Limnex, 2001).

<sup>6</sup> Per il metodo di calcolo della DP, si veda il rapporto di dettaglio.

<sup>7</sup> Tale valore non è il risultato di un'analisi statistica della curva, ma si evince direttamente dai grafici (cf. rapporto di dettaglio).

<sup>8</sup> Nell'ambito del presente studio, tale valore è stato calcolato sulla base di dati registrati con intervallo pari a 5 minuti, e trasformati a 10 minuti a scopo di paragone con altri studi.

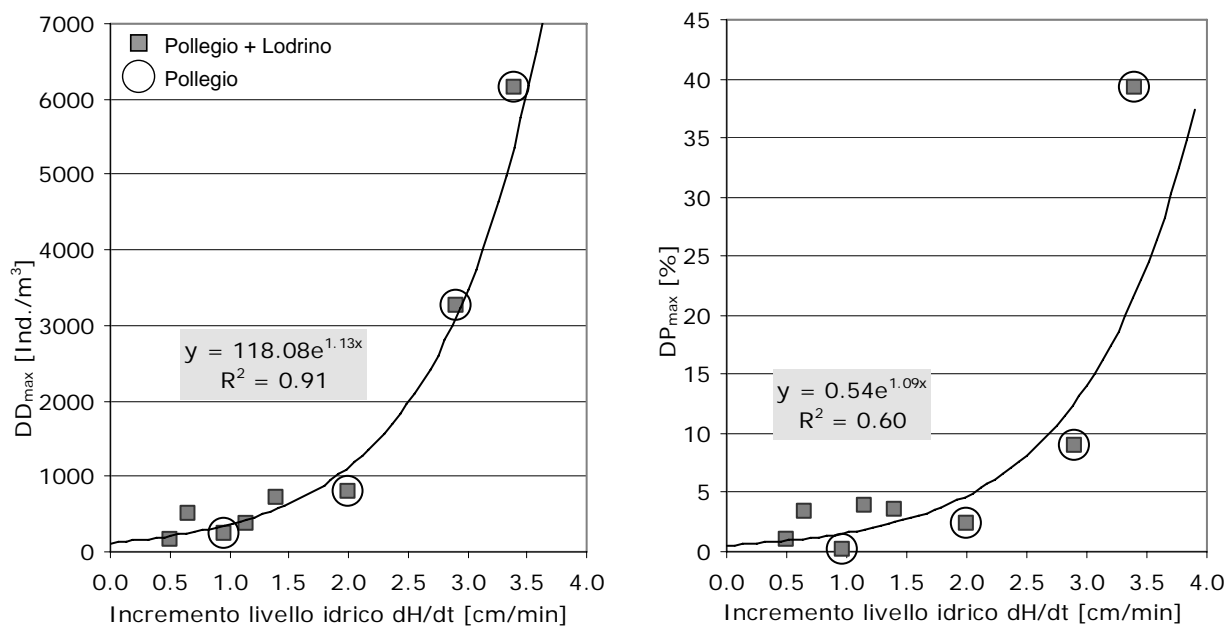


Figura 36: Indicatori ecologici ( $DD_{max}$ ,  $DP_{max}$ ) in funzione del tasso di incremento del livello idrico dH/dt .

Lo spiaggiamento di organismi durante la fase discendente dell'onda di piena non è stato oggetto di ricerche approfondite durante il presente studio. Ciononostante, a titolo qualitativo abbiamo perlustrato una superficie di ca. 1'000-2'000 m<sup>2</sup> della fascia rimasta a secco al termine della fase discendente dell'onda di piena. La quantità di macroinvertebrati intrappolati all'interno di piccole pozze appare abbondante in entrambe le stazioni e in tutti e quattro gli scenari. Le differenze tra scenari sono più evidenti per quanto attiene allo spiaggiamento della fauna ittica: al termine dello scenario 1, sono stati rinvenuti 6 avannotti di trota fario a Pollegio e 1 scazzone adulto a Lodrino (Figura 37); al termine dello scenario 3, è stato rinvenuto un unico avannotto di trota fario a Lodrino; al termine degli scenari 2 e 4 non sono stati trovati pesci spiaggiati all'interno della superficie indagata<sup>9</sup>.



Figura 37: Spiaggiamento di pesci durante lo scenario 1 (19 aprile 2010). Sinistra: avannotto di trota fario a Pollegio; destra: scazzone a Lodrino.

<sup>9</sup> Il tasso di decremento del livello idrico (dH/dt) è un fattore sensibile. A Pollegio, durante lo scenario 1, sono stati registrati valori pari a -2.1 cm/min (considerando un intervallo di 10 minuti). Si tratta di valori molto elevati se confrontati ad altri corsi d'acqua con deflussi discontinui.

Le correlazioni sopra menzionate sono condizionate fortemente dai valori elevati di SST, MOP e drift rilevati a Pollegio durante gli scenari 1 e 2 del 19 rispettivamente 20 aprile. Queste devono essere considerate come tendenze, e non possono essere utilizzate per valutare altri scenari o stazioni sul fiume Ticino, né su altri corsi d'acqua. I risultati del presente studio possono essere confrontati con misurazioni del drift presso fiumi caratterizzati ai deflussi discontinui, quali il fiume Linth nel Canton Glarona (Limnex, 2006) e il fiume Hasliaare nel Canton Berna (Limnex, 2009). In questi casi si osserva in particolare una tendenza all'aumento esponenziale di MOP e densità del drift con l'aumentare del tasso  $dH/dt$ . Le curve di regressione sono tuttavia sfasate rispetto a quelle del Fiume Ticino, e con altri indicatori (densità del drift, concentrazione massima di SST, coefficiente  $Q_{\max:\min}$ ) si ottengono correlazioni sostanzialmente non paragonabili. Ciò conferma il principio secondo il quale ogni corso d'acqua reagisce in modo diverso alle variazioni di deflusso dovute alla regimazione idroelettrica, e perciò non è possibile fornire dei valori limite univoci. Per il solo fiume Ticino, le indagini effettuate in due tratti di studio sui 4 scenari di regimazione idroelettrica hanno evidenziato interessanti relazioni tra i parametri dell'onda di piena da una parte e gli indicatori biotici e abiotici dall'altra. Tali relazioni costituiscono elementi validi per la ricerca di modalità di produzione idroelettrica più compatibili dal profilo ecologico.

### 6.3 Considerazioni conclusive relative ai macroinvertebrati

I dati relativi ai macroinvertebrati bentonici ottenuti attraverso l'applicazione del metodo previsto dall'IBGN hanno evidenziato degli elementi di perturbazione nelle stazioni 1 - Pollegio, 2 - Biasca e 3 - Claro, che corrispondono alla porzione del Ticino più a monte e maggiormente interessata dai rilasci delle centrali (Bassa Leventina e Riviera).

I dati raccolti nell'ambito dello studio del drift indicano che la regimazione idroelettrica dei deflussi produce effetti ecologicamente sfavorevoli nelle seguenti condizioni idrologiche:

- quando il rapporto tra deflusso massimo e deflusso di magra ( $Q_{\max}/Q_{\min}$ ) è superiore a 6.5:1;
- quando il tasso di incremento del livello idrico ( $dH/dt$ ) è superiore a 2 cm/min;
- quando il deflusso di magra è inferiore al deflusso minimo residuale ai sensi della LPAC

Queste condizioni idrologiche si verificano frequentemente soprattutto nel tratto 1 (rilascio AET Nuova Biaschina – foce Brenno), mentre nel tratto 2 (foce Brenno – rilascio OFIBLE Biasca) e nel tratto 3 (rilascio OFIBLE Biasca – foce Moesa) le stesse si verificano meno frequentemente o in modo meno marcato.

Gli effetti ecologicamente sfavorevoli dei deflussi discontinui evidenziati durante lo studio del drift, unitamente all'evoluzione dei dati idrologici negli ultimi decenni, sono in accordo con quanto osservato a livello di comunità macrobentonica, con le stazioni 1, 2 e 3 caratterizzate da indici biologici relativamente bassi e da una tendenza al peggioramento rispetto alla situazione degli anni '90. Per l'ultima porzione del Ticino, che comprende i tratti 4 e 5 (dalla confluenza con la Moesa alla foce), si conferma invece una valutazione globalmente positiva. In generale, pur non potendo escludere gli effetti dovuti a perturbazioni di tipo chimico, meccanico o altro (es: intorbidamenti, alterazioni della temperatura e del pH, immissione di sostanze inquinanti, ecc.), si può affermare che gli indici biologici (IBGN, IBE) forniscono un'immagine realistica dello stato del fiume Ticino in relazione ai deflussi discontinui.

## 7. SINTESI PER TRATTO

L'insieme delle informazioni raccolte durante questo studio e i dati disponibili sono stati cartografati e riportati in Figura 38.

**Figura 38** Sintesi degli elementi analizzati e dei rilievi effettuati (SWISSIMAGE©2010 swisstopo DVD23212); vedi pagina seguente.

Attenzione, inserimento cartina in formato A3

I risultati e le conclusioni ottenuti dai vari settori di studio (Idrologia / Fisica-chimica / Ittiologia / Macroinvertebrati macrobentonica) sono stati analizzati nel dettaglio in modo indipendente (rapporti specifici sintetizzati nei capitoli precedenti), e in seguito confrontati tra loro in modo da realizzare una diagnosi globale. Quest'ultima è stata elaborata riunendo in plenum tutti i partner dello studio, ciò che ha permesso di maturare riflessioni stimolate da punti di vista differenti e di mettere così in evidenza i principali pregi, ma soprattutto i problemi, di ogni tratto, identificando quelli che concernono i deflussi discontinui. Una scheda di sintesi riassume le principali conclusioni:

- In primo luogo, viene fornita una descrizione e una carta che permette di localizzare il tratto di studio.
- Viene fornita una descrizione della qualità attuale (con l'aiuto dei colori), con i commenti essenziali per una corretta comprensione (parametri determinanti).
- L'impatto dei deflussi discontinui sul tratto di studio è valutato con una scala a 3 livelli (**debole, medio, elevato**).
- Vengono elencati brevemente i principali obiettivi da raggiungere per il tratto in esame.
- Le misure possibili che permettono di migliorare la situazione e raggiungere gli obiettivi prefissi sono elencate.

