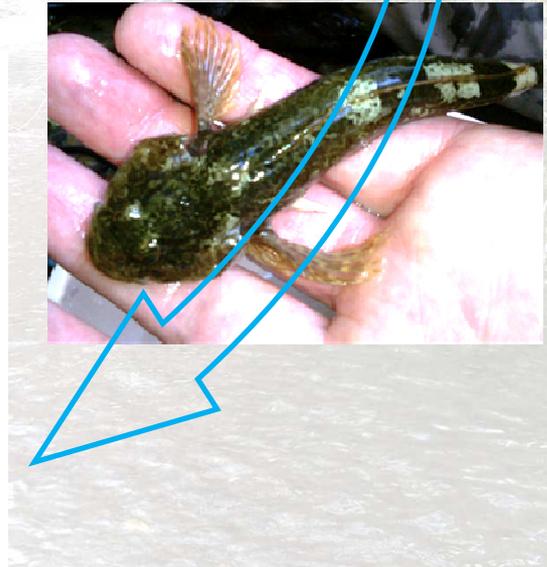
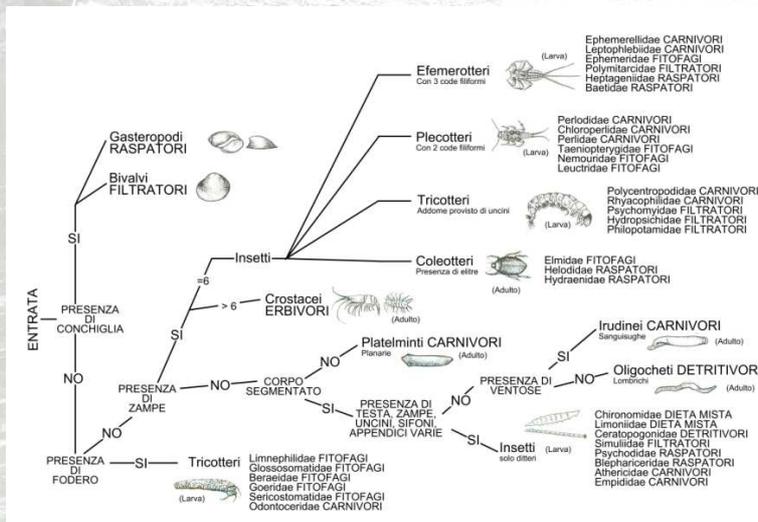


IL PROGETTO

ACQUE PULITE



Autori

Filippo MIOTTO (**curatore**), Angela BOGGERO, Linda BERTATO, Marzia CIAMPITIELLO,
Andrea COTTINI, Igor CERUTTI, Claudia DRESTI, Michela ROGORA,
Helmi SAIDI, Paolo SALA, Pietro VOLTA, Silvia ZAUPA

I.S.E. del C.N.R. di Verbania Pallanza
Istituto per lo Studio degli Ecosistemi

ARS.UNI.VCO

Associazione per lo Sviluppo della Cultura, degli Studi Universitari e della Ricerca nel Verbano Cusio Ossola

ISBN 9788898357048

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Il presente Volume è redatto esclusivamente in formato elettronico,

ed è scaricabile **gratuitamente** direttamente

dal sito dell'Associazione ARS.UNI.VCO,

www.univco.it

e dal sito dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi del C.N.R. di Verbania-Pallanza,

www.ise.cnr.it/it



Il Progetto "ACQUE PULITE"

(Questa pagina è stata lasciata intenzionalmente bianca)

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Domodossola, 5 ottobre 2015

Questa pubblicazione è frutto e risultato di un'importante collaborazione che la nostra Associazione ha attivato sul territorio del Verbano Cusio Ossola, attraverso la sottoscrizione nel gennaio 2014 di una Convenzione Quadro con l'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi – C.N.R. di Verbania Pallanza.

Preceduta da una fattiva presenza a livello di docenza nel corso in tema di idroelettrico attivato da ARS.UNI.VCO nel 2013, la convenzione con l'I.S.E. ha di fatto formalizzato un rapporto in essere che si è poi consolidato con un primo ed importante progetto denominato ACQUA BENE COMUNE, consistente in una decina di incontri e seminari che si sono susseguiti sull'intero territorio del Verbano Cusio Ossola, con relatori ISE CNR ed aventi come tema l'acqua ed i relativi studi effettuati negli anni su questa tematica da parte dell'Istituto verbanese.

Il progetto ACQUE PULITE è un altro importante tassello che si inserisce in questa collaborazione che intende portare importanti risultati e contributi fattivi, in termini di ricerca e sviluppo, al territorio del Verbano Cusio Ossola.

In particolare i risultati di questa ricerca potranno essere considerati come una proposta di studio-pilota da ripetere ed attuare, con l'imprescindibile collaborazione del settore privato, sui corsi d'acqua su cui insistono derivazioni e captazioni idriche ed idroelettriche.

Buona lettura.

Il Presidente ARS.UNI.VCO

dott. Giulio Gasparini

Il Progetto "ACQUE PULITE"

(Questa pagina è stata lasciata intenzionalmente bianca)

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Sommario

Presentazione del progetto	9
La realizzazione del progetto pilota Acque Pulite come espressione dei bisogni di contesto	12
Introduzione.	12
La nascita del progetto "Acque Pulite".	13
Le richieste nate dal territorio.....	14
Le azioni di sviluppo del progetto.....	15
Conclusioni.	16
Bibliografia - Sitografia.	16
La qualità delle acque come espressione della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE	17
Introduzione.	17
La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (DQA 2000/60).	17
Il D.Lgs. n.152 del 3 aprile 2006.....	18
Conclusioni.	19
Bibliografia.....	19
Le aree di studio.	20
Introduzione.	20
Il bacino del torrente San Giovanni.....	20
Conclusioni.	24
Bibliografia.....	25
Caratterizzazione idraulica dei siti di interesse	26
Introduzione.	26
Descrizione del macro-contesto di riferimento.....	26
Il sito di Ramello.	28
<i>Caratterizzazione idraulica.</i>	30
Il sito di Scareno.	32
<i>Caratterizzazione idraulica.</i>	35
Conclusioni.	36
Bibliografia.....	37
L'indagine chimica	38
Introduzione.	38

Il Progetto "ACQUE PULITE"

I campionamenti effettuati.....	38
I risultati ottenuti.....	39
Conclusioni.....	43
Bibliografia.....	43
Regime idrologico, stato morfologico e condizione degli habitat.....	45
Introduzione.....	45
Il regime idrologico.....	46
Stato morfologico e condizioni degli habitat.....	49
Conclusioni.....	55
Bibliografia - Sitografia.....	56
I macroinvertebrati.....	57
Introduzione.....	57
I macroinvertebrati ed il loro biomonitoraggio.....	57
I metodi.....	60
I risultati.....	63
<i>Stima della densità</i>	63
<i>Stima della diversità</i>	63
<i>Stima della qualità delle acque</i>	64
<i>Calcolo delle metriche</i>	66
<i>Struttura della comunità basata sui gruppi funzionali</i>	69
Conclusioni.....	76
Bibliografia.....	77
L'ittiofauna.....	80
Introduzione.....	80
Ittiofauna.....	80
Risultati.....	82
<i>Trota fario</i>	82
Conclusioni.....	87
Bibliografia.....	87



Il Progetto "ACQUE PULITE"

Presentazione del progetto.

Qualsiasi evento che comporta una alterazione dello stato di fatto di un territorio genera un impatto ambientale. Se l'evento è di tipo naturale ed il territorio interessato è anch'esso naturale, l'alterazione rientra nei processi fisici che caratterizzano l'evoluzione del nostro ambiente e quindi devono essere accettati anch'essi come processi naturali.

Purtroppo molto spesso le modifiche all'ambiente sono indotte da processi antropici che vanno dalla realizzazione vera e propria di nuove opere e infrastrutture alla modifica di alcune parti del territorio che, come conseguenza, inducono delle modifiche all'ambiente naturale.

Si pensi, ad esempio, alla realizzazione di una qualsiasi opera, seppur piccola. Per poterla realizzare bisognerà effettuare delle operazioni preliminari di cantierizzazione, a cui seguono scavi e costruzioni per giungere all'opera finita. I disturbi alle varie componenti dell'ambiente, anche se localizzati, possono diventare comunque rilevanti. Ad opera finita, inoltre, ci sarà una fruizione dell'opera da parte degli utenti finali, quindi un'ulteriore alterazione dell'ambiente.

Purtroppo a questa situazione non ci si può sottrarre in quanto la sola presenza umana sul territorio ne altera le sue caratteristiche in modo più o meno grave. Se, però, si opera nel modo corretto dal punto di vista tecnico, e l'attuale sviluppo tecnologico lo permette ampiamente, e si rispettano i dettami impartiti dalla normativa in vigore, già ampiamente sviluppata, l'impatto antropico sul territorio può essere facilmente contenuto entro limiti accettabili.

Il concetto di valutazione di impatto ambientale assume così significati e aspettative diverse in funzione dell'osservatore, in quanto l'opinione pubblica tratta l'argomento diversamente da quanto viene fatto dai tecnici del settore. Nella valutazione di impatto ambientale, purtroppo, l'opinione pubblica molte volte si dimentica infatti di un aspetto molto importante: la realizzazione di qualsiasi opera nasce da una esigenza ben particolare. La prima valutazione quindi dovrebbe essere fatta sulla necessità di sopperire a questa esigenza.

Rimanendo in ambito idroelettrico l'esigenza di realizzare nuovi impianti e di mantenere attivi quelli esistenti nasce dalla richiesta sempre crescente di energia elettrica, associata sempre più alla necessità di

Il Progetto "ACQUE PULITE"

ridurre progressivamente nel tempo la produzione da impianti alimentati da fonti fossili. A questo tipo di richiesta si può operare in due modi essenziali: ridurre i consumi o realizzare e mantenere attivi impianti alimentati da fonti rinnovabili.

Alla riduzione dei consumi sono associati anche fattori quali il cambiamento delle abitudini sociali della popolazione, che richiedono tempi molto lunghi per essere effettuate, e costi, a livello di singolo soggetto, a volte molto elevato e di tipo puntuale, recuperabili anche questi in tempi lunghi.

Per quanto riguarda le abitudini sociali, sono necessarie campagne di sensibilizzazione degli utenti finali (sia soggetti privati che pubblici) verso concetti quali il risparmio energetico e l'utilizzo razionale delle risorse. Anche in questo caso le tecnologie attuali permettono già da ora di adottare accorgimenti e soluzioni semplici, ma con risultati ottimali. Purtroppo ciò comporta quasi sempre un drastico cambiamento dei comportamenti seguiti fino ad ora e richiedono l'adozione di stili di vita che, seppur semplici da mettere in atto, trovano ostacoli nella maggior parte della popolazione.

In merito al costo economico da sostenere si pensi, ad esempio, al caso di una casa di civile abitazione esistente, ai costi ed agli interventi per diminuire ad esempio le dispersioni energetiche, l'acquisto di nuovi macchinari ad efficienza maggiore, ed altri interventi simili. I costi per questi interventi, seppur attualmente incentivati parzialmente dallo Stato, richiedono comunque una elevata disponibilità monetaria iniziale, recuperabile parzialmente in circa 10 anni. La situazione diventa poi più complicata nel caso degli impianti industriali, dove i costi diventano molto maggiori, richiedendo a volte il cambiamento anche delle linee produttive, con tutte le conseguenze facilmente immaginabili, quali la sospensione forzata della produzione.

Visto che quindi nell'immediato si è ancora costretti a ricercare nuovi impianti, la scelta di realizzare e/o mantenere attivi gli impianti idroelettrici può essere ottimale, soprattutto se fatta secondo i corretti criteri tecnici e nel rispetto dell'ampia normativa attualmente in vigore. Quanto affermato, però non deve distogliere l'attenzione verso la ricerca di soluzioni alternative che vanno da una diminuzione dei consumi, ad un uso più razionale delle risorse disponibili, alla realizzazioni di impianti ad elevato grado di efficienza, siano questi impianti destinati al consumo di energia o alla loro produzione. Fatte queste premesse, la valutazione di impatto ambientale deve tener conto di fattori che spaziano in molti campi e discipline ed assume, come correttamente fatto allo stato attuale, un'analisi costi/benefici estesa. Individuate le criticità e ricondotte a valori accettabili, la proposta di opere di mitigazione ulteriori permette di giungere alla realizzazione e/o al mantenimento in operatività di un impianto che rispetta a livello globale l'ambiente, inteso come insieme di territorio e società.

È in questo particolare contesto che nasce il progetto "Acque Pulite", basato sullo studio del torrente San Giovanni, ma in realtà nato come studio pilota esportabile in qualsiasi corso d'acqua su cui insiste un'opera antropica.

Questo progetto è il punto di incontro di diverse esigenze e di diverse richieste nate da numerosi soggetti, riassumibili nei seguenti punti:

- Il territorio e il contesto sociale in cui questi impianti sono presenti sente sempre più l'esigenza di comprendere gli effetti a lungo termine che questi impianti generano, in quanto si vuole capire se la realizzazione di questi impianti porta benefici o costi sociali e ambientali;

Il Progetto "ACQUE PULITE"

- I produttori di energia che hanno la forte esigenza di preservare il territorio e l'ambiente in cui sono presenti i loro impianti in quanto ciò garantisce sviluppo sia a loro sia, per indotto, a tutto il contesto territoriale in cui operano;
- I centri di ricerca e sviluppo, che hanno bisogno di approfondire la propria conoscenza del territorio e dell'ambiente per poter offrire prodotti e metodi di indagine che siano di supporto alla collettività;
- I promotori della cultura e del territorio, che hanno esigenza di promuovere il corretto uso del territorio, possibile solo grazie alla diffusione delle corrette metodologie di analisi e dei corretti risultati delle ricerche condotte.

Tutti questi fattori hanno permesso ad un gruppo di volenterosi, identificabili nell'Associazione ARS.UNI.VCO di Domodossola, nel Istituto centro di Ricerca ISE-CNR di Verbania Pallanza e alla società Idroenergy srl di Baveno di realizzare il progetto pilota "Acque Pulite", proprio con lo scopo di capire se il monitoraggio di impianti in esercizio può garantire un miglioramento della qualità generale delle acque dei torrenti su cui insistono questi impianti.

Nel seguito vengono descritte le metodologie utilizzate nello studio e vengono riportati i principali risultati ottenuti.

Domodossola, 5 Ottobre 2015.

Filippo Miotto

La realizzazione del progetto pilota Acque Pulite come espressione dei bisogni di contesto

A. Cottini ⁽¹⁾

⁽¹⁾ ARS.UNI.VCO, Domodossola (VB)
andrea.cottini@univco.it

Abstract. Il Progetto "Acque Pulite" è nato con lo scopo di realizzare un progetto pilota di studio della qualità ambientale di un corso d'acqua su cui insistono degli impianti idroelettrici. La finalità è quella di comprendere gli effetti della presenza di prelievi d'acqua a scopo idroelettrico sulla qualità biologica, chimica e idro-morfologica del corso d'acqua ed eventualmente, in base alle risultanze, di proporre soluzioni per un più equilibrato utilizzo della risorsa idrica. Il torrente individuato come oggetto di studio è il Torrente San Giovanni di Verbania, anche se l'intento è di riproporre, ove possibile, lo studio della qualità ambientale qui applicata, su ogni corso d'acqua su cui insista una centrale di captazione o qualsiasi altra opera antropica che interferisce con lo stato naturale del torrente. In particolare questa ipotesi progettuale nasce a seguito e come naturale conseguenza, logica e metodologica, di alcune importanti azioni che ne costituiscono la naturale premessa.