### Significato dei colori:

Stato attuale

Buono

Soddisfacente

Mediocre

Cattivo

I 5 tratti di studio possono essere qualificati nel modo seguente :

- **Tratto 1:** Questo tratto a monte è quello che soffre maggiormente dei deflussi discontinui. In effetti, il rilascio AET ha un forte impatto a causa dei deflussi minimi insufficienti (creando così un rapporto  $Q_{max}/Q_{min}$  elevato), ma anche a causa di una morfologia restrittiva che non permette il divagamento del fiume. Gli habitat piscicoli sono limitati e gli ambienti rifugio estremamente rari (solo qualche masso offre possibilità di rifugio). La comunità macrobentonica presente è squilibrata a causa dei deflussi discontinui ; la qualità biologica è insufficiente e il drift importante. Colmatazione, mobilizzazione del fondo e qualità delle acque non presentano particolari criticità.
- **Tratto 2:** Anche se la morfologia di questo tratto è simile al tratto 1, l'impatto dei deflussi discontinui è meno elevato, essenzialmente grazie a un deflusso minimo più elevato legato all'apporto del Brenno. L'habitat piscicolo è leggermente migliore (habitat mediamente diversificato), ma le zone di rifugio sono troppo lontane tra loro e non offrono una buona risposta ai rapidi cambiamenti delle condizioni ambientali. La qualità biologica indicata dalla fauna macrobentonica rimane insufficiente e il drift importante. Colmatazione, mobilizzazione del fondo e qualità delle acque non presentano particolari criticità.
- **Tratto 3:** L'impatto dei deflussi discontinui rimane comunque ancora ben presente (drift sempre importante) ma è attenuato dal rilascio della centrale OFIBLE che si aggiunge a quella dell'AET. In effetti, il rapporto  $Q_{max}/Q_{min}$  è ridotto grazie al deflusso di base più elevato generato dal turbinaggio permanente svolto da OFIBLE durante lo studio. Si tratta quindi di una constatazione che si applica alla situazione osservata, ma che potrebbe però cambiare in futuro. D'altra parte, la morfologia del Ticino è prossima allo stato naturale (zone di esondazione, banchi alternati), e presenta una buona diversità di habitat con numerose zone rifugio per gli avannotti durante le ondate di piena. Malgrado il forte rischio di spiaggiamento dei pesci quanto il livello dell'acqua si abbassa e una porzione più vasta di superfici sottoposte ai deflussi discontinui (le zone di espansione presentano una maggiore vulnerabilità ai deflussi discontinui), questo tratto presenta globalmente un valore biologico più elevato e soprattutto un grande potenziale di miglioramento. La qualità della fauna macrobentonica, seppur rimanendo insufficiente, è leggermente migliore rispetto ai tratti a monte. Mobilizzazione del fondo e qualità delle acque non presentano particolari criticità. La colmatazione non risulta problematica ma comunque superiore alle tratte a monte.
- **Tratto 4:** Questo è il tratto più lontano dai luoghi di rilascio ; l'impatto sembra essere meno importante. Il rapporto  $Q_{max}/Q_{min}$  è ancora maggiormente attenuato dal deflusso della Moesa, e in seguito della Morobbia, anche se questi affluenti subiscono anch'essi gli effetti dello sfruttamento idroelettrico. La qualità biologica della fauna macrobentonica migliora (passa alla categoria « soddisfacente ») e il drift è meno problematico che nei tratti a monte. Gli habitat piscicoli sono tuttavia mediamente diversificati



(tratto molto simile al tratto 2), con un alveo maggiormente incanalato. Colmatazione, mobilizzazione del fondo e qualità delle acque non presentano particolari criticità.

- **Tratto 5:** Questo tratto soffre più dell'assenza di dinamica che degli effetti dei deflussi discontinui, poiché fortemente incanalato e senza possibilità di divagamento. La distanza dai luoghi di rilascio e il deflusso di base più elevato attenuano gli effetti negativi delle variazioni legate allo sfruttamento idroelettrico. Il drift non appare più così problematico. Dal punto di vista piscicolo, l'habitat è molto omogeneo ; gli unici rifugi sono offerti dai blocchi che compongono gli argini sulle due sponde. Colmatazione, mobilizzazione del fondo e qualità delle acque non presentano particolari criticità.

## 7.1 Tratto 1

|   |  |   |                               |
|---|--|---|-------------------------------|
| <b>Tratto 1</b>                           | <b>Rilascio AET Nuova Biaschina – Foce Brenno</b>  |   |                               |
| <b>Ubicazione</b>                         | 714'755 / 135'880 - 716'530 / 135'080  | 315 - 289 m slm   | km 37.520 - 35.580            |
| <b>Mappa</b>                              |  |   |                               |
| <b>Caratteristiche</b>                    | <p><b>Rilascio AET</b></p> <p><b>Affluenti : scarico Alptransit</b></p> <p><b>Lungh.: 1'940 m</b></p> <p><b>Pendenza: 0.64%</b></p> <p><b>Facies: run, riffles</b></p> |   |                               |
| <b>Stato generale</b>                     |  |   | <b>Effetto deflussi disc.</b> |
| <b>Ecomorfologia</b>                      |  | Classe ecomorfologica 3 (tratto mediamente compromesso)<br>Soglie fisse presso stazione UFAM e a valle rilascio AET<br>$Q_{min}$ limita molto la disponibilità di habitat   | medio                         |
| <b>Idrologia secondo i dati 2008-2010</b> |  | Tratto a monte AET con deflusso residuale. $Q_{min}$ molto ridotto (media < 2 m <sup>3</sup> /s in inverno, 40% del tempo < 1 m <sup>3</sup> /s)<br>$Q_{max}/Q_{min}$ medio = 19 (annuale) - 25 (invernale)<br>$Q_{max}/Q_m$ 95-percentile = 45 (annuale) - 43 (invernale)  | elevato                       |
| <b>Qualità delle acque</b>                |  | $\Delta T$ medio = 2.2 °C (annuale) - 2.4 °C (invernale).<br>Rilasci AET --> raffreddamento sia in inverno che in estate<br>Qualità acqua buona, nessun effetto dei rilasci   | debole                        |
| <b>Qualità dell'alveo</b>                 |  | Colmatazione: debole-media<br>Mobilizzazione fondo: debole  | debole                        |
| <b>Aspetti piscicoli</b>                  |  | Scarsità di zone di frega, momenti di secca quotidiani, perturbazioni termiche.<br>Variazioni estreme dell'habitat tra $Q_{max}$ e $Q_{min}$ per tutte le classi d'età. Forte rischio di dilavamento degli avannotti. Genitori presenti solo con deflussi elevati durante la produzione di energia idroelettrica (spostamenti). | elevato                       |
| <b>Macroinvertebrati bentonici</b>        |  | Punteggio IBGN medio pari a 11.5 (insufficiente). Dominanza di ubiquisti; assenza di taxa reofili ad elevato valore indicatore.<br>Peggioramento della situazione rispetto al 1990-91 (IBGN 13).  | medio                         |
| <b>Drift</b>                              |  | Drift catastrofico osservato con onde di piena abituali ( $Q_{max}/Q_{min} > 6.5:1$ ; $dH/dt > 2$ cm/min); effetti negativi anche sul drift di magra, con incremento dell'attività di drift in presenza di deflussi inferiori al deflusso minimo residuale secondo LPAC (2.2 m <sup>3</sup> /s).                                | elevato                       |

|                        |   |  |                    |
|------------------------|---|--|--------------------|
| <b>Tratto 1</b>        | <b>Rilascio AET Nuova Biaschina – Foce Brenno</b>   |  |                    |
| <b>Ubicazione</b>      | 714'755 / 135'880 - 716'530 / 135'080   | 315 - 289 m slm  | km 37.520 - 35.580 |
| <b>Obiettivi</b>       | <b>Limitare le variazioni giornaliere dei deflussi discontinui per migliorare la qualità degli ambienti acquatici</b> |  |                    |
| <b>Misure proposte</b> | <b>MC 1</b>   | Bacino di demodulazione AET                                    |                    |
|                        | <b>MC 3</b>   | Successione di briglie di fondo in alveo                       |                    |
|                        | <b>MG 5</b>   | Gestione dei rilasci al momento dell'azionamento delle turbine |                    |
|                        | <b>MG 6</b>   | Gestione dei rilasci al momento dell'arresto delle turbine     |                    |
|                        | <b>MG 7</b>   | Gestione del deflusso di magra                                 |                    |

## 7.2 Tratto 2

|  |  |                 |                               |
|--|--|-----------------|-------------------------------|
| <b>Tratto 2</b>                            | <b>Foce Brenno – Rilascio OFIBLE Biasca</b>  |                 |                               |
| <b>Ubicazione</b>                          | 716'530 / 135'080 - 718'615 / 131'630  | 289 - 269 m slm | km 37.520 - 31.600            |
| <b>Mappa</b>                               |  |                 |                               |
| <b>Caratteristiche</b>                     |  |                 |                               |
| <b>Affluenti : Brenno, Riale di Iragna</b> |  |                 |                               |
| <b>Lungh.: 3'980 m</b>                     |  |                 |                               |
| <b>Pendenza: 0.46%</b>                     |  |                 |                               |
| <b>Facies: run, riffles</b>                |  |                 |                               |
| <b>Stato generale</b>                      |  |                 | <b>Effetto deflussi disc.</b> |
| <b>Ecomorfologia</b>                       | <p>Classe ecomorfologica 3 (tratto mediamente compromesso)<br/>Nessuna soglia fissa.<br/>Presenza di zone golenali di importanza cantonale: 9012 Ponte Biasca (Foce Brenno); 9011 Mairano (Iragna).<br/><math>Q_{min}</math> limita molto la disponibilità di habitat.</p> | medio           |                               |
| <b>Idrologia secondo i dati 2008-2010</b>  | <p><math>Q_{min}</math> ridotto (6 m<sup>3</sup>/s in inverno)<br/><math>Q_{max}/Q_{min}</math> medio = 5.5 (annuale) - 6.1 (invernale)<br/><math>Q_{max}/Q_{min}</math> 95-percentile = 12 (annuale) - 11 (invernale)</p>   | elevato         |                               |
| <b>Qualità delle acque</b>                 | <p><math>\Delta T</math> medio = 2.3 °C (annuale) - 2.1 °C (invernale).<br/>Rilasci AET --&gt; raffreddamento sia in inverno che estate<br/>Qualità acqua buona, nessun effetto dei rilasci</p>  | debole          |                               |
| <b>Qualità dell'alveo</b>                  | <p>Colmatazione: media<br/>Mobilizzazione fondo: non presente</p>  | debole          |                               |
| <b>Aspetti piscicoli</b>                   | <p>Zone di frega sufficienti, ottima qualità del substrato, rischio di secca contenuto.<br/>Forte rischio di deriva degli avannotti all'emergenza. Forte rischio di dilavamento degli avannotti in periodo estivo. Riproduttori abituati alle variazioni di deflusso.</p>  | medio           |                               |
| <b>Macroinvertebrati bentonici</b>         | <p>Punteggio IBGN medio pari a 12.0 (insufficiente). Dominanza di ubiquisti; scarsità di taxa reofili ad elevato valore indicatore.<br/>Peggioramento della situazione rispetto al 1990-91 (IBGN 13.5).</p>  | medio           |                               |
| <b>Drift</b>                               | <p>Le condizioni per il drift catastrofico si verificano di frequente (<math>Q_{max}/Q_{min} &gt; 6.5:1</math>; <math>dH/dt &gt; 2</math> cm/min); tuttavia, rispetto al tratto1, la situazione è mitigata dal Brenno (aumento deflussi di magra).</p>                     | elevato         |                               |

|                        |   |  |                    |
|------------------------|---|--|--------------------|
| <b>Tratto 2</b>        | <b>Foce Brenno – Rilascio OFIBLE Biasca</b>   |  |                    |
| <b>Ubicazione</b>      | 716'530 / 135'080 - 718'615 / 131'630   | 289 - 269 m slm                            | km 37.520 - 31.600 |
| <b>Obiettivi</b>       | <b>Limitare le variazioni giornaliere dei deflussi discontinui per migliorare la qualità degli ambienti acquatici</b> |  |                    |
| <b>Misure proposte</b> | <b>MC 1</b>   | Bacino di demodulazione AET (cf. tratto 1) |                    |

### 7.3 Tratto 3

|   |   |                 |                               |
|---|---|-----------------|-------------------------------|
| <b>Tratto 3</b>   | <b>Rilascio OFIBLE Biasca – Foce Moesa</b>  |                 |                               |
| <b>Ubicazione</b>   | 718'615 / 131'630 - 723'490 / 119'830   | 269 - 238 m slm | km 31.600 - 17.700            |
| <b>Mappa</b>  |   |                 |                               |
| <b>Caratteristiche</b>  |   |                 |                               |
| <b>Diversi affluenti:</b><br>Nala, Boggera,<br>Cresciano, Censo,<br>Val Molino,<br>Lodrino, Moleno,<br>Preonzo, Gnosca. |   |                 |                               |
| <b>Lungh.:</b> 13'900 m<br><b>Pendenza:</b> 0.27<br><b>Facies:</b> Run, riffle,<br>pool                                 |   |                 |                               |
| <b>Stato generale</b>   |   |                 | <b>Effetto deflussi disc.</b> |
| <b>Ecomorfologia</b>  | <p>Buona parte classe ecomorfologica 3 (mediamente compromesso), ma anche due ampie zone con classe 2 (poco compromesso). Nessuna soglia fissa importante. Presenza di zone golenali di importanza cantonale: 9010 Iragna (Lodrino); 9009 Scubiago (Claro); 9008 Gorduno (Claro).<br/><math>Q_{min}</math> limita molto la disponibilità di habitat e di zone di frega</p>                                |                 | medio                         |
| <b>Idrologia secondo i dati 2008-2010</b>   | <p><math>Q_{min} &gt; 13 \text{ m}^3/\text{s}</math>, soddisfacente rispetto a tratta a monte<br/><math>Q_{max}/Q_{min}</math> medio = 3.3 (annuale) - 4.2 (invernale)<br/><math>Q_{max}/Q_{min}</math> 95-percentile = 11 (annuale) - 7 (invernale)</p>  |                 | medio                         |
| <b>Qualità delle acque</b>  | <p><math>\Delta T</math> medio = 1.9 °C (annuale) - 1.6 °C (invernale).<br/>Rilasci --&gt; raffreddamento in inverno, riscaldamento in estate<br/>Qualità acqua buona, nessun effetto dei rilasci</p>   |                 | debole                        |
| <b>Qualità dell'alveo</b>   | <p>Colmatazione: media, in alcune zone subito a valle OFIBLE elevata<br/>Mobilizzazione fondo: non presente</p>   |                 | medio                         |
| <b>Aspetti piscicoli</b>  | <p>Zone di frega sufficienti, buona qualità del substrato, ma rischio di secca nei canali secondari. Rischio molto elevato di arenamento di avannotti durante gli abbassamenti quotidiani di livello idrico. Situazione critica quando il deflusso di magra è insufficiente per gli habitat con banchi di ciottoli caratteristici di questo tratto. Riproduttori abituati alle variazioni di deflusso</p> |                 | elevato                       |
| <b>Macroinvertebrati bentonici</b>  | <p>Punteggio IBGN medio pari a 11.8 (insufficiente). Dominanza di Chironomidae, presenza di ubiquisti, scarsità di reofili ad elevato valore indicatore; Situazione critica già nel 1990-91 (IBGN 11).</p>  |                 | medio                         |



|                        |  |  |                    |
|------------------------|--|--|--------------------|
| <b>Tratto 3</b>        | <b>Rilascio OFIBLE Biasca – Foce Moesa</b>   |  |                    |
| <b>Ubicazione</b>      | 718'615 / 131'630 - 723'490 / 119'830  | 269 - 238 m slm  | km 31.600 - 17.700 |
| <b>Drift</b>           | <p>Le condizioni per il drift catastrofico si verificano meno frequentemente rispetto ai tratti 1 e 2 (<math>Q_{max}/Q_{min} &gt; 6.5:1</math>), ma in modo talvolta molto marcato (sovrapposizione AET + OFIBLE).</p> |  | elevato            |
| <b>Obiettivi</b>       | <b>Limitare le variazioni giornaliere dei deflussi discontinui per migliorare la qualità degli ambienti acquatici; garantire delle zone di rifugio costantemente immerse per i pesci</b>                               |  |                    |
| <b>Misure proposte</b> | <b>MC 1</b>  | Bacino di demodulazione AET                                    |                    |
|                        | <b>MC 2</b>  | Bacino di demodulazione OFIBLE                                 |                    |
|                        | <b>MG 5</b>  | Gestione dei rilasci al momento dell'azionamento delle turbine |                    |
|                        | <b>MG 6</b>  | Gestione dei rilasci al momento dell'arresto delle turbine     |                    |
|                        | <b>MG 7</b>  | Gestione del deflusso di magra                                 |                    |
|                        | <b>MAT 8</b>   | Ampliamento dell'alveo e strutturazione ambienti acquatici     |                    |
|                        | <b>MAT 9</b>   | Creazione di ambienti alternativi annessi                      |                    |
|                        | <b>MAT 10</b>  | Creazione di un canale non sottoposto ai deflussi discontinui  |                    |
|                        | <b>MAT 11</b>  | Strutturazione degli ambienti acquatici                        |                    |
|                        | <b>MP 20</b>   | Tratto di riserva di pesca                                     |                    |

## 7.4 Tratto 4

|   |   |  |                               |
|---|---|--|-------------------------------|
| <b>Tratto 4</b>                           | <b>Foce Moesa - Gudo</b>  |  |                               |
| <b>Ubicazione</b>                         | 723'490 / 119'830 - 716'715 / 114'455   | 238 - 209 m slm  | km 17.700 - 7.790             |
| <b>Mappa</b>                              |   |  |                               |
| <b>Caratteristiche</b>                    | <p><b>Affluenti :</b><br/> <b>Traversagna, R. di Gorduno, Sementina, Morobbia, ecc.</b></p> <p><b>Lungh.: 9'910 m</b></p> <p><b>Pendenza: 0.28%</b></p> <p><b>Facies: run, riffle</b></p> |  |                               |
| <b>Stato generale</b>                     |   |  | <b>Effetto deflussi disc.</b> |
| <b>Ecomorfologia</b>                      |   | <p>Tratto diviso in due zone distinte da un punto di vista ecomorfologico: a monte di Monte Carasso con geometria e condizioni di deflusso variabile e a valle con geometria e condizioni di deflusso estremamente monotone. Complessivamente stato ecomorfologico classe 3 (tratto mediamente compromesso). Gudo-Sementina: zona golenale di imp. nazionale (167, Boschetti).</p> | medio                         |
| <b>Idrologia secondo i dati 2008-2010</b> |   | <p><math>Q_{min} &gt; 22 \text{ m}^3/\text{s}</math><br/> <math>Q_{max}/Q_{min}</math> medio = 2.4 (annuale) - 2.6 (invernale)<br/> <math>Q_{max}/Q_{min}</math> 95-percentile = 4 (annuale) - 4 (invernale)<br/>                     Importante influsso "ammortizzante" Moesa</p>  | debole                        |
| <b>Qualità delle acque</b>                |   | <p><math>\Delta T</math> medio = 2.1 °C (annuale) - 1.7 °C (invernale).<br/>                     Rilasci --&gt; raffreddamento in inverno, riscaldamento in estate<br/>                     Qualità acqua buona, nessun effetto dei rilasci</p>  | debole                        |
| <b>Qualità dell'alveo</b>                 |   | <p>Colmatazione: media<br/>                     Mobilizzazione fondo: debole</p>   | medio                         |
| <b>Aspetti piscicoli</b>                  |   | <p>Buona qualità del substrato per le zone di frega. Rischio molto elevato di arenamento di avannotti durante gli abbassamenti quotidiani di livello idrico. Riproduttori abituati alle variazioni di deflusso.</p>  | medio                         |
| <b>Macroinvertebrati bentonici</b>        |   | <p>Punteggio IBGN medio pari a 13.3 (sufficiente). Dominanza di Chironomidae, ma presenza stabile di Plecotteri ad elevato valore indicatore; Situazione analoga a quella del 1990-91 (IBGN 13).</p>   | debole                        |



|                        |   |  |                   |
|------------------------|---|--|-------------------|
| <b>Tratto 4</b>        | <b>Foce Moesa - Gudo</b>  |  |                   |
| <b>Ubicazione</b>      | 723'490 / 119'830 - 716'715 / 114'455   | 238 - 209 m slm  | km 17.700 - 7.790 |
| <b>Drift</b>           | <p>Le condizioni per il drift catastrofico non si verificano praticamente mai (<math>Q_{max}/Q_{min} &gt; 6.5:1</math>, <math>dH/dt &gt; 2</math> cm/min; deflussi di magra superiori al deflusso minimo residuale secondo LPAc).</p> |  | debole            |
| <b>Obiettivi</b>       | <b>Miglioramento degli ambienti acquatici</b>   |  |                   |
| <b>Misure proposte</b> | <b>MC 4</b>   | Braccio laterale di stoccaggio (effetto di laminazione)                        |                   |
|                        | <b>MAT 10</b>   | Creazione di un canale non sottoposto ai deflussi discontinui                  |                   |
|                        | <b>MAA 12</b>   | Traversagna – Eliminazione dei salti di fondo (ev. scala di rimonta per pesci) |                   |
|                        | <b>MAA 13</b>   | Riale di Sementina - Rivitalizzazione dell'asta compromessa                    |                   |
|                        | <b>MAA 14</b>   | Morobbia – Eliminazione dei salti di fondo (ev. scala di rimonta per pesci)    |                   |