Introduzione.

Le aree montane, soprattutto i territori ricchi di acqua come quello del Verbano Cusio Ossola e del bacino del Lago Maggiore, sono oggetto di utilizzo per la produzione di energia idroelettrica da oltre un secolo. Pur essendo ormai consolidata la tecnologia che permette di realizzare impianti idroelettrici ad alta efficienza, non è ancora del tutto chiaro il legame esistente tra questa tipologia di impianti e le conseguenze sull'ambiente montano dopo anni di esercizio.

Tradizionalmente si pensa agli impianti idroelettrici come dei mezzi di produzione di energia ad impatto ambientale limitato, soprattutto se confrontate con le fonti energetiche tradizionali basate sui combustibili fossili. Gli impianti idroelettrici, infatti, non rilasciano in atmosfera gas di scarico, però obbligano a una gestione che altera il regime naturale di un corso d'acqua, con tutte le implicazioni del caso. I detrattori di queste tipologie di impianto, non a caso, chiedono sovente la riduzione del numero di impianti idroelettrici presenti sul territorio, favorendo così la produzione dagli impianti più tradizionali basati

sull'uso del combustibile fossile e quindi ad alto inquinamento, oppure chiedono interventi di salvaguardia dell'ambiente fluviale a volte inefficaci. Risulta a questo punto necessario indagare il corretto legame esistente tra l'utilizzo antropico di un corso d'acqua, in questo caso particolare a fini idroelettrici, ed il mantenimento della qualità ecologica dell'ecosistema torrentizio.

L'utilizzo indiscriminato di un corso d'acqua, soprattutto se associato ad opere in alveo invasive, determina infatti l'alterazione e, a volte, la perdita di habitat, causando una riduzione della biodiversità, con effetti negativi maggiori sui taxa più sensibili (ad esempio macroinvertebrati e fauna ittica), causando contestualmente il degrado della qualità ecologica di parte o addirittura dell'intero corso d'acqua.

Pur essendo già abbastanza sviluppata la normativa italiana in termini di impatto ambientale in fase di progettazione e di realizzazione, che di fatto limita il consumo di acqua, pochi studi sono stati fatti in merito ai possibili effetti a lungo termine di un impianto e, più in generale degli effetti di qualsiasi infrastruttura interagente con un corso d'acqua.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Solo negli ultimi anni, cercando di recepire le direttive europee in campo ambientale e seguendo gli ultimi sviluppi della ricerca in questo settore, si è iniziato ad affrontare il tema della qualità delle acque in un contesto più ampio che andasse oltre al corso d'acqua in quanto tale, ma iniziando ad introdurre concetti come il flusso ecologico e considerando il sistema-fiume nel suo complesso.

In questo contesto più generale si è sviluppato, tramite una collaborazione tra ARS.UNI.VCO e ISE-CNR di Verbania, il "Progetto Acque Pulite".

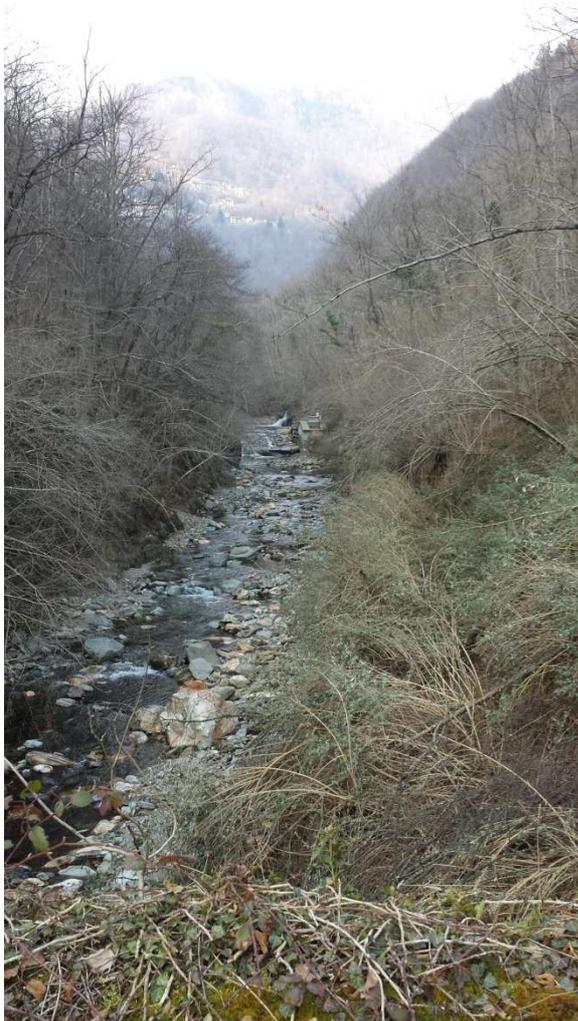


Figura 1. Vista del torrente San Giovanni a valle della derivazione di Scareno.

E' stato così realizzato uno studio pilota per verificare gli effetti della presenza di una o più derivazioni idroelettriche sulla qualità idro-morfologica, chimica e biologica di un torrente in un contesto montano, proponendo una metodologia di studio e di analisi del problema esportabile in tutto il contesto alpino.

Lo studio è stato condotto sul torrente San Giovanni di Verbania, lungo il cui corso sono presenti alcuni impianti idroelettrici e opere di captazione, anche grazie alla disponibilità di produttori e professionisti che da tempo credono nella possibilità di realizzare impianti che siano un bene ed un valore aggiunto per il territorio, sia come ambiente sia come contesto socio-economico.

La nascita del progetto "Acque Pulite".

La presente ipotesi progettuale nasce a seguito e come naturale conseguenza logica e metodologica, di alcune importanti azioni che ne costituiscono la naturale premessa.

Il primo passo è individuabile nella Convenzione stipulata tra l'Associazione ARS.UNI.VCO e l'Istituto C.N.R. – I.S.E. di Pallanza. Questa convenzione, definita e condivisa nel mese di settembre 2013 aveva già dato luogo a concrete forme di collaborazione.



Figura 2. Sede di Verbania Pallanza dell'Istituto ISE-CNR
(Fonte: <http://www.ise.cnr.it/it/vb>).

La collaborazione reciproca ha permesso l'integrazione di diverse attività svolte, in particolare sui seguenti aspetti:

- progettazione, svolgimento e promozione di azioni o percorsi formativi, anche di tipo seminariale, innovativi, finalizzati alla preparazione e all'aggiornamento sia di esperti sia della popolazione residente;
- collaborazione sul fronte della ricerca per la progettazione, l'attuazione e la promozione di studi e sperimentazioni connotati da innovazione metodologica e operativa, che abbiano al centro le caratteristiche, la complessità e le esigenze delle aree montane;

Il Progetto "ACQUE PULITE"

- costituzione di un tavolo permanente di confronto sulle tematiche strategiche per la valorizzazione e lo sviluppo delle aree montane finalizzato a concentrare gli sforzi in termini di ricerca e formazione universitaria sulle priorità e necessità territoriali;
- divulgazione reciproca, all'interno dei propri canali di comunicazione, delle iniziative organizzate da ciascuna parte, purché inerenti ai rispettivi scopi istituzionali.

Il secondo passo è individuabile nel corso di specializzazione e di aggiornamento professionale "Impianti Idroelettrici in Territori Montani" – I edizione (Figura 3). Il corso è stato organizzato dall'Associazione ARS.UNI.VCO, ed ha avuto come docenti esperti e professionisti del settore ed anche ricercatori del C.N.R. I.S.E. di Verbania Pallanza. La lezioni si sono tenute al Tecnoparco di Verbania dal 18 ottobre al 23 novembre 2013, per numero 35 ore complessive.



Figura 3. Slide di presentazione del corso "Impianti Idroelettrici in Territori Montani", I edizione.

Durante il corso, cui hanno aderito oltre 30 partecipanti è stato affrontato anche il tema della "sostenibilità ambientale" e i partecipanti hanno manifestato interesse ed attenzione per le tematiche di carattere ambientale ivi illustrate in particolar modo nel corso delle ore di lezione ivi tenute dai ricercatori del C.N.R. – I.S.E. di Verbania.

Successivamente è stato sviluppato il Progetto "Acqua Bene Comune" (Figura 4). Si tratta di un ulteriore esempio di attuazione concreta di tale convenzione quadro. Il progetto "Acqua Bene Comune" (patrocinato da 8 amministrazioni comunali del territorio del Verbano Cusio Ossola e dal

segretariato permanente della Convenzione delle Alpi) è consistito nell'organizzazione di un ciclo di NOVE seminari informativi tematici, gratuiti e aperti al pubblico, riguardanti il tema dell'acqua, declinato in vari aspetti interconnessi con il territorio. Il periodo in cui si è svolto sul territorio il progetto è quello intercorrente dal 6 marzo al 15 maggio 2014.



ACQUA BENE COMUNE
Ciclo di seminari con l'acqua come protagonista

L'Associazione ARS.UNI.VCO e l'Istituto per gli Ecosistemi del C.N.R. di Pallanza, nel 75° anno dalla fondazione, organizzano e propongono congiuntamente un ciclo di incontri di natura scientifica/divulgativa sul tema dell'acqua, organizzati con il patrocinio del Segretariato Permanente della Convenzione delle Alpi ed il patrocinio e la collaborazione operativa delle Amministrazioni comunali di Omegna, Baveno, Crevaldossola, Druggno, Macugnaga, Stresa, Villadossola e Vogogna, che si svolgeranno secondo il seguente calendario:

**L'inquinamento industriale:
il caso del Lago d'Orta e del Lago Maggiore**
GIOVEDÌ 6 MARZO ore 20.45 – Omegna

Le specie invasive
GIOVEDÌ 13 MARZO ore 20.45 a Crevaldossola

Fauna ittica
GIOVEDÌ 20 MARZO ore 20.45 Villadossola

Le alghe potenzialmente tossiche
GIOVEDÌ 27 MARZO ore 20.45 Stresa

Fauna ittica
GIOVEDÌ 3 APRILE ore 20.45 Baveno

I sedimenti dei laghi: un prezioso archivio storico
MERCOLEDÌ 16 APRILE ore 20.45 Vogogna

L'evoluzione trofica dei laghi subalpini
MERCOLEDÌ 30 APRILE ore 20.45 Druggno

I laghi alpini d'alta quota come indicatori ambientali
GIOVEDÌ 8 MAGGIO ore 20.45 Macugnaga

L'evoluzione climatica, meteorologia, livelli lacustri
GIOVEDÌ 15 MAGGIO ore 20.45 Omegna

Gli INCONTRI sono GRATUITI ed APERTI al PUBBLICO

Associazione ARS.UNI.VCO -
Via Rosmini, 24 - 28845 - Domodossola (VB) - T: 0324.482.548 - @: segreteria@univco.it

Figura 4. Locandina di presentazione del ciclo di seminari "Acqua bene comune".

Le richieste nate dal territorio.

Questa serie di incontri e di corsi organizzati sul territorio, in cui si è dato ampio spazio alla parte ambientale, ha suscitato l'interesse di un gruppo di produttori di energia idroelettrica che da anni cerca di venire incontro alle esigenze del territorio, quale contesto sociale e ambientale, e che cerca di proporre una diversa visione degli impianti idroelettrici.

L'interesse verso questa tipologia di impianti alimentati da fonti rinnovabili, infatti, è viva anche tra i non addetti ai lavori, in quanto non è chiaro ancora l'effetto sul territorio di una derivazione di acqua a distanza di anni dalla sua entrata in esercizio.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

L'insieme di questi fattori ha così permesso di iniziare a costituire vari tavoli di discussione che hanno portato, grazie alla partecipazione di una società titolare di alcuni impianti nel VCO, a promuovere uno studio pilota che approfondisse il legame tra derivazione idroelettrica e qualità dell'acqua di un torrente. Lo studio pilota, che ha previsto l'analisi del torrente San Giovanni della provincia del VCO, ha posto le basi per mettere in atto un sistema di analisi volto a valutare lo stato di qualità ecologica legato alla presenza di una derivazione. Il sistema naturalmente è esportabile anche ad altri corsi d'acqua e ad altre tipologie di opere che determinano una interruzione della continuità idraulica, e una alterazione degli habitat presenti, sia con una derivazione sia con un semplice sbarramento fluviale.

Le azioni di sviluppo del progetto.

Nel dettaglio il progetto, di durata ANNUALE, ha previsto TRE azioni cronologicamente separate ed in parte anche sovrapposte, al fine di poter conseguire gli obiettivi sopra individuati:

L'Azione 1 è consistita in una serie di operazioni di carattere amministrativo e di organizzazione delle attività previste e dettagliate nel progetto.

In particolare l'azione di controllo e di monitoraggio circa l'effettiva esecuzione delle attività e del rispetto delle tempistiche previste a progetto, è stata mantenuta per tutta la durata del progetto stesso, attraverso la puntuale organizzazione di incontri e meeting interni ed attraverso l'aggiornamento informale tramite e-mail.

L'Azione 2 di studio e di analisi è stata realizzata dai ricercatori dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi del C.N.R. di Verbania ed è stata finalizzata a valutare la qualità ecologica delle acque del Torrente San Giovanni attraverso il campionamento l'analisi dei principali elementi chimici e degli organismi biologici e delle comunità bentoniche e ittiche, così da poter valutare la capacità dell'ecosistema nel suo complesso nel fronteggiare alterazioni ambientali di diverso tipo.

Tali analisi e valutazioni richiedono la conoscenza approfondita della struttura e delle funzioni degli ecosistemi interessati e dei processi chimici e

biologici che portano alla loro formazione e modificazione ed è proprio per tale motivo che tale azione è stata affidata all'I.S.E. del C.N.R. di Verbania.



Convegno
Il "Progetto Acque Pulite"
e lo studio pilota sul torrente
San Giovanni di Verbania

LA QUALITÀ ECOLOGICA DEGLI ECOSISTEMI TORRENTIZI
E LA PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICA

Giovedì 18 giugno 2015, ore 14.30
Sala "Ravasio", Tecnoparco del Lago Maggiore di Verbania

Il convegno, organizzato all'interno del **Progetto Sportello Bandi VCO**, con la collaborazione di **Ordine Ingegneri VCO** ed **I.S.E. del C.N.R. di Pallanza**, vuole indagare gli aspetti legati al corretto mantenimento di un'elevata qualità delle acque in torrenti montani interessati da un impianto idroelettrico, proponendo, alla presenza di Istituzioni ed Esperti, i risultati di un **progetto pilota di ARS.UNIVCO** e dell'**I.S.E. del C.N.R. di Pallanza** sul Torrente San Giovanni di Verbania. È previsto il riconoscimento di **n. 3 Crediti Formativi Professionali** da parte dell'Ordine provinciale degli Ingegneri del Verbano Cusio Ossola

INCONTRO GRATUITO ed APERTO al PUBBLICO
REGISTRAZIONE OBBLIGATORIA entro **VENERDÌ 12 giugno 2015**
Per informazioni, programma completo e modulo di iscrizione
www.univco.it

Associazione ARS.UNI.VCO -
Via Rosmini, 24 - 28845 - Domodossola (VB) - T: 0324 482.548 - @: segreteria@univco.it

Figura 5. Locandina del convegno di presentazione del progetto "Acque Pulite".