## 7.5 Tratto 5

|   |  |   |                               |
|---|--|---|-------------------------------|
| <b>Tratto 5</b>                           | <b>Gudo – Lago Verbano</b>   |   |                               |
| <b>Ubicazione</b>                         | 716'715 / 114'455 – 709'975 / 112'580  | 209 - 193 m slm   | km 7.790 - 0.00               |
| <b>Mappa</b>                              |  |   |                               |
| <b>Caratteristiche</b>                    | <p><b>Affluenti :</b><br/> <b>Progero, Riarena, Trodo, Pesta</b></p> <p><b>Lungh.:</b> 7'790 m</p> <p><b>Pendenza:</b> 0.20%</p> <p><b>Facies:</b> run</p> |   |                               |
| <b>Stato generale</b>                     |  |   | <b>Effetto deflussi disc.</b> |
| <b>Ecomorfologia</b>                      |  | Tratta incanalata con geometria e condizioni di deflusso estremamente monotone. Perimetro bagnato copre tutta la sezione dell'alveo anche con $Q_{min}$ . Poche variazioni delle condizioni di deflusso tra $Q_{max}$ - $Q_{min}$ , velocità di deflusso elevate. Complessivamente stato ecomorfologico classe 3 (mediamente compromesso). Zone golenali di imp. Nazionale (168 Ciossa Antognini; 169 Bolle di Magadino). | medio                         |
| <b>Idrologia secondo i dati 2008-2010</b> |  | $Q_{min} > 22 \text{ m}^3/\text{s}$<br>$Q_{max}/Q_{min}$ medio = 2.4 (annuale) - 2.6 (invernale)<br>$Q_{max}/Q_{min}$ 95-percentile = 4 (annuale) - 4 (invernale)<br>Apporti laterali non influiscono sull'idrologia rispetto a tratto 4  | debole                        |
| <b>Qualità delle acque</b>                |  | $\Delta T$ medio = 2.1 °C (annuale) - 1.7 °C (invernale).<br>Rilasci --> raffreddamento in inverno, riscaldamento in estate<br>Qualità acqua buona, nessun effetto dei rilasci  | debole                        |
| <b>Qualità dell'alveo</b>                 |  | Colmatazione: media (solo valutazione puntuale)<br>Mobilizzazione fondo: debole (solo valutazione puntuale)   | debole                        |
| <b>Aspetti piscicoli</b>                  |  | Grave mancanza di zone di frega. Forte rischio di dilavamento di avannotti (velocità elevata). Impatto limitato sui genitori. La scarsità di ambienti è critica per tutte le classi d'età.  | debole                        |
| <b>Macroinvertebrati bentonici</b>        |  | Punteggio IBGN medio pari a 14.3 (sufficiente). Stazione equilibrata, presenza di Plecotteri ad elevato valore indicatore; leggero miglioramento rispetto al 1990-91 (IBGN 13.5).   | debole                        |
| <b>Drift</b>                              |  | Le condizioni per il drift catastrofico non si verificano praticamente mai ( $Q_{max}/Q_{min} > 6.5:1$ , $dH/dt > 2 \text{ cm}/\text{min}$ ; deflussi di magra superiori al deflusso minimo residuale secondo LPAC).  | debole                        |

|                        |   |   |                 |
|------------------------|---|---|-----------------|
| <b>Tratto 5</b>        | <b>Gudo – Lago Verbano</b>                    |   |                 |
| <b>Ubicazione</b>      | 716'715 / 114'455 – 709'975 / 112'580         | 209 - 193 m slm   | km 7.790 - 0.00 |
| <b>Obiettivi</b>       | <b>Miglioramento degli ambienti acquatici</b> |   |                 |
| <b>Misure proposte</b> | <b>MAT 8</b>                                  | Ampliamento dell'alveo e strutturazione ambienti acquatici    |                 |
|                        | <b>MAT 9</b>                                  | Creazione di ambienti alternativi annessi                     |                 |
|                        | <b>MAT 10</b>                                 | Creazione di un canale non sottoposto ai deflussi discontinui |                 |
|                        | <b>MAA 15</b>                                 | Valle di Progero – Rivitalizzazione dell'asta compromessa     |                 |
|                        | <b>MAA 16</b>                                 | Valle di Cugnasco - Rivitalizzazione dell'asta compromessa    |                 |
|                        | <b>MAA 17</b>                                 | Valle del Trodo – Rivitalizzazione dell'asta compromessa      |                 |

## 7.6 Considerazioni conclusive sullo stato del fiume

L'impatto dei deflussi discontinui è più importante nel tratto 1 (Rilascio AET Nuova Biaschina – Foce Brenno), dove è considerato elevato dal punto di vista dell'idrologia, degli aspetti ittici e della deriva della fauna macrobentonica, e moderato per gli altri settori investigati. Lo stato generale di questo tratto è cattivo, mentre il suo potenziale in termini di habitat acquatici è elevato. Le misure per il miglioramento della qualità ambientale devono quindi indirizzarsi principalmente verso misure di mitigazione dei deflussi discontinui.

Il tratto 2 (Foce Brenno – Rilascio OFIBLE Biasca), leggermente più a valle rispetto alla zona di rilascio di AET, presenta carenze di minore entità. L'impatto dei deflussi discontinui, sempre giudicato elevato per l'idrologia e la deriva della fauna macrobentonica, è considerato moderato per gli altri aspetti, in particolare quelli ittici. La qualità generale di questo tratto può essere giudicata da cattiva a mediocre. Le misure che saranno prese in considerazione per il tratto 1 situato a monte avranno automaticamente dei benefici anche in questo secondo tratto.

Grazie ad una restituzione supplementare, il tratto 3 (Rilascio OFIBLE Biasca – Foce Moesa) soffre dell'impatto dei deflussi discontinui, stimato ancora elevato per gli aspetti piscicoli (essenzialmente a causa della morfologia più ampia) e della fauna macrobentonica. La qualità globale dell'habitat è mediocre, ma il potenziale è estremamente elevato grazie alla morfologia più diversificata. Anche in questo caso, sono essenziali delle misure di gestione dei deflussi discontinui per attenuarne l'impatto.

A valle, nei tratti 4 (Foce Moesa – Gudo) e 5 (Gudo – Lago Verbano), l'impatto dei deflussi discontinui diventa nettamente meno importante, ed è giudicato da debole a moderato a dipendenza dei settori considerati. La qualità generale del tratto 4 si avvicina ad uno stato quasi soddisfacente. Le misure di miglioramento concernono principalmente gli affluenti laterali, in modo da favorire la creazione di un reticolo idrografico di qualità e offrire delle zone di rifugio meno influenzate dai deflussi discontinui. Il tratto 5 è di qualità inferiore in quanto presenta uno stato giudicato cattivo per gli aspetti piscicoli. L'incanalamento del fiume ha condotto ad un'assenza di habitat favorevoli e di zone di frega. L'impatto dei deflussi discontinui è attenuato in questo tratto, e si rivela pertanto prioritario procedere con misure di rivitalizzazione dell'alveo.

I deflussi discontinui non sembrano avere alcuna influenza su determinati parametri. La colmatazione è per esempio giudicata debole, così come la mobilizzazione dei substrati. Le note IBGN sono relativamente poco influenzate (la qualità idrobiologica non scende al di sotto di 10/20 attestandosi attorno a 11-12, valori considerati comunque insufficienti). Questo indice risponde tuttavia bene ai deflussi discontinui. L'impatto dei deflussi discontinui influenza il popolamento macrobentonico dal punto di vista della deriva, riducendo così l'abbondanza del macrozoobentos. La risorsa alimentare dei salmonidi è quindi fortemente ridotta, ciò che potrebbe limitare la popolazione ittica.

Dal punto di vista ittico, la specie che subisce l'impatto più forte e che sembra maggiormente minacciata è la trota. In effetti, il temolo, la cui popolazione è stata in gran parte osservata nel tratto 3, è meno influenzato.

La qualità generale del fiume è peggiorata soprattutto a causa dei deflussi discontinui che restano il parametro più limitante soprattutto nei periodi idrologicamente più secchi (*étiage*) e durante il periodo di riproduzione della trota fario. Il potenziale biologico del fiume Ticino è elevato, pertanto si rivela prioritario attuare delle misure di gestione dei deflussi minimi per attenuarne l'impatto.

## 8. PROGETTI CONCOMITANTI SUL FIUME TICINO

I progetti di fattibilità per la rinaturazione del fiume Ticino nel tratto dei Boschetti di Sementina e all'altezza di Cugnasco (Ciossa Antognini), elaborati nel 2004 dal Laboratorio di idraulica, idrologia e glaciologia del politecnico federale di Zurigo (VAW) dovrebbero essere approfonditi nei prossimi anni tenendo in debita considerazione i risultati del presente studio.

Il Piano di utilizzazione cantonale (PUC) per gli impianti di produzione idroelettrica in Val d'Ambra (Personico) dovrebbe nel limite del possibile tenere in considerazione i risultati di questo studio, in particolare occorrerebbe discutere e studiare la possibilità di utilizzare i nuovi volumi d'accumulo per mitigare l'impatto dei deflussi discontinui nel fiume Ticino.

Eventuali progetti di valorizzazione naturalistica delle zone golenali lungo il Fiume Ticino o delle aste laterali dovrebbero pure tenere in considerazione i risultati di questo studio.

Gli ulteriori studi d'approfondimento dovranno certamente essere coordinati con i progetti in corso.

## 9. DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

Le informazioni ottenute e le conclusioni avanzate fino a questo punto dell'analisi permettono di identificare degli interventi di mitigazione ambientale e di inserirli nei settori in cui potranno rivelarsi particolarmente efficaci (benefici più elevati, risposta alle problematiche riscontrate). Le misure si basano da una parte su dati bibliografici raccolti nell'ambito di questo studio e che forniscono dei valori indicativi (in particolare il progetto Rodano-Thur), e d'altro canto sui risultati di terreno (in particolare lo studio della deriva della fauna macrobentonica).

Le conclusioni dell'analisi piscicola conducono a proporre due obiettivi per migliorare la situazione ambientale:

- **Modificazione del regime dei rilasci** : in particolare i giovani cercano i settori prossimi alle sponde, dove l'altezza dell'acqua è più debole e la velocità della corrente è minore. Le improvvise variazioni di deflusso sono quindi problematiche perché incrementano il rischio di spiaggiamento in zone che poi possono prosciugarsi. Le misure che limitano l'effetto dei deflussi discontinui (misure strutturali o di gestione) sarebbe in questo caso molto favorevoli. I tratti maggiormente coinvolti da queste misure sono i tratti 1, 2 e 3 (sapendo che i tratti 4 e 5 più valle trarranno ugualmente beneficio da tutte le misure prese a monte).
- **Gestione dell'habitat** : le zone delle sponde (principalmente massicciate lungo gli argini del Ticino) offrono un habitat rifugio a tutti gli stadi di crescita durante le onde di piena, e in particolare permettono il mantenimento di uno stock di adulti. Di conseguenza la creazione di nascondigli ai bordi del corso d'acqua, ma anche all'interno dell'alveo, permetterebbe di mantenere meglio tutte le fasce di età della fauna ittica. Questa misura concerne principalmente i tratti 4 e 5, ma sarebbe anche estremamente interessante un miglioramento degli habitat e delle strutture nell'ottica di aumentare le zone rifugio sul tratto 3.

I risultati raccolti durante lo studio complementare della deriva dei macroinvertebrati con la messa in atto di diversi scenari permette di stabilire, in base alle attuali conoscenze sul Ticino, un primo set di valori idrologici al di là dei quali i deflussi discontinui diventano realmente problematici (si veda il rapporto "Macroinvertebrati" e il relativo capitolo di sintesi in questo rapporto). I risultati raccolti attraverso questo studio indicano che il regime idroelettrico produce degli effetti ecologicamente sfavorevoli nelle seguenti condizioni idrologiche:

- quando il rapporto tra deflusso massimo e deflusso di magra ( $Q_{max}/Q_{min}$ ) è superiore a 6.5:1;
- quando il tasso di incremento del livello idrico ( $dh/dt$ ) è superiore a 2 cm/min;
- quando il deflusso di magra è inferiore al deflusso minimo residuale ai sensi della LPac (art. 31).

La decrescita del livello idrico non è stata studiata nell'ambito di questo mandato e pertanto il valore indicativo menzionato è stato tratto dalla bibliografia :

- Velocità di decrescita dello specchio d'acqua ( $dh/dt$ ) inferiore a 12 cm/h (sapendo che per una scadenza di tempo  $t = 10$  min, questo obiettivo è relativamente ambizioso).

Le prime conclusioni di questo rapporto sono tuttavia degli ordini di grandezza che devono essere considerati con prudenza. È infatti necessario confermarli e affinarli con studi futuri. Le ulteriori ricerche dovranno precisare questi valori indicativi e validare le misure proposte.

Ricordiamo che alcune modifiche della LPac (Legge federale sulla protezione delle acque) entrate in vigore il 1° gennaio del 2011, richiedono il risanamento dei deflussi discontinui. Il progetto di modifica dell'Ordinanza (OPac) definisce che un pregiudizio arrecato dai deflussi discontinui alla fauna e alla flora indigene nonché ai loro biotopi naturali è considerato sensibile quando *la portata durante l'ondata di piena artificiale supera di almeno 1,5 volte la portata ridotta, e la quantità, la composizione e la varietà delle biocenosi vegetali e animali consoni al luogo sono modificate in modo pregiudizievole, in particolare per l'occorrenza periodica e non riconducibile a cause naturali di fenomeni quali l'arenamento di pesci, la distruzione di luoghi di fregola, il convogliamento di animali acquatici, le formazioni di intorbidimenti o le variazioni inammissibili della temperatura dell'acqua.*

Studi e direttive future potranno precisare gli obiettivi da raggiungere e proporre dei valori limite. Sarà necessario analizzarli nel momento in cui saranno sviluppati dei progetti di dettaglio sul Ticino, in vista di fissare degli obiettivi e dei criteri di verifica della funzionalità delle misure che siano adattati al contesto giuridico e al corso d'acqua considerato.

Le misure possibili si suddividono in 5 tipi di categorie:

- Misure di natura edile per ridurre i deflussi discontinui.

- Misure di esercizio per ridurre i deflussi discontinui.
- Misure di rivitalizzazione dell'habitat acquatico del Ticino.
- Misure di rivitalizzazione dell'habitat acquatico degli affluenti.
- Misure inerenti la pesca.

Si tratterà in particolare di bacini di demodulazione, di bacini multifunzionali, di rami laterali non sottoposti a deflussi discontinui, ma anche di misure di diversificazione dell'habitat, di misure di gestione delle turbine, ecc.

Le misure di natura edile aventi l'obiettivo di ridurre i deflussi discontinui sono richieste dalla LPac, mentre le misure di gestione dei deflussi discontinui non sono imposte dal profilo legale. Esse possono venir realizzate unicamente su richiesta del titolare dello sfruttamento. In effetti, l'**Art. 39a** sui deflussi discontinui sancisce:

1. *I detentori di centrali idroelettriche prendono misure di natura edile atte a prevenire o a eliminare le variazioni repentine e artificiali del deflusso di un corso d'acqua che arrecano sensibile pregiudizio alla fauna e alla flora indigene nonché ai loro biotopi. Su domanda del detentore di una centrale idroelettrica, l'autorità può ordinare misure di esercizio in luogo di misure di natura edile.*
2. *Le misure sono definite in base ai seguenti criteri:*
  - a. *gravità del pregiudizio arrecato al corso d'acqua;*
  - b. *potenziale ecologico del corso d'acqua;*
  - c. *proporzionalità dei costi;*
  - d. *interessi della protezione contro le piene;*
  - e. *obiettivi di politica energetica in materia di promozione delle energie rinnovabili.*
3. *Nel bacino imbrifero del corso d'acqua interessato le misure sono armonizzate previa consultazione dei detentori delle centrali idroelettriche in questione.*
4. *I bacini di compensazione costruiti in applicazione del capoverso 1 possono essere utilizzati ai fini dell'accumulazione per pompaggio senza modifica della concessione.*

## 10. APPROFONDIMENTI NECESSARI E PROSSIMI PASSI

Gli studi sono di due tipi :

- Studi di carattere ancora generale per completare la diagnosi attuale, affinare le conclusioni e precisare in particolare i valori soglia che orienteranno il dimensionamento delle misure future, in quanto i valori forniti in questo rapporto sono unicamente indicativi ; questi studi più "generali" forniranno delle risposte ad alcuni quesiti ancora in sospeso.
- Studi di dettaglio che saranno necessari per ogni misura in vista della loro realizzazione; in effetti, le misure dovranno venir sviluppate sulla base di studi complementari.

### 10.1 Studi generali

È indispensabile acquisire una visione generale della situazione per ponderare gli interessi in vista della scelta delle misure da realizzare.

Per poter definire più precisamente le esigenze idrologiche (velocità della piena, velocità di decrescita,  $Q_{\min}$  che dovrebbe venir mantenuto durante X% del tempo,  $Q_{\max}$  che non dovrebbe venir superato durante X% del tempo, variazioni di temperatura accettabili, ecc.), sarà necessario definire degli obiettivi ambientali (compresi i superamenti non naturali ammissibili), per tratto, e integrare il tipo di morfologia e le stagioni. Da considerare che anche gli studi promossi dall'OFEV forniranno elementi di riflessione e permetteranno di gerarchizzare il grado di importanza dei fattori che influenzano i deflussi discontinui. L'elaborazione di differenti scenari aiuterà a fornire delle risposte alle varie domande aperte. Questo lavoro dovrà essere elaborato in stretta collaborazione con i professionisti nel campo dell'idrobiologia, ittiologia, idraulica, considerando la nuova legge sulla protezione delle acque (LPac) e la sua relativa ordinanza, e sapendo che esiste per ora poca esperienza in questo campo.

Al fine di preservare gli stadi più sensibili, questi obiettivi potranno essere distinti in funzione delle stagioni (inverno / estate per esempio).

La necessità di avere degli indicatori efficaci è pure in discussione a livello dell'OFEV (mandato in corso).

In Francia, vi sono già stati dei simposi inerenti l'elaborazione di monitoraggi a lungo termine, combinati ad analisi idrologiche e ad approcci idraulici (ONEMA, Colloque SHF - Environnement et Hydroélectricité, Lyon - 6 et 7 octobre 2010).

## 10.2 Misure proposte

Le misure proposte necessitano di studi specifici di dettaglio e di sviluppo che terranno conto dei dati futuri. In particolare i dati inerenti il dimensionamento dei bacini di demodulazione dovranno essere approfonditi. Sono necessarie riflessioni approfondite per valutare le vocazioni dei bacini di demodulazione, la loro integrazione dal punto di vista ambientale e paesaggistico, la loro valorizzazione socio-economica (integrazione dell'aspetto turistico per esempio) e le sinergie possibili tra le diverse misure (e tra i possibili bacini di demodulazione)

## 10.3 Idrologia – qualità delle acque

Un'analisi più approfondita degli affluenti determinerà il loro grado d'incidenza sul Ticino e se del caso proporre delle misure di gestione dei deflussi discontinui direttamente alla fonte. Questa analisi permetterà anche di dare delle priorità alle misure da adottare su questi affluenti, in quanto fino ad ora non sono ancora state gerarchizzate.

Il presente studio non ha avuto modo di affrontare alcuni aspetti, come per esempio la qualità fisico-chimica delle acque, monitorata unicamente attraverso le MES (e la torbidità), oppure la temperatura. Inoltre, per sapere se sono necessarie delle misure di miglioramento delle qualità delle acque sono necessari studi inerenti il bilancio della qualità delle acque e dello stato del risanamento urbano e industriale (bilancio che include il funzionamento delle IDA).

## 10.4 Pesci

Oltre ai complementi di studio necessari per la realizzazione delle varie misure, i seguenti studi mirano alla conoscenza del popolamento ittico e alla precisazione degli impatti dovuti ai deflussi discontinui :

- Se dovessero essere riproposte delle campagne di elettropesca, sarà necessario integrare 2 stazioni senza deflussi discontinui (Brenno e tratto con deflusso residuo a monte del rilascio AET Nuova Biaschina), in modo da avere una referenza inerente la riproduzione delle trote. Tuttavia, considerando le difficoltà riscontrate nel realizzare i campionamenti quantitativi, si consiglia di riflettere attentamente sulla metodologia da utilizzare e di definire chiaramente gli obiettivi.
- Monitorare l'emergenza degli avannotti di trota su più settimane in modo da osservare il picco di densità e la reazione degli avannotti di fronte al fenomeno dei deflussi discontinui.
- Per sapere se lo sviluppo embrionale delle trote è influenzato dalle diverse perturbazioni, sarebbe necessario realizzare un monitoraggio della sopravvivenza al momento dell'emergenza utilizzando dei contenitori sperimentali posizionati in settori perturbati (velocità della corrente elevata nei momenti di rilascio – zone di frega potenzialmente messe in secca – variazione delle temperature), confrontati con zone testimoni non perturbate.
- Determinazione dei valori soglia (approccio analogo allo studio della deriva della fauna macrobentonica) in particolare nei settori sensibili (tratto 3) per identificare i valori soglia di  $\Delta h$  in cm/min e per conoscere il valore soglia del deflusso con il quale i rilasci possono essere realizzati senza che le zone rifugio siano quotidianamente messe in secca (modello idraulico per determinare i deflussi di inondazione delle zone in cui è elevato il rischio di spiaggiamento degli avannotti in funzione dei 2 parametri che sembrano influenzare la messa in secca, e cioè l'evoluzione della superficie bagnata in funzione del deflusso, e le corrispondenze tra i gradienti di altezza dell'acqua e i gradienti di deflusso).

## 10.5 Macroinvertebrati

Indipendentemente dalle misure di risanamento proposte nel presente rapporto, che necessiteranno di valutazioni supplementari anche per quanto concerne i macroinvertebrati, la valutazione della comunità macrobentonica del fiume Ticino dovrebbe essere completata nel breve termine da studi nei settori seguenti:

- rilievo IBCH (o IBGN) in condizioni di deflusso controllato, previo accordo con AET e OFIBLE, per meglio comprendere il ruolo di fattori idraulici quali velocità e profondità dell'acqua, oltre che del substrato;
- studio della biomassa del macrozoobenthos (dati da mettere in relazione agli aspetti piscicoli);

- studio tassonomico approfondito del macrozoobenthos (livello Macroindex). Ciò permetterebbe di poter calcolare alcuni indici biologici di dettaglio (es: software ECOPROF, www.ecoprof.at).
- Studio degli effetti dei deflussi minimi insufficienti sulla deriva di base. Durante il presente studio abbiamo riscontrato, con deflussi di magra inferiori al deflusso minimo teoricamente prescritto dalla LPAC, dei valori di deriva di base più elevati rispetto a condizioni con deflussi di magra sufficienti. I macroinvertebrati cercherebbero dunque di sottrarsi alle condizioni sfavorevoli causate da un deflusso di magra insufficiente, aumentando in modo significativo il valore di deriva di base. Tale fenomeno a nostra conoscenza non è mai stato documentato e costituisce un tema di ricerca interessante.

Le conclusioni saranno verificate e confrontate con i risultati degli studi attualmente promossi dall'UFAM.

## 11. CONCLUSIONI

Questo studio ha permesso di individuare con precisione lo stato attuale del fiume Ticino e di identificare i deficit a cui è sottoposto. Il mandato, inizialmente previsto della durata di 1 anno (autunno 2008 – autunno 2009), è stato ulteriormente prolungato di 1 anno a causa delle condizioni particolari riscontrate nel 2008-2009 (smottamento a Chironico nell'alveo dell'affluente Ticinetto), ciò che ha permesso d'integrare dei complementi di studio, in particolare l'analisi della deriva della fauna macrobentonica con l'accompagnamento di Peter Baumann (Limnex AG), specialista svizzero del settore.