L'Azione 3 di monitoraggio tecnico è stata suddivisa in due sottoazioni.

Una parte ha previsto una valutazione degli effetti delle due derivazioni trattate dal punto di vista ingegneristico. In questo caso sono stati valutati sia gli effetti idraulico-idrologici delle derivazioni, sia la gestione della fase di esercizio per ridurre gli effetti di una derivazione sull'ambiente circostante. Questa sotto-azione proprio per la specificità della tematica è stata affidata ad un tecnico esperto in materia, individuato nell'ing. Filippo Miotto, in qualità di Direttore e Responsabile Scientifico del Corso Impianti Idroelettrici in Territori Montani.

La seconda parte è stata costituita dall'assistenza organizzativa e di supporto al progetto, alla pubblicazione ed alla presentazione dei lavori.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Questa azione, prettamente organizzativa e divulgativa, è stata realizzata direttamente dall'Associazione ARS.UNI.VCO, coordinandola ed inserendola all'interno del Progetto "Sportello Bandi VCO".

La divulgazione dei risultati è in parte già avvenuta grazie al convegno "La qualità ecologica degli ecosistemi torrentizi e la produzione di energia idroelettrica" (Figura 5), tenutosi nella giornata di giovedì 18 giugno 2015, presso la Sala G. Ravasio del Tecnoparco del Lago Maggiore, in Verbania.

Il convegno è stato organizzato in collaborazione con l'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi del CNR di Verbania, con l'Ordine degli Ingegneri della Provincia del Verbano Cusio Ossola, con il patrocinio del Segretariato Permanente della Convenzione delle Alpi, della Provincia del Verbano Cusio Ossola e dei Comuni di Verbania, Domodossola e Omegna.

La seconda parte di divulgazione consiste nella presente pubblicazione, elaborata a cura di ARS.UNI.VCO e con la collaborazione dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi di Verbania.

Conclusioni.

La fase di impatto ambientale di un impianto idroelettrico non si esaurisce con la sola costruzione dell'impianto, ma anzi prosegue negli anni a causa principalmente dell'interruzione della continuità del corso d'acqua sotteso dall'impianto stesso.

La valutazione dell'effetto di questa sottensione può però essere fatta solo con un'analisi dettagliata che permetta di stabilire se, nel tempo, l'impianto ha generato una effettiva discontinuità nel corso d'acqua oppure se questo ha raggiunto un nuovo equilibrio

interno che garantisce la qualità generale del sistema-fiume.

Nel progetto "Acque Pulite" sono state condotte approfondite analisi da parte dell'Istituto ISE-CNR di Verbania Pallanza con lo scopo di verificare se il torrente San Giovanni, in prossimità delle opere di presa di due impianti idroelettrici esistenti, ha una qualità idromorfologica, biologica e chimica buona o compromessa. Queste ricerche sono state quindi accompagnate da un approfondito studio di tipo ingegneristico, a supporto di quello analitico, condotto dall'ing. Miotto, così da dare una valenza concreta allo studio effettuato.

Lasciando alla lettura dei rispettivi documenti, l'esplicitazione delle analisi condotte ed i risultati che si sono riscontrati, mi preme evidenziare come questo studio-ricerca possa costituire, potenzialmente, una buona pratica (best practice) da ripetere sul territorio del Verbano Cusio Ossola, ma in genere sui corsi d'acqua esistenti in ogni area montana su cui insistono derivazioni e captazioni idroelettriche. Questo anche in base al rapporto tra l'alto rigore scientifico delle analisi effettuate, i cui risultati sono stati validati da un importante e qualificato Istituto di ricerca come l'ISE del CNR di Verbania, ed il basso investimento economico richiesto, per il coinvolgimento di soggetti privati ed istituzionali.

In ogni caso è opportuno evidenziare come l'esperienza accumulata nella redazione ed esecuzione del presente progetto da parte dell'Associazione ARS.UNI.VCO costituisca un valore aggiunto ulteriore che potrà, ove richiesto, essere messo a disposizione per un'eventuale riproposizione del progetto, seppur da adattare volta per volta alle esigenze riscontrate e rappresentate nel caso concreto.

Bibliografia - Sitografia.

ARS.UNI.VCO - Associazione per lo sviluppo della cultura, degli studi universitari e della ricerca nel Verbano Cusio Ossola.

<http://www.univco.it>

ISE-CNR – Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Consiglio Nazionale delle Ricerche.

<http://www.ise.cnr.it/it>

La qualità delle acque come espressione della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE

M. Ciampittiello, A. Boggero, M. Rogora, P. Volta,

I. Cerutti, L. Bertato, C. Dresti, H. Saidi, P. Sala, S. Zaupa ⁽¹⁾

⁽¹⁾ ISE-CNR, Verbania (VB)

m.ciampittiello@ise.cnr.it

Abstract. Alla luce della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (DQA), risulta sempre più necessario conoscere e approfondire la qualità ecologica dei corpi idrici, valutandola, non solo da un punto di vista chimico, ma anche biologico e idromorfologico. Infatti, la DQA ha definito i principi e gli obiettivi per l'azione di tutela e salvaguardia dei corpi idrici richiedendone la classificazione secondo uno stato di qualità, basandosi soprattutto sugli elementi biologici rappresentati da macroinvertebrati, macrofite, fitobenthos e fauna ittica, per quanto riguarda i corpi idrici fluviali. In base a tali richieste normative si è voluto indagare la qualità ecologica dei tratti specifici del Torrente San Giovanni oggetto di pressioni idrologiche e morfologiche, in modo tale da verificare gli impatti di tali pressioni sulle biocenosi, in particolare macroinvertebrati e pesci, secondo le nuove metodiche nazionali di indagine ed, eventualmente, in base alle risultanze, proporre soluzioni per un più equilibrato utilizzo della risorsa idrica.

Introduzione.

L'utilizzo delle acque a scopo idroelettrico, come la presenza di qualsiasi opera che alteri il regime naturale di un corso d'acqua, può determinare l'alterazione e, a volte, la perdita di habitat, causando una riduzione della biodiversità, con effetti negativi maggiori sui taxa più sensibili (ad esempio macroinvertebrati e fauna ittica), causando contestualmente, il degrado della qualità ecologica di parte o addirittura dell'intero corso d'acqua a seconda delle tipologie di prelievo/i a cui è stato sottoposto.

Diventa quindi importante, nel contesto locale, ma anche nazionale e internazionale, dove le energie rinnovabili sono un punto focale per la futura produzione di energia, trovare il giusto equilibrio tra la qualità ecologica degli ecosistemi, e la richiesta di energia pulita e di sviluppo economico.

In considerazione della nuova normativa vigente in materia di acque, ed in particolare alla luce della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, risulta sempre più necessario conoscere e approfondire la qualità ecologica dei corpi idrici, valutandola, non

solo da un punto di vista chimico, ma anche biologico e idromorfologico.

La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (DQA 2000/60).

Già nel 1989, l'ordinamento giuridico nazionale aveva introdotto con la Legge 183/89 il concetto di pianificazione a scala di bacino, da attuarsi attraverso la realizzazione dei Piani di Bacino e aveva anticipato un approccio integrato alla tutela delle acque attraverso il Decreto legislativo 152/1999 che prevedeva, tra l'altro, quale strumento di pianificazione delle misure per il conseguimento degli obiettivi ambientali in materia delle acque, l'elaborazione dei piani di tutela, stralcio dei piani di bacino, a cura delle regioni.

L'entrata in vigore della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (DQA 2000/60) era già stata così anticipata dalla normativa italiana.

La sostanziale novità rispetto alla normativa precedente, riguarda il concetto di qualità delle acque da un punto di vista ecologico e non più solamente chimico, introdotto proprio dalla DQA 2000/60.

Il Progetto "ACQUE PULITE"



Figura 1. Sito internet istituzionale di presentazione della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (<http://www.direttivaacque.minambiente.it/>).

La qualità ecologica viene valutata sulla base di indici biologici, supportati da indici chimici e idromorfologici. Tali indici biologici sono basati sugli elementi di qualità biologica: fitoplancton, diatomee, macrofite, macroinvertebrati, pesci, valutati per diverse categorie, fiumi e laghi, acque marino-costiere e di transizione, acque sotterranee, in modo specifico per ciascuna categoria.

La Direttiva persegue obiettivi ambiziosi: prevenire il deterioramento qualitativo e quantitativo, migliorare lo stato delle acque e assicurare un utilizzo sostenibile, basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili e si propone di raggiungere i seguenti obiettivi generali:

- ampliare la protezione delle acque, sia superficiali che sotterranee;
- raggiungere lo stato di "buono" per tutte le acque entro il 31 dicembre 2015;
- gestire le risorse idriche sulla base di bacini idrografici indipendentemente dalle strutture amministrative;
- procedere attraverso un'azione che unisca limiti delle emissioni e standard di qualità;
- riconoscere a tutti i servizi idrici il giusto prezzo che tenga conto del loro costo economico reale;
- rendere partecipi i cittadini delle scelte adottate in materia.

Il D.Lgs. n.152 del 3 aprile 2006.

La direttiva 2000/60/CE è stata recepita in Italia attraverso il decreto legislativo n.152 del 3 aprile 2006. La sua applicazione si esplica attraverso l'analisi e definizione di quattro aspetti principali:

1. *Tipologia* - Gli Stati Membri devono identificare dei tratti distinti e significativi di corpi idrici, sulla base delle caratteristiche idromorfologiche e fisico-chimiche degli stessi.
2. *Condizioni di riferimento* - Per ciascuna tipologia, gli Stati Membri devono stabilire un insieme di condizioni di riferimento che riflettano, quanto più possibile, condizioni naturali indisturbate, ovvero di impatto antropico nullo o trascurabile riferite a degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), idromorfologica, chimica e chimico-fisica.
3. *Reti di monitoraggio* - Ciascuno Stato Membro dovrà mettere a punto delle reti di monitoraggio al fine di: classificare i corpi idrici in una delle 5 classi di stato ecologico, ossia "elevato", "buono", "sufficiente", "scarso", "cattivo"; evidenziare eventuali cambiamenti nello stato ecologico di bacini idrici definiti "a rischio". I programmi di monitoraggio dovranno rispondere all'esigenza di evidenziare la risposta dell'EQB agli eventuali impatti cui esso è sottoposto, distinguendo la variabilità spaziale/temporale, relativa ai valori di fondo naturali, dalla variabilità legata agli effetti delle pressioni antropiche sul sistema.
4. *Sistema di classificazione* - Le condizioni riportate per ciascun EQB devono essere confrontate con le condizioni di riferimento. Dal grado di deviazione dalle condizioni di riferimento (Ecological Quality Ratio, EQR) dipenderà l'appartenenza a una delle 5 categorie di stato ecologico sopra citate.

Al fine di fornire indicazioni specifiche per la trattazione di ciascuno dei suddetti aspetti attuativi della WFD, sono stati pertanto emanati tre decreti ministeriali attuativi del D.Lgs. 152/06:

- il DM 131/2008 recante i criteri tecnici per la caratterizzazione e tipizzazione dei corpi idrici;
- il DM 56/2009 relativo alle procedure per il monitoraggio e l'identificazione delle condizioni di riferimento per i corpi idrici;

Il Progetto "ACQUE PULITE"

- il DM 260/2010 riguardante le modalità di classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali. Il DM 260/2010 ha, di fatto, introdotto un approccio innovativo nella valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici, integrando sia aspetti chimici che biologici. Lo stato ecologico viene valutato attraverso lo studio degli elementi biologici (composizione e abbondanza), supportati da quelli idromorfologici, chimici e chimico-fisici.

Conclusioni.

La Direttiva stabilisce che i singoli Stati Membri affrontino la tutela delle acque a livello di "bacino idrografico" e l'unità territoriale di riferimento per la gestione del bacino è individuata nel "distretto idrografico", area di terra e di mare, costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive

acque sotterranee e costiere. L'Italia è stata suddivisa in 8 distretti idrografici (D.Lg. 152/2006), Padano, Alpi Orientali, Serchio (pilota), Appennino Settentrionale, Appennino Centrale, Appennino Meridionale, Sicilia e Sardegna.

Relativamente ad ogni distretto, deve essere predisposto un programma di misure che tenga conto delle analisi effettuate e degli obiettivi ambientali fissati dalla Direttiva, con lo scopo ultimo di raggiungere uno "stato buono" di tutte le acque entro il 2015 (salvo casi particolari espressamente previsti dalla Direttiva).

I programmi di misure sono indicati nei Piani di Gestione che gli Stati Membri devono predisporre per ogni singolo bacino idrografico e che rappresenta pertanto lo strumento di programmazione/attuazione per il raggiungimento degli obiettivi stabiliti dalla Direttiva.

Bibliografia.

La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (DQA 2000/60):

<http://www.direttivaacque.minambiente.it/>

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale"

<http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/06152dl.htm>

Decreto Ministeriale 16 giugno 2008, n.131, "Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici"

<http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2008/08/11/008G0147/sg;jsessionid=f0iF12pqCRI8N5RKxUXbcw...ntc-as4-guri2b>

Decreto Ministeriale 14 aprile 2009, n. 56, "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici"

http://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2009-05-30&atto.codiceRedazionale=009G0065&elenco30giorni=false

Decreto Ministeriale 8 novembre 2010, n.260 "Criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali"

<http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/02/07/011G0035/sg>

Le aree di studio.

M. Ciampittiello, A. Boggero, M. Rogora, P. Volta, I. Cerutti, L. Bertato, C. Dresti, H. Saidi, P. Sala, S. Zaupa⁽¹⁾

⁽¹⁾ ISE-CNR, Verbania (VB)
m.ciampittiello@ise.cnr.it

Abstract. La realizzazione degli obiettivi del Progetto Acque Pulite doveva necessariamente passare prima di tutto dalla scelta dei siti di applicazione delle attività previste e dalla loro caratterizzazione non solo idraulica ma anche ambientale in senso lato. I siti individuati sono quelli relativi alla presenza di opere di captazione e derivazione legate all'utilizzo idroelettrico del torrente e i campionamenti chimici, biologici, idromorfologici e le misure di portata sono stati effettuati sia a monte che a valle di tali opere per indagare nel dettaglio gli eventuali impatti della loro presenza su tutti i parametri di qualità. Ogni sito individuato è stato quindi descritto sotto diversi punti di vista e per ciascuno sono poi stati valutati indici, qualità e caratteristiche ecologiche.

Introduzione.

La scelta dei siti su cui sviluppare le attività del "Progetto Acque Pulite" si è basata sulla necessità di verificare l'impatto delle alterazioni idromorfologiche sulle biocenosi presenti, e quindi si sono primariamente scelte zone con presenza di manufatti antropici che fossero legati all'utilizzo idroelettrico delle acque del Torrente. Inoltre, la scelta è stata fatta anche in funzione delle biocenosi da campionare e della possibilità di effettuare misure di portata con il mulinello idraulico.

Il bacino del torrente San Giovanni.

Il Torrente San Giovanni è uno dei principali affluenti del Lago Maggiore, sottende un bacino imbrifero di 60.7 km² (Figura 1) e si sviluppa da un'altitudine di 2156 m s.l.m. fino alla quota media del lago pari a 193.88 m s.l.m.. È caratterizzato da un'altitudine media di 914 m s.l.m. con solo il 40% del suo territorio posto sopra i 1000 m, ma con versanti molto ripidi e spesso soggetti a problemi di dissesto idrogeologico, soprattutto in presenza di forti precipitazioni.

Gli andamenti delle portate del Torrente sono seguiti attraverso un idrometro posto sotto il ponte di Possaccio e messi in relazione con l'unica stazione meteorologica presente all'interno del suo bacino, posta a Piancavallo nei pressi del centro Auxologico.

I dati di portata sono disponibili dal 1978 al 2006 e dopo la sostituzione dello strumento, nuovamente dal 2013 ad oggi (2015). I dati di pioggia e temperatura sono disponibili in modo continuativo dal 1986 ad oggi (2015).

La portata misurata al ponte di Possaccio risente ancora dei prelievi dovuti alla centrale di Ramello, in quanto la loro restituzione avviene a valle dello strumento, quindi messi in relazione alle piogge, danno informazioni sia sugli effetti del cambiamento climatico che su quelli relativi al prelievo della centrale.

La selezione dei siti di campionamento si è basata quindi sul fatto che i siti:

- dovevano essere rappresentativi della composizione in habitat del tratto fluviale a cui appartiene il corso d'acqua considerato;
- dovevano essere rappresentativi, in termini di vegetazione riparia, dell'ombreggiatura presente nel tratto fluviale considerato;

Il Progetto "ACQUE PULITE"

- dovevano presentare soglie o briglie (o altre strutture di origine antropica), almeno in alcuni dei tratti da monitorare;
- dovevano affiancare i punti di studio per l'idromorfologia ai punti di studio per la fauna macroinvertebrata;
- dovevano presentare la tipologia di flusso prevalente per l'area di studio.

La scelta è quindi caduta su quattro stazioni di campionamento e misura così raggruppate:

- 1) Località Scareno, a cavallo dell'opera di captazione con (i) un sito a monte (stazione Scareno monte) e (ii) un sito a valle (stazione Scareno valle) per quanto riguarda il campionamento di macroinvertebrati e pesci, della chimica e delle misure di portata, mentre per quanto riguarda le indagini morfologiche e di habitat è stato indagato solo il sito a monte;

- 2) Località Ramello, a cavallo della traversa con (iii) un sito a monte (stazione Ramello monte), prima dell'approfondimento dell'alveo nei pressi del ponte, per i campionamenti biologici, chimici, le misure di portata e i rilievi morfologici e di habitat e (iv) un sito poco più a valle della traversa (stazione Ramello valle), nel canale principale per quanto riguarda i campionamenti biologici, chimici, misure di portata e rilievi per la valutazione delle caratteristiche morfologiche e di habitat.

Per ciascun sito è stata valutata la tipologia di flusso prevalente presente, in modo descrittivo (Tabella 1), attraverso il metodo CARAVAGGIO, per relazionarla sia con le misure di portata, sia con le biocenosi campionate, e derivarne informazioni utili per l'interpretazione delle caratteristiche idromorfologiche e di habitat presenti.

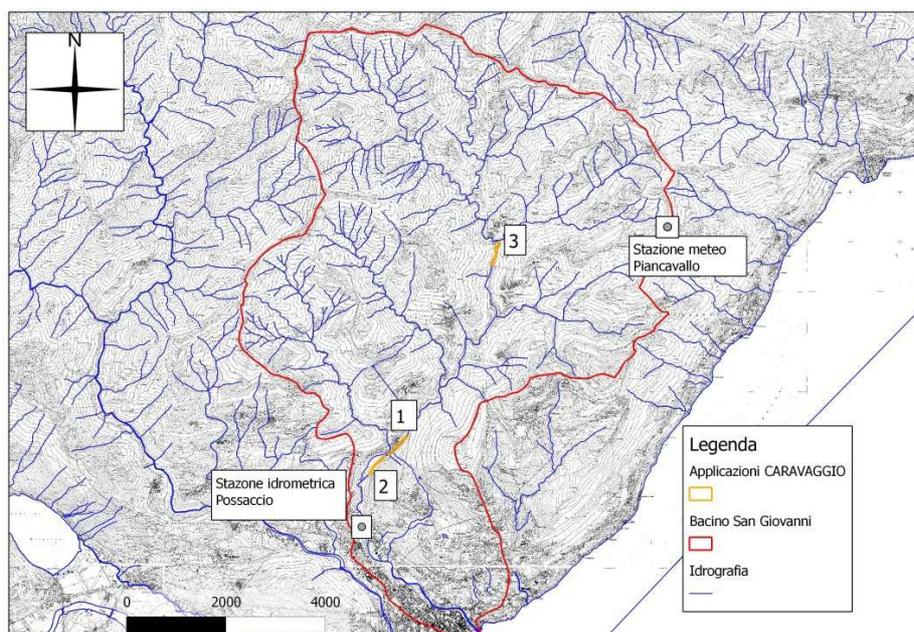


Figura 1. Bacino imbrifero del Torrente san Giovanni con relativa posizione delle stazioni di misura meteo-idrologiche e delle applicazioni del metodo CARAVAGGIO; 1) monte della centrale di Ramello; 2) valle della centrale di Ramello; 3) monte dell'opera di captazione presso Scareno, e zone di campionamento fauna a macroinvertebrati e ittica.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Tabella 1. Descrizione dei tipi di flusso che si possono registrare nella scheda di campo del metodo CARAVAGGIO (Buffagni et al., 2013).

Tipo di flusso	Codice	Descrizione
Asciutto	DR	Assenza d'acqua in alveo
Non percettibile	NP	Assenza di movimento dell'acqua verso valle
Liscio (smooth)	SM	Flusso laminare, con superficie dell'acqua priva di turbolenza
Incrispato (rippled)	RP	Presenza di piccole increspature simmetriche superficiali, generalmente non più alte di un centimetro e dirette verso valle
Unbroken standing waves	UW	Presenza in superficie di tipici profili a "schiena di drago"
Broken standing waves	BW	Presenza di onde con creste bianche e disordinate - aree con rapide
Chute	CH	Scorrimento aderente al substrato, con una dolce curvatura
Flusso caotico	CF	Presenza di diversi flussi, senza chiara predominanza di uno di essi
In risalita (Upwelling)	UP	Presenza di bolle in superficie dovute alla risalita dell'acqua da porzioni più profonde
Cascata	FF	Caduta verticale dell'acqua, visibilmente separata dal substrato sottostante o retrostante

Qui di seguito una breve descrizione dei singoli siti scelti e di alcune caratteristiche rilevate.

i) Stazione Scareno monte

Questa stazione è quella più a monte tra quelle scelte e si trova anche a monte dell'opera di captazione. È posta all'interno di una gola ed è circondata da boschi. Il substrato in questa zona è prevalentemente ciottoloso e ghiaioso, mentre il flusso di corrente risulta piuttosto lieve, quindi prevalentemente smooth. La larghezza dell'alveo bagnato in questa sezione è risultata di 7 m praticamente in tutti e due i rilievi effettuati; la profondità media dell'acqua è risultata di circa 25 cm, con piccola diversità tra i due campionamenti, 24 cm il 12 giugno 2014 e 26 cm il 14 gennaio 2015.

ii) Stazione Scareno valle

Questa stazione si trova al di sotto dell'opera di captazione situata in prossimità della strada che porta all'abitato di Scareno. La granulometria del substrato è formata prevalentemente da ciottoli e ghiaia, ma con presenza di roccia e massi. La larghezza media della sua sezione bagnata è risultata di circa 7.5 m ma con una grande diversità tra il rilievo effettuato il 12 giugno 2014 (11 m) e quello effettuato il 14 gennaio 2015 (4.5 m). Per quanto riguarda le profondità del tirante idrico misurato, il valore medio è risultato di circa 20 cm con uno scostamento non elevato tra i due rilievi, 24 cm il 12 giugno 2014 e 16 cm il 14 gennaio 2015. Le tipologie di flusso riscontrate sono state unbroken e smooth nei diversi punti di campionamento.

iii) Stazione Ramello monte

Questa stazione è posta al di sopra della traversa di Ramello. Il letto dell'alveo presenta un substrato grossolano dalle dimensioni più diversificate, essendo composto da massi, ciottoli e ghiaia. In media la larghezza dell'alveo bagnato è risultata di circa 10.5 m, in particolare 11 m il 12 giugno 2014 e 10.3 m il 14 gennaio 2015. Le profondità medie misurate sono state di 25 cm il 12 giugno e 19 cm il 14 gennaio. Le aree riparie risultano meno boscate rispetto alla stazione di Scareno con vicinanza di case sparse. La tipologia di flusso identificata non è stata unica: in alcuni punti si sono rilevate caratteristiche di flusso broken, quindi con presenza di onde increspate e formazione di schiume, in altri unbroken e smooth,

Il Progetto "ACQUE PULITE"

cioè zone dove la superficie dell'acqua era caratterizzata da ondine non increspate e flusso laminare, ovvero flusso con bassa velocità di corrente.

iv) Stazione Ramello valle

È situata a valle della traversa di Ramello. Qui il corso d'acqua si divide in due canali, il principale in sponda sinistra e il secondario, caratterizzato da un flusso quasi nullo, in sponda destra. L'alveo principale in questa zona è caratterizzato da un substrato prevalentemente a ciottoli con presenza

sporadica di massi di varie dimensioni e vegetazione arbustiva. In alcuni punti di campionamento erano presenti briofite, almeno in estate; nel campionamento autunnale non sono state ritrovate, forse scomparse per effetto della piena autunnale. In media la larghezza dell'alveo bagnato principale è stata rilevata intorno ai 4 m in entrambe le stagioni, mentre la profondità media del tirante idrico è stata misurata intorno ai 19 cm, anch'essa per entrambe le stagioni. Le zone riparie sono caratterizzate da parziali zone boscate e prati. In entrambe le stagioni, la tipologia di flusso dell'acqua è risultata prevalentemente *unbroken*.



2.a



2.b

Figura 2. Campionamento dei macroinvertebrati 12 giugno 2014 (2.a) alla Sezione a monte dell'opera di captazione di Scareno (2.b).



3.a



3.b

Figura 3. Sezione a valle della presa di Scareno: vista da valle dell'opera di presa (3.a), vista dell'alveo a valle della presa (3.b).

Il Progetto "ACQUE PULITE"

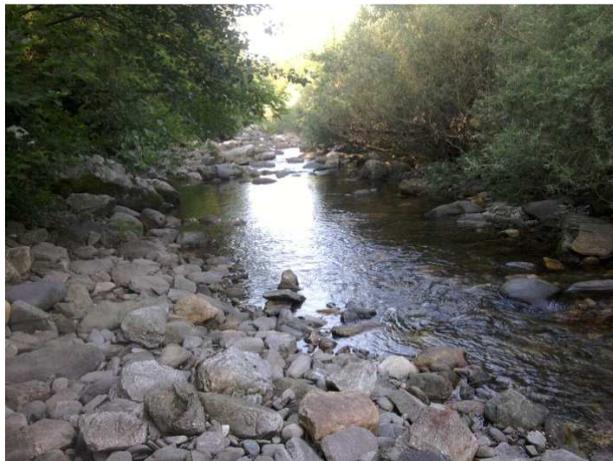


4.a



4.b

Figura 4. Sezione a monte della traversa di Ramello durante le misure di portata: vista dell'alveo al 12 giugno 2014 (4.a), e immagine della fase di misura della portata del 14 gennaio 2015 (4.b).



5.a



5.b

Figura 5. Sezione a valle della traversa di Ramello: canale principale (5.a), e canale secondario (5.b).

Conclusioni.

Le attività di raccolta dati effettuate all'interno del "Progetto Acque Pulite" sono state necessarie per verificare la qualità ecologica presente in particolari tratti del Torrente, oggetto di alterazione idromorfologica, approfondita nei capitoli successivi. Le attività di campo sono state svolte durante l'estate del 2014 e l'inverno 2015, saltando l'autunno a causa dell'evento di piena avvenuto a metà novembre, e hanno riguardato:

- Raccolta di campioni d'acqua per le analisi chimiche;
- Misure di portata e rilievi morfologici;
- Campionamento fauna macroinvertebrati;
- Campionamento fauna ittica.

Tutti i dati raccolti sono stati elaborati secondo metodiche standard sviluppate a livello nazionale e secondo quanto richiesto dalla normativa europea, nello specifico, secondo la WFD 2000/60.

Le elaborazioni sono state effettuate per i due periodi di campionamento estate e inverno e per ciascuna delle quattro stazioni scelte:

- Stazione Scareno monte – tratto a monte dell'opera di captazione posta in prossimità della strada che porta all'abitato di Scareno;
- Stazione Scareno valle – tratto a valle dell'opera di captazione posta in prossimità della strada che porta all'abitato di Scareno;

Il Progetto "ACQUE PULITE"

- Stazione Ramello monte – tratto a monte della traversa presso la centrale idroelettrica di Ramello;
- Stazione Ramello valle – tratto a valle della traversa presso la centrale idroelettrica di Ramello.

indagine, verificare la presenza o meno di alterazioni e impatti morfologici, nonché valutare la diversificazione degli habitat presenti, soprattutto in prossimità delle infrastrutture antropiche indagate. Le risultanze di tali verifiche sono approfondite nei capitoli successivi.

È stato quindi possibile definire lo stato ecologico attuale dei siti del Torrente San Giovanni oggetto di

Bibliografia.

Buffagni A, Demartini D, Terranova L, 2013. *Manuale di applicazione del metodo CARAVAGGIO - Guida al rilevamento e alla descrizione degli habitat fluviali*. Monografie dell'Istituto di Ricerca Sulle Acque del C.N.R., 1/i, 312 pp.: Roma.

Caratterizzazione idraulica dei siti di interesse

F. Miotto ⁽¹⁾

⁽¹⁾ ARS.UNI.VCO, Domodossola (VB)
filippo.miotto@univco.it

Abstract. Il Progetto "Acque Pulite" rappresenta un progetto pilota per lo studio di aste fluviali in cui la continuità torrentizia è stata interrotta dalla realizzazione in alveo di un'opera antropica che, nei casi qui esaminati, coincide con una traversa fluviale destinata alla derivazione di acqua per uso idroelettrico. Il torrente San Giovanni, scelto come torrente campione, è posto nella provincia del Verbano Cusio Ossola e sfocia nel Lago Maggiore all'altezza dell'abitato di Verbania-Intra. A parte il tratto terminale, caratterizzato da pendenze più ridotte ed un suo scorrimento su una piana di origine glaciale/alluvionale, gran parte del suo tracciato e dei suoi affluenti scorrono in un contesto montano caratterizzato prevalentemente da un alveo particolarmente inciso con pendenze piuttosto elevate. Ciò lo rende quindi rappresentativo dei torrenti montani, permettendo così d'esportare la metodologia proposta anche su altri bacini. Nel seguito sono descritti i due siti analizzati nel progetto pilota.