Lo studio si è pertanto svolto tra settembre 2008 e ottobre 2010. La Tabella 16 sintetizza l'insieme delle ricerche di terreno svolte durante questo periodo.

**Tabella 16:** Sintesi degli studi realizzati nell'ambito del mandato (in **blu** le elettropesche realizzate dai guardia pesca dell'Ufficio cantonale Caccia e Pesca).

| Settore di studio   | 2008<br>trim. 3-4     | 2009<br>trim. 1 | 2009<br>trim. 2                     | 2009<br>trim. 3 | 2009<br>trim. 4 | 2010<br>trim. 1 | 2010<br>trim. 2 | 2010<br>trim. 3-4     |  |
|---|-----------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|--|
| Idrologia<br>e statistiche                                | inizio<br>Ott. 2008   |                 |                                     |                 |                 |                 |                 | Fine<br>Ott. 2010     |  |
| Caratteristiche<br>dell'habitat fluviale                  |                       |                 | aprile<br>2009                      |                 |                 |                 |                 |                       |  |
| Colmatazione<br>(meodo Schälchli)                         |                       |                 |                                     |                 |                 | gennaio<br>2010 |                 |                       |  |
| Mobilizzazione del<br>fondo                               |                       |                 |                                     |                 |                 | gennaio<br>2010 |                 |                       |  |
| Censimenti<br>popolamento<br>piscicolo                    | ott. 2008             |                 |                                     |                 |                 |                 |                 |                       |  |
| Monitoraggio frega<br>trota / temolo – stadi<br>giovanili | dic. 2008             |                 | aprile<br>2009<br>maggio-<br>giugno | sett. 2009      |                 |                 | giugno<br>2010  | agosto e<br>ott. 2010 |  |
| Macrozoobenthos<br>IBGN (+IBE)                            | agosto +<br>dic. 2008 | febb. 2009      |                                     | agosto<br>2009  |                 |                 |                 |                       |  |
| Deriva benhos<br>(fase 1 / fase 2)                        | dic. 2008             | marzo<br>2009   |                                     | sett. 2009      |                 |                 | aprile<br>2010  |                       |  |

Per ogni settore di studio è stato elaborato un rapporto specifico dettagliato che analizza tutti i risultati e fornisce una buona base per documentare correttamente lo stato della situazione del Ticino. Una carta di sintesi localizza le varie stazioni di studio e presenta alcuni risultati (Figura 38). Il presente rapporto integra unicamente le principali linee dei vari studi e i le conclusioni più rilevanti.



I dati idrologici raccolti (deflusso, temperatura, torbidità) sono stati confrontati con quelli disponibili in modo da contestualizzare la situazione osservata. In effetti, la situazione del Ticino è stata influenzata da differenti fattori (periodo di deflusso particolarmente basso con una riduzione del 40% del  $Q_{med}$ , turbinaggio di 10 m<sup>3</sup>/s dovuto alla regolazione delle OFIBLE, assenza di spurghi, ecc) e riflette quindi una situazione attuale specifica. La tabella dei parametri idrologici medi analizzati (Tabella 3) mostra che i rapporti di deflusso, per esempio ( $Q_{max}/Q_{min}$ ), possono differire sensibilmente da un anno all'altro. La definizione dell'habitat fluviale ha considerato 15 profili suddivisi nei 5 tratti scelti per caratterizzare il fiume Ticino. Il colmataggio è stato rilevato in 60 stazioni, mentre la mobilitazione del fondo è stata monitorata su 10 stazioni. Questi risultati sono stati cartografati in modo dettagliato (in annesso al rapporto specifico).

Il censimento quantitativo della fauna ittica è stato condotto attraverso la tecnica dell'elettropesca in ciascun dei 5 tratti selezionati utilizzando il metodo EPA (Echantillonnage Ponctuel d'Abondance). Il censimento è stato effettuato all'inizio dello studio (ottobre 2008) ed aveva il duplice scopo di studiare la popolazione ittica e di caratterizzare le modificazioni dell'habitat indotte dal turbinaggio. Il protocollo iniziale prevedeva delle elettropesche con deflusso residuale (senza turbinaggio) e poi in fase di piena (con turbinaggio). La gestione idroelettrica non ha potuto garantire la stabilità dei deflussi (circa 2 ore a deflusso costante), e le altezze dell'acqua riscontrate hanno reso difficile il campionamento. Per completare le EPA sono state realizzate anche delle pesche in continuo (PC) lungo le sponde. Il monitoraggio della fregola si è basato su osservazioni visive (censimento delle zone di frega delle trote, e in seguito del temolo) e su elettropesche semplificate per studiare i pre-estivali e gli estivali. Tutti i dati sono stati consegnati nei rapporti specifici; alcune informazioni sono pure state cartografate (zone di frega per esempio). Queste informazioni permettono di fornire una fotografia della situazione attuale, contribuendo quindi in modo adeguato alla comprensione del funzionamento del Ticino e identificando in particolare i deficit dal punto di vista piscicolo. Le osservazioni svolte e i risultati ottenuti mostrano che la situazione è precaria in particolare per le trote (specie bersaglio unitamente al temolo).

La caratterizzazione dello stato biologico del Ticino si è basata sulla fauna macrobentonica, utilizzando il sistema IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) che ha fortemente ispirato il sistema modulare graduato con il recente modulo « IBCH ». Durante il primo anno di studio sono state studiate a 4 riprese le 5 stazioni ripartite nei vari tratti. Questi risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti precedentemente. Si evidenzia un leggero incremento della qualità e un'attenuazione dell'impatto dei deflussi discontinui man mano che ci si allontana dalle zone di rilascio. Lo studio della deriva della fauna macrobentonica è stato condotto in due tempi. La fase I (posa di reti in alveo) ha riscontrato diverse difficoltà (legate tra l'altro all'assenza di pianificazione degli scenari di turbinaggio) e ha fornito dei risultati che non permettono di fissare delle soglie di sensibilità; una seconda fase (II) è stata condotta con il sostegno di Peter Baumann, specialista svizzero in questo settore. Questa fase ha permesso di identificare dei valori soglia oltre i quali gli effetti dei deflussi discontinui sono considerati ecologicamente sfavorevoli.

Importante notare che il periodo di osservazione, in particolare idrologico, si basa unicamente su 2 anni. È pertanto necessario adottare tutte le precauzioni per evitare una generalizzazione delle conclusioni. Un monitoraggio su di un periodo più lungo è pertanto necessario per confermare questi risultati.

A seguito di tutti questi risultati raccolti indipendentemente, ma comunque sempre in modo concertato tra i diversi campi di ricerca, è stato realizzato un incontro tra i vari specialisti in cui l'insieme dei dati ha potuto essere discusso in modo da raggiungere delle conclusioni multidisciplinari. Ogni tratto fluviale è stato descritto e qualificato in modo sintetico permettendo di definire i principali deficit e di identificarne le cause. Si evidenzia che **i deflussi discontinui sono il fattore principale del degrado biologico del Ticino nei periodi idrologicamente più secchi** in particolare sui tratti 1-3 (dalla restituzione AET fino alla confluenza con la Moesa). Sono pure state identificate altre minacce, come l'incanalamento del fiume nella sua parte a valle (tratto 5) dove gli effetti dei deflussi discontinui sono meno presenti.

Per far fronte alle problematiche riscontrate è possibile proporre delle misure. Esse si dividono in 2 tipi e concernono la mitigazione dei deflussi discontinui e la rivitalizzazione degli ambienti acquatici (sia nel Ticino che negli affluenti laterali). Misure inerenti la gestione della pesca potranno pure essere messe in atto. Queste misure dovranno essere studiate nel dettaglio e sviluppate in funzione delle indicazioni fornite dal Cantone e dai partner implicati.

Per poter elaborare delle misure efficienti, con un rapporto costo / beneficio ecologico favorevole, sono necessari ulteriori studi complementari che affinino i risultati ottenuti fino ad ora, e soprattutto che determinino gli obiettivi ambientali che condizioneranno i parametri idraulici per i vari tratti. Ogni misura sarà oggetto di uno studio di dettaglio. Gli obiettivi potranno essere differenziati in funzione delle stagioni (con attenzione particolare ai periodi più sensibili).

Le conoscenze maturate in altri progetti analoghi dovranno pure venir man mano integrate nei vari studi.

## 12. ANALISI BIBLIOGRAFICA

### 12.1 Bibliografia generale sulla problematica

- Heller Ph., 2007. Méthodologie pour la conception et la gestion des aménagements hydrauliques à buts multiples par une analyse systémique. Thèse N° 3781 de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Laboratoire de Construction Hydraulique, Lausanne, Suisse.
- Schweizer S., Neuner J., Ursin M., Tscholl H. und Meyer M. (2008): Ein intelligent gesteuertes Beruhigungsbecken zur Reduktion von künstlichen Pegelschwankungen in der Hasliaare. «Wasser Energie Luft», 2008 (3): 209–215.
- Verbund Austrian Hydro Power, 2004. Die steirischen Wasserkraftwerke. Strom aus Enns, Mur und Teigitsch.
- Courret D., Larinier P., Lascaux J.M., Chanseau M. et Larinier M., 2006. Etude pour une limitation des effets des éclusées sur la Dordogne en aval de l'aménagement du Sablier pour le saumon atlantique. Modélisation secteur Argentaat – Saulières. MIGADO, GHAAPPE, SIEE.