Introduzione.

Il Torrente San Giovanni è un affluente in sponda orografica destra del Lago Maggiore, nel quale sfocia all'altezza dell'abitato di Verbania-Intra.

Il bacino idrografico del Torrente San Giovanni confina a ovest con il bacino del Torrente San Bernardino, mentre a nord confina con il bacino del Torrente Cannobino (Valle Cannobina). Ad est confina invece con una serie di piccoli bacini idrografici dati dai torrenti che rapidamente confluiscono dallo spartiacque verso il Lago Maggiore. La pendenza dell'asta fluviale è piuttosto elevata, con valore medio valutato alla sezione di chiusura, ovvero alla confluenza con il Lago Maggiore, superiore al 12%.

La parte terminale del torrente scorre in una pianura glaciale/alluvionale che praticamente inizia poco a monte del confine amministrativo del comune di Verbania. Questa parte dell'asta fluviale risulta essere fortemente antropizzata con le sponde del corso d'acqua in gran parte fortemente riprofilate se non addirittura completamente artificializzate. Il contesto complessivo di questo ultimo tratto è ormai di tipo completamente urbanizzato.

Gran parte del tracciato del torrente, invece, scorre in un'area tipicamente montana, risultando caratterizzato da un alveo con profilo inciso verso cui confluiscono sottobacini laterali caratterizzati da pendenze molto elevate.

I due siti esaminati sono stati identificati come:

- Ramello, sito coincidente con la traversa fluviale posta in prossimità dell'abitato di Ramello, frazione di Cambiasca (VB);
- Scareno, sito coincidente con la traversa fluviale posta poco a valle dell'abitato di Scareno (VB).

Descrizione del macro-contesto di riferimento.

La sezione di chiusura complessiva, coincidente con l'immissione nel Lago Maggiore, ha una quota media di circa 194 m s.l.m. e determina un bacino idrografico di circa 60 km², con un perimetro di circa 37 km, caratterizzato da un orientamento prevalente in direzione Nord-ovest, Sud-Ovest. La quota massima è di 2'108 m s.l.m. e l'altitudine media è di circa 900 m s.l.m. (fonte dei dati: PTA - Piano di Tutela delle Acque, D.C.R. n. 117-10731 del 13

Il Progetto "ACQUE PULITE"

marzo 2007, REV. 03, 2007), con una pendenza media dei versanti del 53%.

La Figura 1 mostra il bacino del torrente San Giovanni nel contesto fisico-politico di appartenenza. Si nota immediatamente la netta divisione del bacino in tre parti principali.

La prima fascia, posta più a valle, è posta tra il Lago maggiore ed una linea ideale congiungente i comuni di Arizzano, Vignone e Cambiasca. A valle di questa congiungente il bacino idrografico risulta ormai compromesso nella sua naturalità, essendo il territorio fortemente antropizzato. La stessa asta fluviale, una volta entrata nel comune di Verbania scorre in un contesto generale di tipo urbano con parte del suo tracciato ormai riprofilato e non più naturale.

Poco a monte di questo settore è presente una seconda fascia in cui il bacino idrografico presenta al suo interno un carico antropico piuttosto limitato e concentrato in piccole realtà comunali (come Caprezzo, Intragna, Aurano), oltre che in piccole frazioni, facilmente individuabili.

La terza fascia, posta nella parte più a monte del bacino idrografico, è costituita da terreno a tratti molto impervio, unitamente ad una quota che rapidamente si porta sopra i 1000 m s.l.m.. Questo fattore ha determinato negli anni un progressivo abbandono del territorio da parte degli esseri umani, riportandolo ad uno "stadio" naturale e impervio che, non a caso, costituisce parte del Parco Naturale della Val Grande.

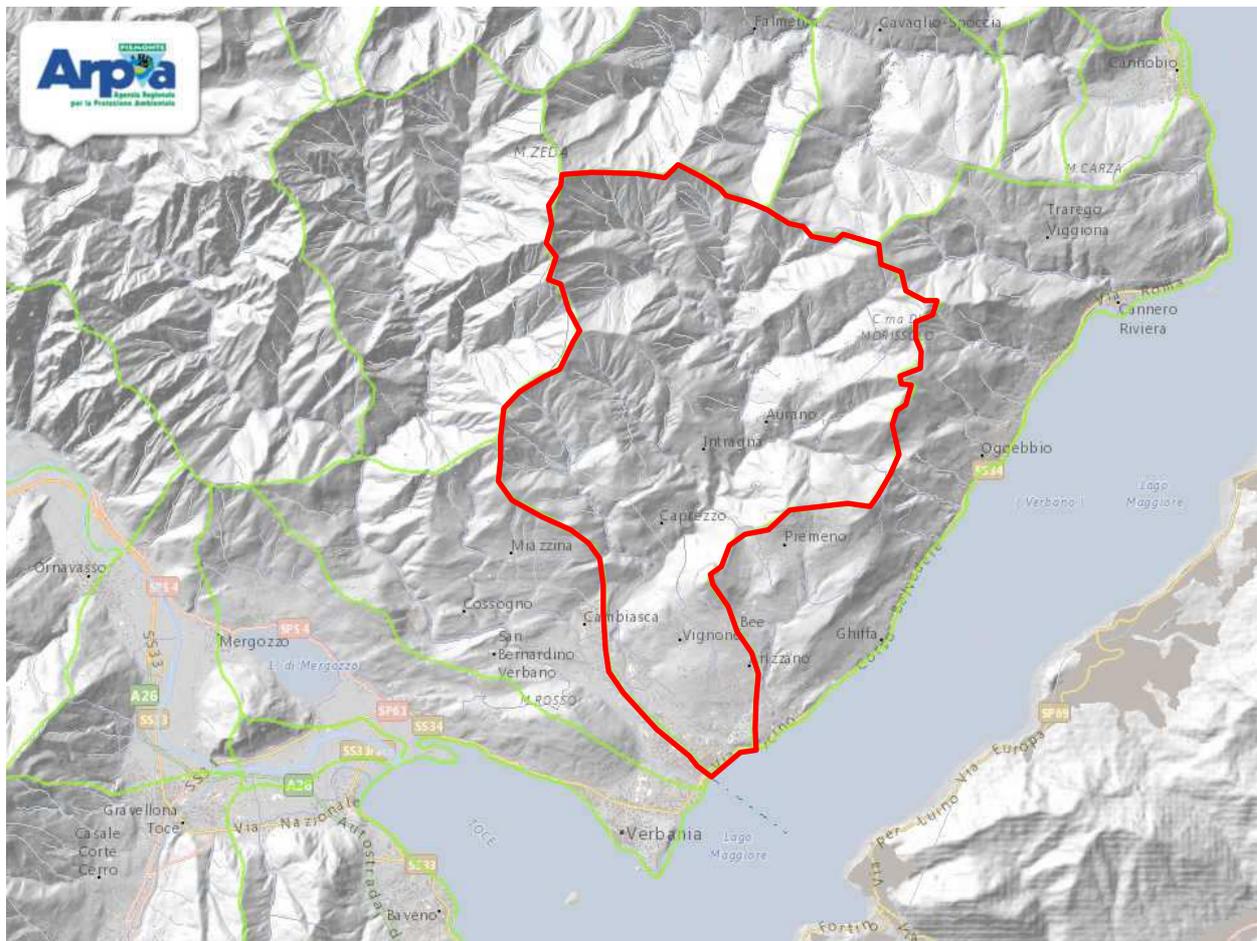


Figura 1. Contesto territoriale in cui è inserito il bacino idrografico del torrente San Giovanni (perimetro evidenziato in rosso).

Fonte: <http://webgis.arpa.piemonte.it>.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Ancora più esaustiva è la Figura 2 in cui si riporta il bacino idrografico del Torrente San Giovanni sovrapposto alle ortofoto della Regione Piemonte. L'immagine presentata è stata ottenuta grazie all'ausilio del Geoportale 3D dell'Arpa Piemonte, disponibile al sito:

<http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.php/servizi-geoportale/geoviewer-3d-n>).

Si nota la presenza di alcuni nuclei urbani in prossimità dell'asta principale con una massiccia presenza nella parte terminale del tracciato. Il sito di Ramello, risulta ormai molto prossimo all'area urbana di Verbania. Il sito di Scareno, invece, è posto più a monte, in una zona dove il corso d'acqua possiede un alveo completamente naturale, salvo brevi tratti.

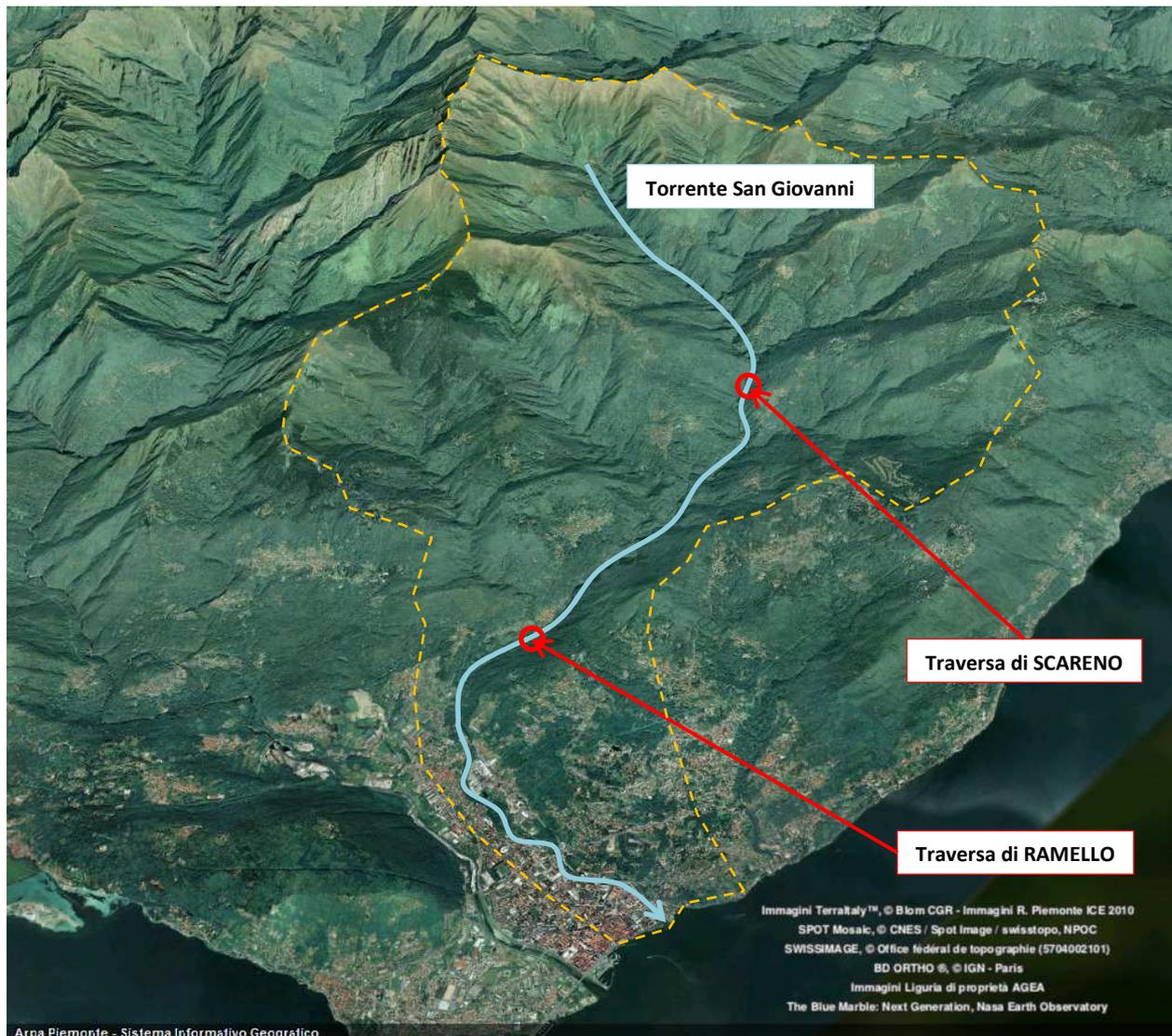


Figura 2. Ortofoto del bacino idrografico del torrente San Giovanni. Fonte:
<http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.php/servizi-geoportale/geoviewer-3d-n>.

Il sito di Ramello.

Il sito di analisi identificato come "Ramello" è posto in prossimità dell'abitato di Ramello, frazione di Cambiasca (VB) (Figura 3). In corrispondenza di

questo sito è presente una vera e propria traversa in alveo che favorisce l'opera di presa posta in sponda destra orografica (Figura 4). Quest'ultima è costituita da una presa a raso rispetto al bacino formatosi a monte della traversa, con paratoie di regolazione e controllo delle portate derivate. A valle della presa è

Il Progetto "ACQUE PULITE"

presente un canale di derivazione a cielo aperto che conduce le acque verso la vasca di carico dell'impianto idroelettrico. Sempre in sponda destra sono presenti i dispositivi per il rilascio del DMV nel torrente San Giovanni.

Il corso d'acqua su cui insiste, il torrente San Giovanni, grazie alla presenza di questa traversa rallenta il suo corso, come è evidenziato dalla presenza di un piccolo lago a monte della traversa. La

valle stessa in cui si colloca si allarga leggermente rispetto al tratto di monte e di valle, dove invece l'alveo risulta più inciso, attraversando una zona piuttosto pianeggiante.

Nel bacino formatosi a monte della traversa vengono rilasciate le portate turbinate da un altro impianto idroelettrico. Il bacino formato dalla traversa oltre alla funzione di bacino di carico assume anche la funzione idraulica di bacino di demodulazione.



Figura 3. Vista area del sito "Ramello". Quadro di insieme. Fonte: <http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.php/servizi-geoportale/geoviewer-3d-n>.

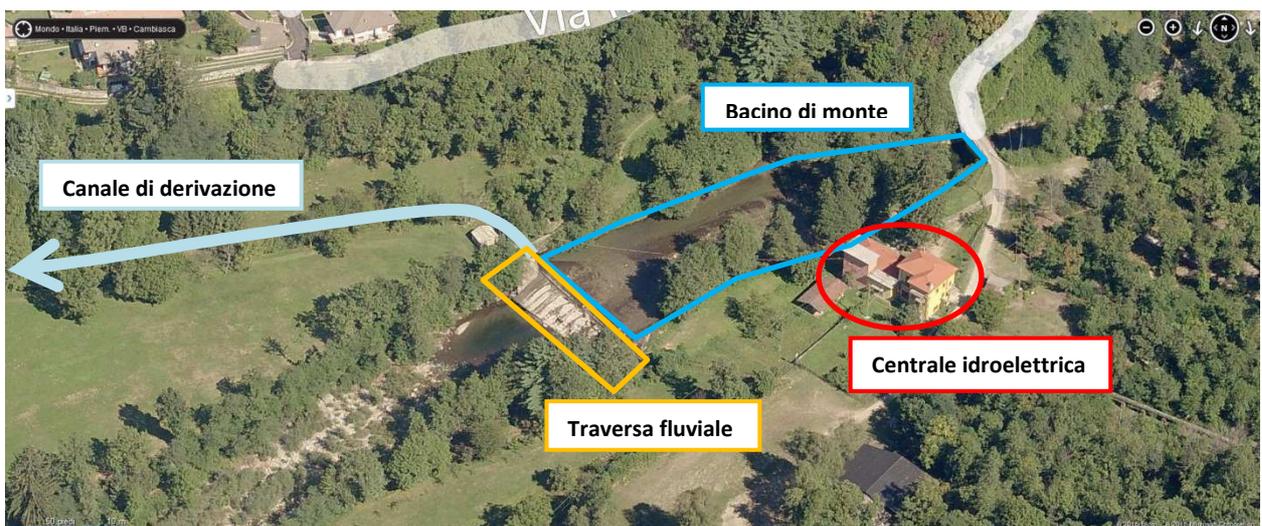


Figura 4. Ortofoto del bacino idrografico del torrente San Giovanni. Fonte: <http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.php/servizi-geoportale/geoviewer-3d-n>.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

La traversa fluviale genera un salto di oltre 2 metri all'interno dell'alveo fluviale, interrompendone la continuità (Figura 5).

A monte della traversa si è generato un piccolo bacino di calma con una profondità variabile tra poche decine di centimetri e circa 50-60 cm nella parte centrale (Figura 6). E' presente all'interno del bacino del materiale di deposito di pezzatura variabile (sabbia, ghiaia, ciottoli). Non sono visibili

grandi formazioni di deposito di materiale fine in quanto gli eventi di piena che interessano il torrente San Giovanni, nonostante a questa sezione di chiusura abbia già un bacino piuttosto esteso, sono ancora di tipo impulsivo e caratteristici dei bacini di alta montagna, con idrogrammi di piena caratterizzati da valori elevati, se rapportati all'area, e da fenomeni di piena comunque impetuosi che portano ad una sorta di "pulizia" del fondo alveo rimuovendo parte del materiale che si deposita nei periodi di calma.



Figura 5. Sito di "Ramello". Vista della traversa e della sponda orografica destra. La presa di alimentazione del canale di derivazione è posta in corrispondenza dei cartelli di pericolo visibili. In questa posizione è presente anche la soglia per il rilascio del DMV. Entrambi questi elementi sono occultati alla vista.

Caratterizzazione idraulica.

La derivazione di Ramello e l'impianto idroelettrico ad essa collegato seguono lo schema tipico dei grandi impianti realizzati fino a circa 40-50 anni fa (Evangelisti, 1951).

Trasversalmente all'alveo è infatti posta una traversa tracimabile vera e propria (Figura 5). La traversa è stata originariamente pensata per formare un piccolo bacino in cui il livello idrico potesse innalzarsi, rallentando il flusso dell'acqua e permettere così l'agevole attivazione della presa posta in sponda orografica destra che alimenta il canale di derivazione. Quest'ultimo è a sezione aperta e conduce le portate derivate verso una vasca di carico, posta pochi chilometri a valle.

Esiste un profilo di richiamo verso il canale di derivazione che interessa però una ridotta parte del lago formatosi a monte della traversa bacino, esaurendo il suo effetto a pochi metri dalla soglia di alimentazione del canale stesso.

Attualmente il lago a monte della traversa risulta completamente riempito dai depositi alluvionali tipici dei torrenti di alta montagna. È possibile individuare ancora un bacino di monte, questo però è caratterizzato dall'essere uno specchio d'acqua in cui il livello idrico raggiunge al massimo poche decine di centimetri in condizioni ordinarie.

Poco a monte della traversa è presente il rilascio della centrale di Ramello (Figura 6). La portata turbinata,

Il Progetto "ACQUE PULITE"

una volta rilasciata nel bacino, genera delle piccole intumescenze del livello idrico che però, si dissipano entro alcune decine di metri dallo scarico della centrale, senza pregiudicare la sicurezza delle sponde

e senza determinare fluttuazioni sensibili del livello idrico nel bacino (Ghetti, 1998, Citrini e Nosedà, 2013, ASCE, 1995).



Figura 6. Sito di "Ramello". Vista del bacino formatosi a monte della traversa. Immagine scattata dalla presa di alimentazione del canale di derivazione.



Figura 7. Sito di "Ramello". Vista del bacino formatosi a valle della traversa.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Sulla traversa, in sponda orografica destra, è presente una soglia regolata da una paratoia per il rilascio del deflusso minimo vitale.

A valle della traversa è visibile una zona in cui l'acqua in caduta dalla traversa, caratterizzata da un elevato contenuto energetico, ha creato una vasca profonda in alcuni punti anche più di un metro (Figura 7). Da un punto di vista strettamente idraulico, il passaggio dell'onda di piena al di sopra della traversa genera un profilo di richiamo verso la traversa con passaggio per l'altezza critica in prossimità della soglia superiore della traversa.

A valle l'acqua entra nella vasca creando dei risalti idraulici che dissipano parte dell'energia cinetica della corrente (Ghetti, 1998, Citrini e Nosedà, 2013).

Il sito di Scareno.

Il sito identificato come "Scareno" è posto all'interno del bacino del torrente San Giovanni poco a valle della restituzione di un impianto idroelettrico. La Figura 8 permette di individuare il sito di interesse rispetto ai principali centri abitati posti nelle vicinanze, mentre la Figura 9 mostra un dettaglio dell'area per una facile individuazione delle altre infrastrutture presenti.

Il sito di interesse è caratterizzato dalla presenza di una traversa fluviale con griglia a trappola per l'intercettazione delle portate, con funzione di derivazione per un impianto idroelettrico. La presenza di alcune opere in alveo determina una interruzione della continuità del corso d'acqua e per tale motivo viene considerato significativo.

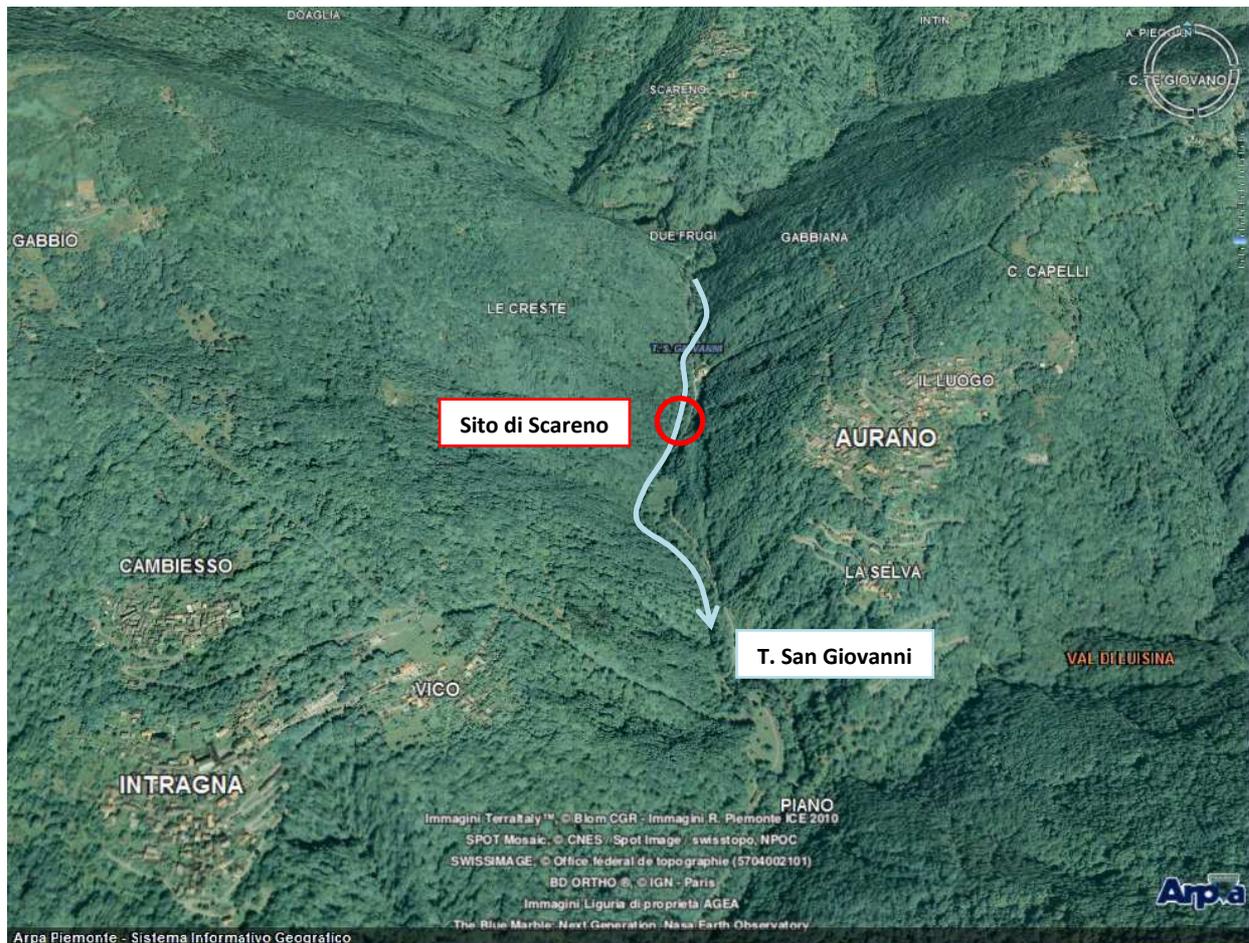


Figura 8. Vista area del sito "Scareno". Quadro di insieme. Fonte: <http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.php/servizi-geoportale/geoviewer-3d-n>.

Il Progetto "ACQUE PULITE"



Figura 9. Vista area del sito "Scareno". Dettaglio dell'area. Fonte: <http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.php/servizi-geoportale/geoviewer-3d-n>.

Il tratto fluviale in cui è collocato l'impianto presenta sponde molto accentuate che in prossimità dell'alveo inciso assumono pendenze prossime alla verticale delimitando in maniera chiara l'alveo (Figura 10).

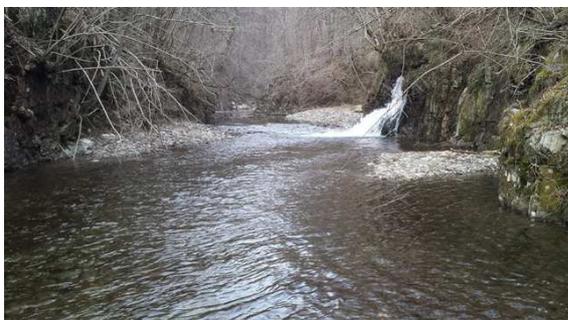


Figura 10. Sito di "Scareno". Vista dell'alveo fluviale inciso posto a monte della traversa.

Le sponde sono caratterizzate da estesi tratti in roccia. La copertura vegetale è elevata solo nella parte più esterna all'alveo principale dove si intuisce

che le possibilità di passaggio di un'onda di piena sono molto ridotte, permettendo infatti anche la crescita di alberi ad alto fusto.

L'impianto "Scareno" è costituito da una traversa fluviale con funzione di presa a trappola disposta trasversalmente all'alveo principale (Figura 11). In sponda destra orografica è stata realizzata la scala di risalita dei pesci (Figura 11), mentre in sponda sinistra è presente il dissabbiatore e la vasca di carico che alimenta la condotta che conduce le acque prelevate verso la centrale di produzione.

La presenza di due sfioratori laterali e di una paratoia piana a scorrimento verticale (Figura 12) garantiscono la regolazione ed il controllo delle portate derivate, permettendo così il rilascio delle portate in eccesso o di quelle necessarie all'autopulizia del dissabbiatore.

Il Progetto "ACQUE PULITE"



Figura 11. Sito di "Scareno". presa a trappola e scala di risalita dei pesci.



Figura 12. Sito di "Scareno". Dissabbiatore e vasca di carico. Sono visibili gli sfioratori laterali e la paratoia per la regolazione ed il controllo delle portate.

Il Progetto "ACQUE PULITE"



Figura 13. Sito di "Scareno". Ingrandimento della vista da valle dell'impianto. Foto scattata dal ponte della vecchia strada per Scareno nel mese di Febbraio, in assenza di vegetazione.

La presa a trappola ha determinato la formazione, a monte della presa, di un piccolo bacino di calma dove le acque rallentano leggermente il loro corso (Figura 10), stabilizzano il livello idrico e perdono parte delle intumescenze tipiche dei corsi d'acqua di montagna, giungendo così alla griglia di presa con un andamento più regolare che favorisce la derivazione.

Appena a valle della presa a trappola è presente un breve scivolo, che si presenta alla vista come una serie di massi intasati da calcestruzzo (Figura 11 e Figura 12), che permette il corretto rilascio dell'acqua verso valle, diminuendo l'effetto di scalzamento del piede per effetto dei moti vorticosi che normalmente si generano ai piedi di qualsiasi traversa, garantendo una migliore stabilità dell'opera dal punto di vista del ribaltamento, dello scorrimento e del sifonamento.

Da un punto di vista paesaggistico il sito risulta essere ben inserito, evidenziando così la realizzazione più recente rispetto al sito di Ramello. Ne è un chiaro esempio la Figura 13, scattata da valle del sito. L'immagine è stata presa nel mese invernale, con vegetazione più rada. Il sito si confonde facilmente con il paesaggio circostante.

Caratterizzazione idraulica.

L'opera di presa dell'impianto "Scareno" è costituita da una soglia per l'alimentazione della vasca di risalita dei pesci e da una presa a trappola, con quota di innesco superiore a quella della scala di risalita dei pesci, l'insieme delle quali costituisce la traversa vera e propria. Le opere presenti in alveo garantiscono così la derivazione delle portate solo quando queste superano la soglia di deflusso minimo vitale.

Quando le portate transitanti in alveo sono molto basse, nello specifico inferiori al deflusso minimo vitale, queste vengono intercettate dalla soglia di alimentazione della scala di risalita dei pesci, posta ad una quota inferiore alla soglia di attivazione della griglia della presa, bypassando così la derivazione. Al crescere delle portate disponibili, il livello idrico in alveo si innalza iniziando ad interessare anche la soglia della traversa, permettendo il passaggio al di sopra della griglia che intercetta parte delle portate in transito.

Le prese a trappola sono generalmente utilizzate in corsi d'acqua con forte pendenza (ESHA, 2007). In base alle caratteristiche dell'alveo ed alle esigenze della derivazione, assumono forme diverse.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

La tipologia costruttiva più semplice è la presa di tipo "francese", costituita da un canale che attraversa l'alveo fluviale trasversalmente. Tale canale, nella parte sommitale, è protetto da una griglia con una pendenza maggiore di quella del letto del fiume. Per agevolare l'ingresso dell'acqua le barre della griglia sono orientate parallelamente al flusso idrico. Una sezione tipica del canale con la griglia nella parte superiore è riportata in Figura 14.

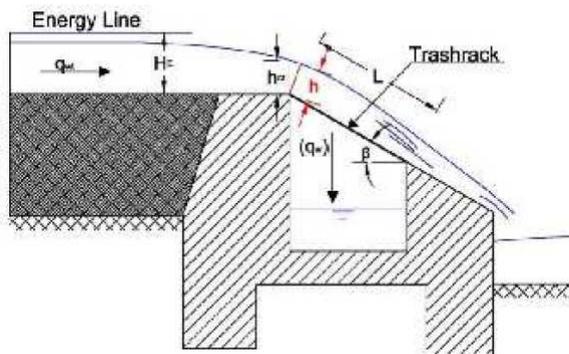


Figura 14. Sezione tipo di canale con griglia superiore per l'intercettazione della portata (Bratko e Doko, 2013).