### 12.2 Idrologia, idraulica, morfologia e chimico-fisici

- Schälchli, Abegg, Hunziker: Kolmatation, Methoden zur Erkennung und Bewertung, 2002.
- Schälchli, Abegg, Hunziker: Geschiebe- und Schwebstoffproblematik in Schweizer Fließgewässern, 2005.
- N. Poff et al.: The Natural Flow Regime, A paradigm for river conservation and restoration, 1997.
- BUWAL: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer, Ökomorphologie Stufe F, 1998.
- D.A. Sear et al.: An assessment of the accuracy of the spatial integration Method (SIM) for estimating coarse bedload transport in gravel-bedded streams using tracers, 2003.
- D.A. Sear et al.: Coarse sediment transport measurement in rivers and on coasts using advanced particle tracing technologies, EPSRC Review Report for GR/L94987/2001.
- FIBER: „Schwall/Sunk“ – Auswirkungen des Schwallbetriebs von Wasserkraftwerken auf Fließgewässer, 2005.
- IRKA: Schwallreduktion bzw. Hochwasserspitzenminderung im Alpenrhein, 2004.
- Polli B.: Rapporto sullo stato chimico, idrobiologico e ittico dei Fiumi Ticino (da Biasca alla foce), Vedeggio, Laveggio (campagna 1990), Dipartimento dell'Ambiente Ct. Ticino, 1991.
- Künzli F.: Fischökologische Untersuchung in vier schwallbeeinflussten Schweizer Fließgewässern (Diplomarbeit), EAWAG, 2005.
- VAW: Kraftwerkbedingter Schwall und Sunk, eine Standortbestimmung, 2006.
- Ambrosini J.: Feasibility study of a compensation basin against the problem of Deflussi discontinui in Ticino River (lavoro di diploma), ETHZ, 2007.
- Zurwerra, Bur: Abschätzung der Schäden an Fischen und Nährtieren in einer Schwall-Sunk-Strecke der Saane (Freiburg, Schweiz), 2009.
- Billeter, Mende: Abflussschwankungen in der Aare, 2009.
- Schweizer, Neuner, Heuberger: Bewertung von Schwall/Sunk – Herleitung eines ökologisch abgestützten Bewertungskonzepts, 2009.
- Meile, Fette, Baumann: Synthesebericht Schwall/Sunk - Publikation des Rhone-Thur Projektes, EAWAG, 2005.
- Baumann et al.: Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebes, Mitteilungen zur Fischerei Nr. 75 BUWAL, 2003.
- Frutiger A. 2004: Ecological impacts of hydroelectric power production on the river Ticino. Part 1: Thermal effects. Arch. Hydrobiol. 159, 1, 43-56.
- Kummer M.: Schwall und Sunk vertreiben das Leben aus den Flüssen. Umwelt, 4. 24-28. BAFU, 2006.
- Limnex: Schwall/Sunk-Betrieb in schweizerischen Fließgewässern. Grundlagenstudie zu den Teilaspekten: Charakterisierung von Art und Ausmass des Schwallbetriebes; Beschreibung von Massnahmen zur Verminderung der Schwallauswirkungen. BUWAL, 2001.
- Pfaundler, Keusen: Veränderungen von Schwall-Sunk, Hydrologische Datenanalyse zur Charakterisierung von Schwall-Sunk Phänomenen in der Schweiz. BAFU, 2007.
- Pflaunder, Salvetti: Technischer Bericht zur Schwall-Sunk. Analyse am unteren Ticino. Dipartimento del territorio Ct. TI. BAFU, 2006.

### 12.3 Ittiofauna

- Ayllón, D., Almodóvar, A., Nicola, G.G., and Elvira, B. 2009. Interactive effects of cover and hydraulics on brown trout habitat selection patterns. *River Research and Applications* 25(8): 1051-1065.
- Bain, M.B., Finn, J.T., and Booke, H.E. 1988. Streamflow regulation and stream fish community structure. *Ecology* 69(2): 382-392.
- Baran, P., Delacoste, M., and Lascaux, J.M. 1997. Variability of mesohabitat used by brown trout populations in the french central Pyrenees. *Transactions of the American Fisheries Society* 126: 747-757.
- Baumann, P., and Klaus, I. 2003. Conséquences écologiques des éclusées, OFEFP, Berne.
- Belliard, J., Boet, P., and Tales, E. 1997. Regional and longitudinal patterns of fish community structure in the Seine River basin, France. *Environmental Biology of Fishes* 50: 133-147.
- Brusle, J., and Quignard, J.P. 2001. *Biologie des poissons d'eau douce européens*, Paris.
- Carter, M.G., Copp, G.H., and Szomlai, V. 2004. Seasonal abundance and microhabitat use of bullhead *Cottus gobio* and accompanying fish species in the River Avon (Hampshire), and implications for conservation. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 14(4): 395-412.
- Cattanéo, F. 2005. Does hydrology constrain the structure of fish assemblages in French streams? Regional scale analysis. *Arch. Hydrobiol.* 164(3): 367-385.
- Cattanéo, F., Lim, P., and Belaud, A. 1999. Approche de la structuration spatiale du peuplement piscicole de la 'zone de transition' de la Garonne. *Ichthyophysiological Acta* 22: 61-74.
- Copp, G.H., Spathari, S., and Turmel, M. 2005. Consistency of diel behaviour and interactions of stream fishes and invertebrates during summer. *River Research and Applications* 21(1): 75-90.
- Cowx, I.G., Nunn, A.D., and Harvey, J.P. 2001. Quantitative sampling of 0-group fish populations in large lowland rivers: point abundance sampling by electric fishing versus micromesh seine netting. *Archives für Hydrobiologie* 151(3): 369-382.
- Daufresne, M., Roger, M.C., Capra, H., and Lamouroux, N. 2004. Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhône River: effects of climatic factors. *Global Change Biology* 10(1): 124-140.
- Garner, P. 1995. Suitability indices for juvenile 0+ roach [*Rutilus rutilus* (L.)] using point abundance sampling data. *Regulated Rivers : Research and Management* 10(2-4): 99-104.
- Jowett, I.G. 1993. A method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 27: 241-248.
- Lamouroux, N., Capra, H., Pouilly, M., and Souchon, Y. 1999a. Fish habitat preferences in large streams of southern France. *Freshwater Biology* 42(4): 673-673.
- Lamouroux, N., and Cattanéo, F. 2006. Fish assemblages and stream hydraulics: consistent relations across spatial scales and regions. *River Research and Applications* 22(7): 727-737.
- Lamouroux, N., Doutriaux, E., Terrier, C., and Zylberblat, M. 1999b. Modélisation des impacts de la gestion des débits réservés du Rhône sur les peuplements piscicoles. *Bull. Fr. Pêche. Piscic.* 352: 45-61.
- Lamouroux, N., Olivier, J.M., Persat, H., Pouilly, M., Souchon, Y., and Statzner, B. 1999c. Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwat. Biol* 42: 275-299.
- Lamouroux, N., Poff, L.N., and Angermeier, P.L. 2002. Convergence of stream fish community traits in France and Virginia (USA) along geomorphic and hydraulic gradients. *Ecology* 83: 1792-1807.
- Lamouroux, N., and Souchon, Y. 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for fish habitat guilds in large streams. *Freshwater Biology* 47(8): 1531-1542.
- Malavoi, J.R., and Souchon, Y. 1989. Méthodologie de description et quantification des variables morphodynamiques d'un cours d'eau à fond caillouteux. Exemple d'une station sur la Filière (Haute Savoie). *Revue de Géographie de Lyon* 64(4): 252-259.
- Malavoi, J.R., and Souchon, Y. 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière: clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 365-366: 357-372.
- Mallet, J.P., Lamouroux, N., Sagnes, P., and Persat, H. 2000. Habitat preferences of European grayling in a medium size stream, the Ain river, France. *Journal of Fish Biology* 56(6): 1312-1326.

- Nelva, A., Persat, H., and Chessel, D. 1979. Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichthyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Paris, Série D* 289: 1295-1298.
- Oberdorff, T., Hugueny, B., and Guégan, J.-F. 1997. Is there an influence of historical events on contemporary fish species richness in rivers? Comparisons between Western Europe and North America. *Journal of Biogeography* 24(4): 461-467.
- Persat, H., and Copp, G.H. 1990. Electric fishing and point abundance sampling for the ichthyology of large rivers. In *Developments in Electric Fishing*. Edited by I.G. Cowx. Blackwell scientific publications, Oxford. pp. 203-215.
- Poizat, G., and Pont, D. 1996. Multi-scale approach to species-habitat relationships: juvenile fish in a large river section. *Freshwater Biology* 36(3): 611-622.
- Pouilly, M. 1994. Relations entre l'habitat physique et les poissons des zones à cyprinidés rhéophiles dans trois cours d'eau du bassin rhodanien : vers une simulation de la capacité d'accueil pour les peuplements., Lyon, Claude Bernard Lyon 1, Lyon.
- Reyjol, Y., Bernard, H., Didier, P., Giorgio, B.P., Ulrika, B., Nuño, C., Frederic, C., Ian, C., Alcibiades, E., Teresa, F., Gertrud, H., Richard, N., Adolfo, D.S., Thibault, V., and Tomas, V. 2007. Patterns in species richness and endemism of European freshwater fish. *Global Ecology and Biogeography* 16(1): 65-75.
- Rousseau, B., Nelva, A., Persat, H., and Chessel, D. 1985. Constitution d'une base de données ichthyologiques par l'échantillonnage ponctuel d'abondance: application aux peuplements du Haut-Rhône français. *Cybium* 9(2): 157-173.
- Scholten, M. 2003. Efficiency of point abundance sampling by electro-fishing modified for short fishes. *Journal of Applied Ichthyology* 19(5): 265-277.
- Sempeski, W. 1994. Sélection et utilisation de l'habitat par les stades de poissons d'eau courante: le modèle Ombre commun (*Thymallus thymallus* L.), Université Claude Bernard Lyon I, Lyon.
- Sokal, R.R., and Rohlf, F.J. 1998. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. W. H. Freeman, USA, New York.
- Tockner, K., Robinson, C.T., and Uehlinger, U. 2009. *Rivers of Europe*. Academic Press.
- Vadas, R.L., and Orth, D.J. 1993. A new technique for estimating the abundance and habitat use of stream fishes. *Journal of Freshwater Ecology* 8: 305-317.
- Weber, C., Peter, A., and Zanini, F. 2007. Spatio-temporal analysis of fish and their habitat: a case study on a highly degraded Swiss river system prior to extensive rehabilitation. *Aquatic Sciences* 69(1): 162-172.
- Zalewski, M., Frankiewicz, P., and Brewinska, B. 1985. The factors limiting growth and survival of brown trout, *Salmo trutta m. fario* L introduced to different types of streams. *Journal of Fish Biology* 27: 59-73.
- Zalewski, M., and Naiman, R.J. 1985. The regulation of riverine fish communities by a continuum of abiotic-biotic factors. In *Habitat modification and freshwater fisheries*. Edited by A. J.S. Butterworths, London. pp. 3-12.

#### 12.4 Macroinvertebrati

- Ayllón, D., Almodóvar, A., Nicola, G.G., and Elvira, B. 2009. Interactive effects of cover and hydraulics on brown trout habitat selection patterns. *River Research and Applications* 25(8): 1051-1065.
- AFNOR (2004). Qualité écologique des milieux aquatiques. Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique global normalisé (I.B.G.N.). Association française de normalisation, Norme homologuée T 90-350.
- ARGE TRÜBUNG ALPENRHEIN (2001). Trübung und Schwall im Alpenrhein. Synthesebericht im Auftrag der IRKA, Inter-nationale Regierungskommission Alpenrhein, Projektgruppe Grundwasser- und Fischökologie, Vaduz.
- Bain, M.B., Finn, J.T., and Booke, H.E. 1988. Streamflow regulation and stream fish community structure. *Ecology* 69(2): 382-392.
- Baran, P., Delacoste, M., and Lascaux, J.M. 1997. Variability of mesohabitat used by brown trout populations in the french central Pyrenees. *Transactions of the American Fisheries Society* 126: 747-757.
- Baumann, P., and Klaus, I. 2003. Conséquences écologiques des éclusées, OFEFP, Berne.
- BAUMANN, P., KLAUS, I. (2003): Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebes. Ergebnisse einer Literaturstudie. Mitteilungen zur Fischerei Nr. 75, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