Questa tipologia di opera è conosciuta a livello internazionale come "drop intake" o "Tyrolean intake" (Bratko e Doko, 2013), anche se in realtà i due nomi indicati sono collegati a due strutture differenti. La "drop intake" è associabile all'opera di presa che in Italia è comunemente indicata come "griglia a trappola", corrispondente alla tipologia di derivazione adottata in questo caso.

Il flusso d'acqua nel canale di raccolta posto sotto alla griglia prosegue verso il dissabbiatore dove rallenta, permettendo così il deposito del materiale in sospensione (Andreolli, 2013, Tanzini, 2013). Il materiale depositato viene poi espulso tramite una luce di fondo regolata da paratoia che, molte volte, viene utilizzata anche per effettuare la regolazione del livello e della portata in transito nel dissabbiatore, permettendo così l'alimentazione della vasca di carico della portata di concessione.

Come si nota dalla Figura 14, il profilo presente a monte della soglia della traversa è un profilo di richiamo, con passaggio per l'altezza critica nel punto di inizio del tratto a pendenza maggiore (Ghetti, 1998, Citrini e Nosedà, 2013).

Superato la griglia di intercettazione e lo scivolo più a valle, l'acqua inizia nuovamente a scorrere

nell'alveo naturale. E' necessario in questi casi avere molta cura di queste parti della traversa e dell'alveo in quanto la corrente assume velocità tali da poter comportare l'erosione dell'alveo al piede della traversa pregiudicandone la sicurezza (ASCE, 1995, Evangelisti, 1951). Normalmente in questi casi si procede in vari modi essenzialmente consistenti nell'interporre degli elementi a resistenza elevata che possano dissipare l'energia della corrente, come massi ciclopici, barriere artificiali, platee in calcestruzzo o miste (massi ciclopici intasati con calcestruzzo), vasche d'acqua per la dissipazione. Nel caso qui esaminato sono stati disposti dei massi, favorendo comunque la formazione di una piccola vasca di dissipazione in cui l'acqua, percorso lo scivolo ed entrandovi perde parte della sua energia.

La presenza a valle di un lungo scivolo in calcestruzzo permette inoltre la riduzione dei moti di filtrazione al di sotto della traversa, riducendo di conseguenza il fenomeno del sifonamento (Evangelisti, 1951). Il percorso dell'acqua al di sotto della traversa risulta allungato, permettendo di dissipare la propria energia lungo il percorso riducendo e rallentando gli effetti negativi quali il sifonamento.

Conclusioni.

I due siti individuati per effettuare i campionamenti sono caratterizzati dalla presenza in alveo di una traversa con la funzione di regolarizzare il profilo del pelo libero facilitando così la derivazione laterale verso un impianto idroelettrico. In entrambi i casi poco a monte della traversa fluviale è presente la restituzione di un impianto idroelettrico che sottende un tratto fluviale a monte. Questi due siti presentano così le caratteristiche ideali per valutare l'incidenza di una derivazione di acqua e di un'opera antropica che interrompe la continuità fluviale. Pur essendo stati concepiti in modo diverso, e pur essendo stati realizzati in anni molto diversi, con l'impianto di Ramello di molti decenni precedente a quello di Scareno, i due impianti presentano caratteristiche idrauliche simili, essendo il tutto regolato ed influenzato dalla presenza della traversa in alveo.

Entrambi i siti rappresentano uno standard dal punto di vista degli impianti idroelettrici, rispecchiando quanto previsto dalla letteratura scientifica specialistica.

Bibliografia.

Andreolli F., *Impianti micro idroelettrici, Progetto e installazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2013.

ASCE - American Society of Civil Engineers,(1995) *Guidelines for Design of Intakes for Hydroelectric Plants*.

Bratko D., Doko A., *Water intake structures for hydropower*, 2nd International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, BCCCE, 23-25 May 2013, Epoka University, Tirana, Albania.

Citrini D, Nosedà G., *Idraulica*, Casa Ed. Ambrosiana, 2009.

Evangelisti G., *Impianti speciali idraulici*, vol. I-II, Patron Editore, Bologna, 1951.

Ghetti A., *Idraulica*, Libreria Cortina, 1998.

Senturk F., *Hydraulics of dams and reservoirs*. Water Resources Publication, 1994.

Tanzini M., *Impianti idroelettrici, Progettazione e costruzione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2013.

L'indagine chimica

M. Rogora, A. Orrù, P. Giacomotti, G. A. Tartari ⁽¹⁾

⁽¹⁾ ISE-CNR, Verbania (VB)
e-mail m.rogora@ise.cnr.it

Abstract. Le acque del Torrente S. Giovanni sono oggetto di indagini chimiche continuative a cura del CNR ISE dai primi anni '70. Questo corso d'acqua è infatti inserito nell'ambito delle ricerche sul lago svolte per conto della Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere (CIPAIS), in quanto tributario del Lago Maggiore. Il presente studio ha permesso di campionare ed analizzare le acque del Torrente anche in alcuni punti più a monte, in prossimità degli abitati di Scareno ed Aurano. Il Torrente San Giovanni è stato campionato ai fini delle analisi chimiche nel giugno 2014 e nel gennaio 2015, in concomitanza con i campionamenti per i macroinvertebrati. Un ulteriore campionamento è stato eseguito nel marzo 2015, allo scopo di disporre di dati indicativi di tre diversi momenti stagionali.

Introduzione.

Le acque del Torrente S. Giovanni sono oggetto di indagini chimiche continuative a cura del CNR ISE dai primi anni '70. Questo corso d'acqua è infatti inserito nell'ambito delle ricerche sul lago svolte per conto della Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere (CIPAIS), in quanto tributario del Lago Maggiore.

Grazie a queste ricerche, sul San Giovanni sono disponibili dati regolari con frequenza mensile, che permettono di valutare l'evoluzione a lungo termine delle caratteristiche chimiche del corso d'acqua. Questi dati fanno riferimento al corso d'acqua alla foce, ovvero nel punto di ingresso a lago. Recentemente, nel 2013, il Torrente San Giovanni è stato, invece, considerato nell'ambito di uno studio sui corsi d'acqua del Parco Nazionale Val Grande e delle aree limitrofe, commissionato al CNR ISE dall'Ente Parco.

Questa ricerca ha permesso di campionare ed analizzare le acque del Torrente anche in alcuni punti più a monte, in prossimità degli abitati di Scareno ed Aurano. Inoltre, sono state raccolte ed analizzate le acque del Torrente Erbia, prima della confluenza con il San Giovanni.

I campionamenti effettuati.

Il Torrente San Giovanni è stato campionato ai fini delle analisi chimiche nel giugno 2014 e nel gennaio 2015, in concomitanza con i campionamenti per i macroinvertebrati.



Figura 1. Campionamento dei macroinvertebrati, Giugno 2014, stazione di Ramello Monte.

Un ulteriore campionamento è stato eseguito nel marzo 2015, allo scopo di disporre di dati indicativi di tre diversi momenti stagionali.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Nel campionamento di giugno, i campioni sono stati raccolti in 3 punti, a Scareno e a Ramello (stazioni indicate come Ramello MONTE e Ramello VALLE). Scopo delle indagini, oltre a valutare l'eventuale variabilità spaziale dell'idrochimica, era quello di conoscere le caratteristiche chimiche delle acque, soprattutto pH, alcalinità, nutrienti, carbonio organico, nelle stazioni prescelte per le indagini biologiche.

Nei successivi campionamenti di gennaio e marzo 2015, i campioni sono stati prelevati solo nelle due stazioni di Scareno e Ramello, poiché era stato verificato, con i dati di giugno, come non ci fossero differenze nel chimismo delle acque prima e dopo la centrale di Ramello.



Figura 2. Campionamento macroinvertebrati a valle della derivazione di Ramello.

Tutti i campioni sono stati analizzati presso il laboratorio di idrochimica del CNR ISE di Verbania Pallanza. Sono stati considerati i parametri chimici di base (pH, conducibilità, alcalinità), i nutrienti (composti del fosforo e dell'azoto), il carbonio organico totale (TOC) ed i principali anioni e cationi.

I dati sono stati sottoposti ai controlli di qualità in uso presso il laboratorio e, una volta validati, archiviati in fogli Excel per le successive elaborazioni. Le metodiche di analisi ed i controlli di qualità applicati sono descritti in dettaglio al sito web:

<http://www.idrolab.ise.cnr.it/>.

Le metodologie adottate nel laboratorio sono conformi agli Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA AWWA WEF, 2012) così come ai metodi analitici APAT CNR-

IRSA per l'analisi delle acque (APAT CNR-IRSA, 2003).

Poiché lo studio è stato svolto in un arco di tempo limitato, inferiore ad un anno, si è preferito non procedere al calcolo di un indice sintetico di qualità delle acque superficiali, come ad esempio il LIMECO (Livello di Inquinamento dai Macrodescriptors per lo stato ecologico), per il quale sarebbe stato preferibile disporre di almeno 4 campionamenti ed analisi, distribuiti nel corso dell'anno.



Figura 3. Laboratorio di idrochimica del ISE-CNR di Verbania (Fonte: <http://www.idrolab.ise.cnr.it/>).

Poiché lo studio è stato svolto in un arco di tempo limitato, inferiore ad un anno, si è preferito non procedere al calcolo di un indice sintetico di qualità delle acque superficiali, come ad esempio il LIMECO (Livello di Inquinamento dai Macrodescriptors per lo stato ecologico), per il quale sarebbe stato preferibile disporre di almeno 4 campionamenti ed analisi, distribuiti nel corso dell'anno.

Il LIMECO è un indice che descrive la qualità delle acque correnti sulla base delle concentrazioni di nutrienti (azoto ammoniacale, azoto nitrico e fosforo totale) e dell'ossigenazione (EC 2000/60).

Nella discussione dei risultati si è fatto comunque riferimento a questo indice ed ai risultati ottenuti dalla sua applicazioni in esperienze precedenti eseguite sul Torrente San Giovanni.

I risultati ottenuti.

In Tab. 1 sono riportati i risultati delle analisi chimiche effettuate sui campioni prelevati, relativamente alle variabili di base ed ai nutrienti. I

Il Progetto "ACQUE PULITE"

risultati sono stati pressoché identici per le due stazioni a monte e a valle della centrale di Ramello, ad indicare come il prelievo in corrispondenza della centrale non modifichi il chimismo delle acque. Vengono quindi riportati in tabella solo i dati relativi alla stazione a valle. Nel complesso si riscontra un basso contenuto ionico delle acque (conducibilità inferiore a $50 \mu\text{S cm}^{-1}$ a 20°C) e valori di pH attorno alla neutralità. Anche l'alcalinità, rappresentata prevalentemente dai bicarbonati, presenta valori piuttosto bassi, comunque inferiori a $200 \mu\text{eq L}^{-1}$. Questa bassa mineralizzazione delle acque è da attribuire alla composizione litologica del bacino, che comprende prevalentemente rocce poco solubili. Gli ioni prevalenti sono calcio e bicarbonati, che rappresentano insieme circa il 50% del contenuto ionico totale; seguono solfati (15,18%), sodio (12-13%) e magnesio (10-11%).

Le concentrazioni di fosforo, sia reattivo che totale, sono risultate basse in entrambi i punti di

campionamento, e in tutti i periodi. Il fosforo totale è stato leggermente più elevato ($8-9 \mu\text{g P L}^{-1}$) nel campionamento di giugno, mentre negli altri casi i valori non hanno superato i $4 \mu\text{g P L}^{-1}$. Lo stesso dicasi per le concentrazioni di azoto totale (inferiori a 1mg N L^{-1}) e carbonio organico ($0,50-0,75 \text{mg C L}^{-1}$) (Tab.1).

I nitrati rappresentano in questo corso d'acqua la forma predominante di azoto, pari a circa l'80% dell'azoto totale; il restante 20% è rappresentato quasi totalmente dall'azoto organico, mentre l'ammonio contribuisce per meno dell'1%.

I dati confermano quindi la buona qualità delle acque del Torrente San Giovanni, che si caratterizzano per un basso contenuto in soluti (contenuto ionico totale tra 550 e $800 \mu\text{eq L}^{-1}$) e basse concentrazioni di nutrienti e sostanza organica.

Tabella 1. Caratteristiche chimiche delle acque in due stazioni sul Torrente San Giovanni, nei campionamenti di giugno, gennaio e marzo 2015. (Alc: alcalinità. RP: fosforo reattivo; TP: fosforo totale; Si: silicati; TOC: carbonio organico totale).

	Temp. $^\circ\text{C}$	pH	Cond. 20°C $\mu\text{S cm}^{-1}$	Alc. meq L^{-1}	RP $\mu\text{g P L}^{-1}$	TP $\mu\text{g P L}^{-1}$	TN mg N L^{-1}	Si mg Si L^{-1}	TOC mg C L^{-1}
12.06.2014									
Scareno	16,5	7,11	29,4	0,128	3	8	0,61	3,54	0,71
Ramello	17,0	7,18	42,3	0,193	5	8	0,80	4,30	0,74
14.01.2015									
Scareno	4,5	7,21	40,0	0,17	2	3	0,79	4,93	0,48
Ramello	4,5	7,31	50,1	0,23	3	3	0,96	5,17	0,50
23.03.2015									
Scareno	6,3	7,01	30,3	0,116	3	3	0,85	3,76	0,63
Ramello	6,7	7,17	38,0	0,159	3	4	1,01	4,08	0,48

Il confronto dei dati nelle due stazioni di Scareno e Ramello indica invece, chiaramente, come ci sia una tendenza all'aumento delle concentrazioni della conducibilità, e quindi del contenuto in soluti, lungo il corso d'acqua. Questo aumento è riscontrabile in tutti i momenti stagionali considerati, ed è evidenziato chiaramente dal grafico in Figura 4, che riporta lo spettro ionico delle acque, ovvero le concentrazioni in $\mu\text{eq L}^{-1}$ dei principali anioni e cationi nelle due stazioni. A scopo di confronto, sono stati considerati anche i dati del campionamento alla foce, eseguito a cura del CNR ISE, nell'ambito delle ricerche CIP AIS, in data 9 giugno 2014.

Sia nel periodo estivo (giugno), che in quello invernale e primaverile (gennaio-marzo) si evidenzia una maggior presenza di soluti nella stazione più a valle: a giugno, ad esempio, le concentrazioni di calcio e bicarbonati, i due ioni prevalenti, sono circa $130 \mu\text{eq L}^{-1}$ (Scareno) rispetto a $200 \mu\text{eq L}^{-1}$ (Ramello) e $250 \mu\text{eq L}^{-1}$ (foce). Aumentano da monte a valle anche le concentrazioni di nitrati, dai $35 \mu\text{eq L}^{-1}$ di Scareno ai circa $50 \mu\text{eq L}^{-1}$ di Ramello, fino a $60 \mu\text{eq L}^{-1}$ alla foce (Fig. 5.1). A causa dell'aumento di nitrati, aumentano anche le concentrazioni di azoto totale (es. da $0,60$ a $0,80 \text{mg N L}^{-1}$; Tabella 1). E' importante sottolineare come l'aumento riguarda solo

Il Progetto "ACQUE PULITE"

le concentrazioni assolute, mentre la composizione ionica percentuale rimane pressoché invariata. Grazie ai processi di dilavamento di rocce e suoli, le acque si arricchiscono in soluti, ma questo incremento non interessa nessuno ione in misura preferenziale.