- BAUMANN, P. (2004). Revitalisierung und Benthos der Rhone. Schlussbericht SP I-6, Rhone-Thur Projekt, EAWAG, WSL, Limnex AG: 101 pp. + Anhang.
- Belliard, J., Boet, P., and Tales, E. 1997. Regional and longitudinal patterns of fish community structure in the Seine River basin, France. *Environmental Biology of Fishes* **50**: 133-147.
- Brusle, J., and Quignard, J.P. 2001. *Biologie des poissons d'eau douce européens*, Paris.
- Carter, M.G., Copp, G.H., and Szomlai, V. 2004. Seasonal abundance and microhabitat use of bullhead *Cottus gobio* and accompanying fish species in the River Avon (Hampshire), and implications for conservation. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* **14**(4): 395-412.
- Cattanéo, F. 2005. Does hydrology constrain the structure of fish assemblages in French streams? Regional scale analysis. *Arch. Hydrobiol.* **164**(3): 367-385.
- Cattanéo, F., Lim, P., and Belaud, A. 1999. Approche de la structuration spatiale du peuplement piscicole de la 'zone de transition' de la Garonne. *Ichthyophysiological Acta* **22**: 61-74.
- CÉRÉGHINO, R., LAVANDIER, P. (1998). Influence of hypolimnetic deflussi discontinui on the distribution and population dynamics of Ephemeroptera in a mountain stream. *Freshwater Biology*. 40: 385-399.
- Copp, G.H., Spathari, S., and Turmel, M. 2005. Consistency of diel behaviour and interactions of stream fishes and invertebrates during summer. *River Research and Applications* **21**(1): 75-90.
- Cowx, I.G., Nunn, A.D., and Harvey, J.P. 2001. Quantitative sampling of 0-group fish populations in large lowland rivers: point abundance sampling by electric fishing versus micromesh seine netting. *Archives für Hydrobiologie* **151**(3): 369-382.
- Daufresne, M., Roger, M.C., Capra, H., and Lamouroux, N. 2004. Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhône River: effects of climatic factors. *Global Change Biology* **10**(1): 124-140.
- FRUTIGER, A. 2004. Ecological impacts of hydroelectric power production on the River Ticino. Part 1: thermal effects. *Archiv für Hydrobiologie* 159(1): 43-56.
- Garner, P. 1995. Suitability indices for juvenile 0+ roach [*Rutilus rutilus* (L.)] using point abundance sampling data. *Regulated Rivers : Research and Management* **10**(2-4): 99-104.
- GHETTI, P.F. (1997). *Indice Biotico Esteso (I.B.E.) - Manuale di applicazione*. I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Provincia autonoma di Trento, Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, 222 pp.
- GIBBINS, C., VERICAT, D., BATALLA, R.J. (2007): When is stream invertebrate drift catastrophic? The role of hydraulics and sediment transport in initiating drift during flood events. *Freshw. Biol.* 52: 2369 – 2384.
- HAUER, F.R. & LAMBERTI, G.A. (2007) *Methods in stream ecology*. Academic Press, 2nd Edition, 896 pp.
- JANN, B. (1990): *Studio della fauna macroinvertebrata*. Laboratorio cantonale di studi ambientali e Museo cantonale di storia naturale. Repubblica e Cantone Ticino, 33 pp.
- JANN, B. (1991): *Studio della fauna macroinvertebrata*. Laboratorio cantonale di studi ambientali e Museo cantonale di storia naturale. Repubblica e Cantone Ticino, 30 pp.
- Jowett, I.G. 1993. A method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **27**: 241-248.
- Lamouroux, N., Capra, H., Pouilly, M., and Souchon, Y. 1999a. Fish habitat preferences in large streams of southern France. *Freshwater Biology* **42**(4): 673-673.
- Lamouroux, N., and Cattanéo, F. 2006. Fish assemblages and stream hydraulics: consistent relations across spatial scales and regions. *River Research and Applications* **22**(7): 727-737.
- Lamouroux, N., Doutriaux, E., Terrier, C., and Zylberblat, M. 1999b. Modélisation des impacts de la gestion des débits réservés du Rhône sur les peuplements piscicoles. *Bull. Fr. Pêche. Piscic.* **352**: 45-61.
- Lamouroux, N., Olivier, J.M., Persat, H., Pouilly, M., Souchon, Y., and Statzner, B. 1999c. Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwat. Biol* **42**: 275-299.
- Lamouroux, N., Poff, L.N., and Angermeier, P.L. 2002. Convergence of stream fish community traits in France and Virginia (USA) along geomorphic and hydraulic gradients. *Ecology* **83**: 1792-1807.
- Lamouroux, N., and Souchon, Y. 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for fish habitat guilds in large streams. *Freshwater Biology* **47**(8): 1531-1542.

- LIMNEX (2001): Trübung und Schwall im Alpenrhein. Fachbericht zu den Teilaspekten Trübung, Licht, Bewuchs und Drift. Bericht im Auftrag der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein, Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, Vaduz.
- LIMNEX (2006): Ökologische Auswirkungen von schwalldämpfenden Massnahmen. Grundlagen zur Beurteilung und Verbesserung des Schwallbetriebes aus der Zentrale Linthal der Kraftwerke Linth-Limmern. Bericht zuhanden des kantonalen Amtes für Umweltschutz, Glarus.
- LIMNEX (2007): Morphologie und Schwallbetrieb in Fließgewässern: Grundlagen und aktueller Kenntnisstand; Aufnahmen in Aubonne und Hinterrhein; Erste Erfolgskontrolle schwalldämpfender Massnahmen in der Aubonne. Bericht zuhanden des Bundesamt für Umwelt (BAFU) - Abteilung Wasser.
- LIMNEX (2009): Schwall/Sunk in der Hasliaare. Gewässerökologische Untersuchung von Hasliaare und Lütshine. Beurteilung der Schwall-Auswirkungen in je zwei Strecken und Szenarien. Bericht zuhanden der Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen.
- Malavoi, J.R., and Souchon, Y. 1989. Méthodologie de description et quantification des variables morphodynamiques d'un cours d'eau à fond caillouteux. Exemple d'une station sur la Filière (Haute Savoie). *Revue de Géographie de Lyon* **64**(4): 252-259.
- Malavoi, J.R., and Souchon, Y. 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière: clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **365-366**: 357-372.
- Mallet, J.P., Lamouroux, N., Sagnes, P., and Persat, H. 2000. Habitat preferences of European grayling in a medium size stream, the Ain river, France. *Journal of Fish Biology* **56**(6): 1312-1326.
- MARRER, H., SPÖRRI, M. (2003): Erneuerung Kraftwerk Amsteg. Gewässerökologisch verträgliche Ausgestaltung des Schwallregimes. Entwurf zum Schlussbericht im Auftrag der SBB, Geschäftsbereich Energie, Zollikofen.
- MEILE, T., (2006). Deflussi discontinui on Watercourses. *Eawag News*. 61e/November 2006. 60
- MEILE, T., FETTE, M., BAUMANN, P., (2005). Synthesebericht Schwall/Sunk. Publikation des Rhone-Thur Projektes, 48 pp.
- Nelva, A., Persat, H., and Chessel, D. 1979. Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Paris, Série D* **289**: 1295-1298.
- Oberdorff, T., Huguény, B., and Guégan, J.-F. 1997. Is there an influence of historical events on contemporary fish species richness in rivers? Comparisons between Western Europe and North America. *Journal of Biogeography* **24**(4): 461-467.
- PELLAUD, M., (2006). Ecological response of a multi-purpose river development project using macro-invertebrates richness and fish habitat value. Travail de diplôme, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Persat, H., and Copp, G.H. 1990. Electric fishing and point abundance sampling for the ichthyology of large rivers. *In* Developments in Electric Fishing. *Edited by* I.G. Cowx. Blackwell scientific publications, Oxford. pp. 203-215.
- PFAUNDLER, M., KEUSEN, M., (2007). Veränderungen von Schwall-Sunk. Hydrologische Datenanalyse zur Charakterisierung von Schwall-Sunk Phänomenen in der Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 0712. Bundesamt für Umwelt, Bern, 110 pp.
- PFAUNDLER, M., SALVETTI, A., (2006). Technischer Bericht zur Schwall-Sunk Analyse am unteren Ticino, Ufficio dei corsi d'acqua (Dipartimento del territorio, Repubblica e Cantone Ticino) & Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Poizat, G., and Pont, D. 1996. Multi-scale approach to species-habitat relationships: juvenile fish in a large river section. *Freshwater Biology* **36**(3): 611-622.
- PORTMANN, M., BAUMANN, P., IMHOF, B. (2004): Schwebstoffhaushalt und Trübung der Rhone. Publikation des Rhone-Thur-Projektes, EAWAG, WSL, Limnex AG.
- Pouilly, M. 1994. Relations entre l'habitat physique et les poissons des zones à cyprinidés rhéophiles dans trois cours d'eau du bassin rhodanien : vers une simulation de la capacité d'accueil pour les peuplements., Lyon, Claude Bernard Lyon 1, Lyon.
- Reyjol, Y., Bernard, H., Didier, P., Giorgio, B.P., Ulrika, B., Nuño, C., Frederic, C., Ian, C., Alcibiades, E., Teresa, F., Gertrud, H., Richard, N., Adolfo, D.S., Thibault, V., and Tomas, V. 2007. Patterns in species richness and endemism of European freshwater fish. *Global Ecology and Biogeography* **16**(1): 65-75.

- Rousseau, B., Nelva, A., Persat, H., and Chessel, D. 1985. Constitution d'une base de données ichtyologiques par l'échantillonnage ponctuel d'abondance: application aux peuplements du Haut-Rhône français. *Cybium* **9**(2): 157-173.
- UHLMANN, V. (2001): Die Uferzönosen in natürlichen und regulierten Flussabschnitten. Diplomarbeit an der EAWAG, Dübendorf.
- Scholten, M. 2003. Efficiency of point abundance sampling by electro-fishing modified for short fishes. *Journal of Applied Ichthyology* **19**(5): 265-277.
- Sempeski, W. 1994. Sélection et utilisation de l'habitat par les stades de poissons d'eau courante: le modèle Ombre commun (*Thymallus thymallus* L.), Université Claude Bernard Lyon I, Lyon.
- Sokal, R.R., and Rohlf, F.J. 1998. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. W. H. Freeman, USA, New York.
- Tockner, K., Robinson, C.T., and Uehlinger, U. 2009. *Rivers of Europe*. Academic Press.
- Vadas, R.L., and Orth, D.J. 1993. A new technique for estimating the abundance and habitat use of stream fishes. *Journal of Freshwater Ecology* **8**: 305-317.
- Weber, C., Peter, A., and Zanini, F. 2007. Spatio-temporal analysis of fish and their habitat: a case study on a highly degraded Swiss river system prior to extensive rehabilitation. *Aquatic Sciences* **69**(1): 162-172.
- Zalewski, M., Frankiewicz, P., and Brewinska, B. 1985. The factors limiting growth and survival of brown trout, *Salmo trutta m. fario* L introduced to different types of streams. *Journal of Fish Biology* **27**: 59-73.
- Zalewski, M., and Naiman, R.J. 1985. The regulation of riverine fish communities by a continuum of abiotic-biotic factors. *In* *Habitat modification and freshwater fisheries*. Edited by A. J.S. Butterworths, London. pp. 3-12.

#### Per il Consorzio DRIFT

Régine Bernard

Dipl. idrobiologa UNI Besançon

Luca Solcà

Dipl. ing ETH, NDS EAWAG

Lugano, 15.09.2011

**ALLEGATO**