All'aumento delle concentrazioni da monte a valle contribuiscono probabilmente anche gli affluenti che si inseriscono nel corso d'acqua principale.

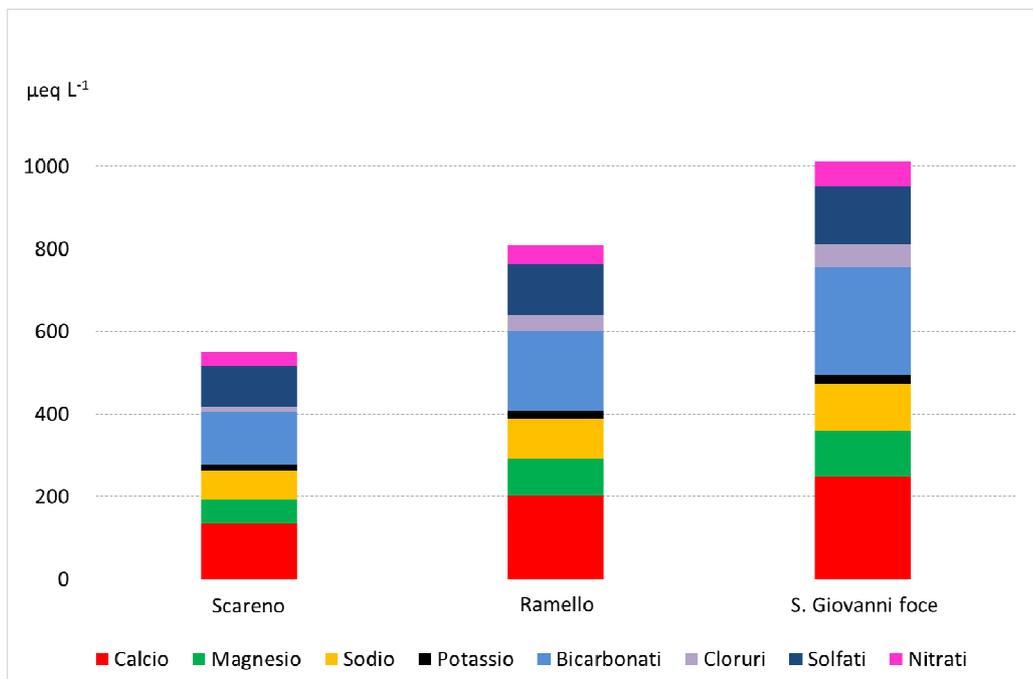


Figura 4. Caratteristiche chimiche delle acque in due stazioni sul Torrente San Giovanni, nei campionamenti di giugno 2015. Alc: alcalinità. RP: fosforo reattivo; TP: fosforo totale; Si: silicati; TOC: carbonio organico totale.

La variabilità spaziale per quanto concerne le concentrazioni di nutrienti è invece mostrata in Figura 5.a e Figura 5.b. Anche nel caso delle concentrazioni di fosforo si osserva una leggera tendenza all'aumento da monte a valle; nel caso del fosforo totale, si può parlare in realtà di una differenza tra le stazioni lungo il corso d'acqua (8-9 $\mu\text{g P L}^{-1}$) e la foce (17 $\mu\text{g P L}^{-1}$), in quanto a Ramello e Scareno i valori rilevati sono stati del tutto simili, anche nei campionamenti successivi (Tabella 1).

Per quanto riguarda invece gli altri composti, la differenza tra i tre punti di campionamento appare poco evidente, soprattutto per il carbonio organico, che rimane stabilmente attorno a 0,70 mg C L^{-1} . I silicati aumentano passando da Scareno a Ramello, di nuovo per effetto per dilavamento del bacino.

Nel caso dell'azoto totale, e nello specifico dei nitrati, l'aumento da monte a valle è probabilmente da attribuire al fatto che, aumentando la porzione di

territorio sottesa, aumentano gli apporti atmosferici di azoto ai suoli del bacino, poi veicolati alle acque.

Nel caso del Torrente San Giovanni, infatti, come di tutti i principali corpi idrici nell'areale del Lago Maggiore, il principale veicolo di azoto alle acque è rappresentato dalle deposizioni atmosferiche (Rogora et al. 2006).

La variabilità temporale delle caratteristiche chimiche è risultata dipendere principalmente dalle condizioni meteo-idrologiche. A titolo di esempio, in Figura 3 è mostrato lo spettro ionico delle acque a Scareno nei 3 diversi momenti considerati: si può osservare come le concentrazioni siano aumentate sensibilmente nel periodo invernale (gennaio), rispetto all'estate (giugno), per poi ridiscendere nuovamente a inizio primavera.

Le variazioni sono dovute prevalentemente all'effetto di diluizione delle maggiori quantità d'acqua presenti nel periodo primaverile. Anche in questo caso, si può

Il Progetto "ACQUE PULITE"

osservare come la presenza % dei diversi ioni rimanga invariata tra un campionamento e l'altro e a variare siano solo i valori assoluti. Un andamento analogo ha interessato anche le concentrazioni di silicati, più elevate in gennaio (4,93 e 5,17 mg Si L⁻¹ rispettivamente a Scareno e Ramello) rispetto a marzo (3,76 e 4,08), e, per effetto delle variazioni

negli ioni principali, anche la conducibilità (Tabella 1).

Rimangono invece stabili nel tempo le concentrazioni dei composti dell'azoto, per i quali la sorgente principale non sono i processi di weathering ma gli apporti atmosferici.

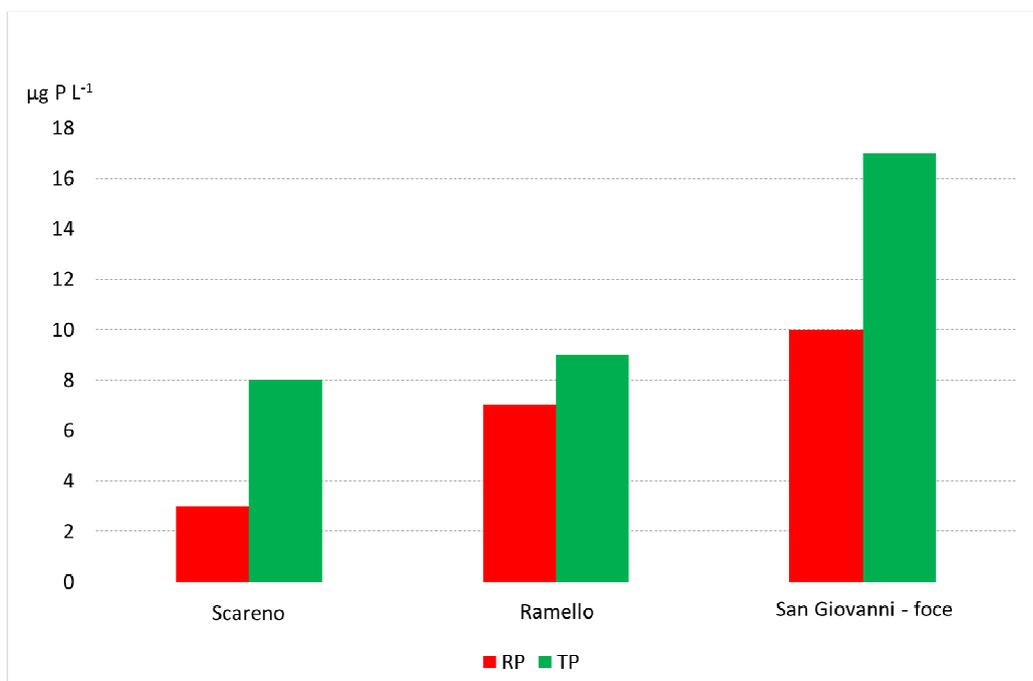


Figura 5.a. Concentrazioni di fosforo reattivo e totale, misurate nelle due stazioni di Scareno e Ramello e alla foce (dati CN ISE) nel giugno 2014.

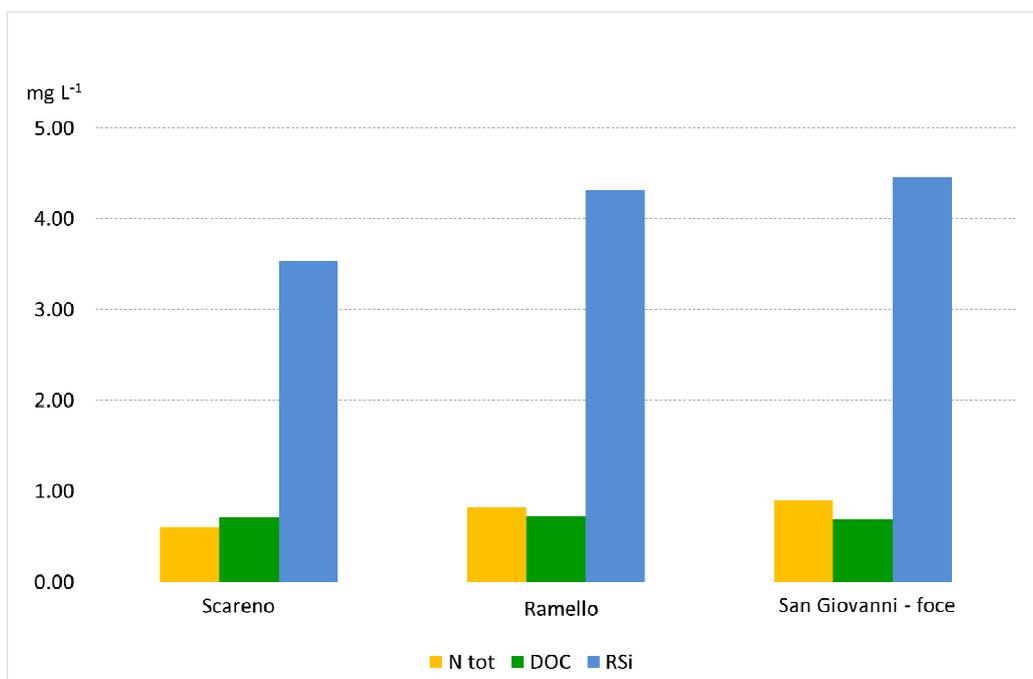


Figura 5.b. Concentrazioni di azoto totale silicati e carbonio organico (DOC), misurate nelle due stazioni di Scareno e Ramello e alla foce (dati CN ISE) nel giugno 2014.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

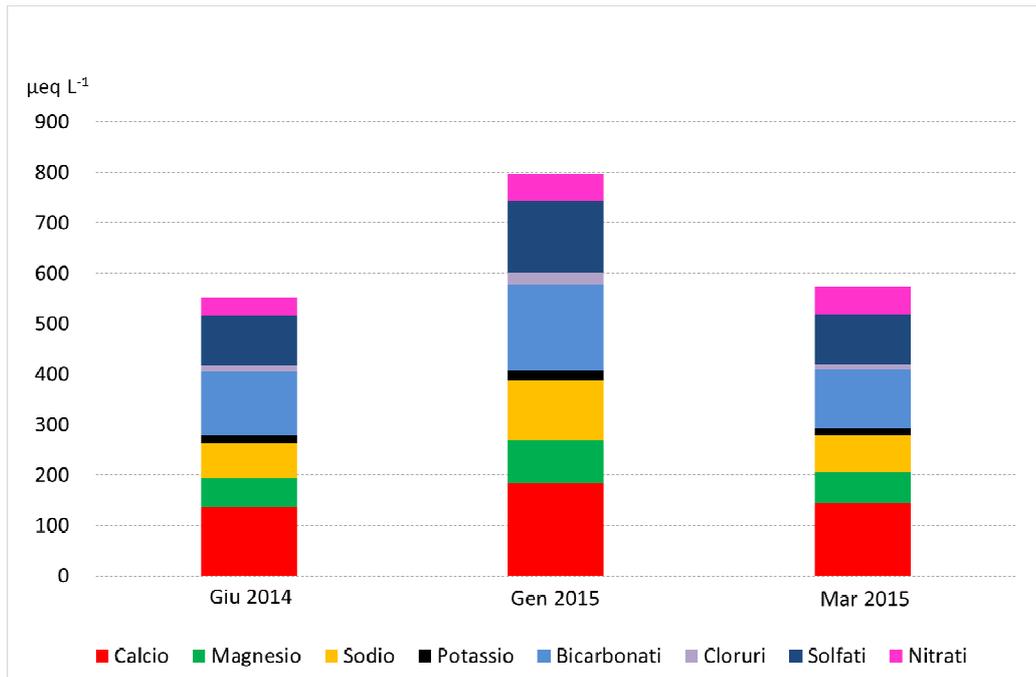


Figura 3. Composizione ionica delle acque nella stazione di Scareno in tre diversi momenti stagionali.

Conclusioni.

Alterazione degli habitat e delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque sono considerati tra i possibili impatti dell'attività di produzione idroelettrica.

In ambienti alpini o montani, tra gli effetti più importanti della diminuzione delle portate, si possono citare soprattutto la riduzione/scomparsa di habitat e il decremento della velocità delle acque, mentre minori sono in genere gli effetti sulla qualità chimico/fisica delle acque (Boano et al., 2011). Se si escludono infatti le situazioni in cui sul corso d'acqua è già presente un'alterazione, dovuta ad un carico organico o ad elevati apporti di nutrienti (composti del fosforo e dell'azoto), la diminuzione delle portate

non comporta direttamente un peggioramento qualitativo del corso d'acqua.

Nel caso del Torrente San Giovanni, le analisi chimiche eseguite, in più punti lungo il corso d'acqua e in diversi momenti stagionali, non hanno evidenziato alterazioni nell'idrochimica che possano essere attribuite alle opere di presa.

La variazione spaziale più evidente è un aumento delle concentrazioni di soluti da monte a valle, che è stata riscontrata anche in altri corsi d'acqua con caratteristiche simili e che è da attribuire ai normali processi di dilavamento delle rocce e suoli del bacino e agli apporti dagli affluenti. Le concentrazioni dei nutrienti (composti del fosforo e dell'azoto) sono risultate basse in tutti i campionamenti, com'era da attendersi dato il basso grado di impatto antropico che interessa il bacino.

Bibliografia.

Rogora M., Mosello R., Calderoni A., Barbieri A.. 2006. *Nitrogen budget of a subalpine lake in North-Western Italy: the role of atmospheric input in the upward trend of nitrogen concentrations.* Verh. Internat. Verein. Limnol., 29: 2027-2030.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Boano F., Camporeale C., Cavagnero P., Fenoglio S., Revelli R., Ridolfi L.. *Mini hydro e impatti ambientali. Sintesi organizzata dello stato dell'arte scientifico*. Progetto RENERFOR: 330 pp., 2011.

<http://www.regione.piemonte.it/foreste/images/files/filiere/renerfor/minihydro.pdf>

Rogora, M. P. Giacomotti, A. Orrù, A. Pranzo e G.A. Tartari. 2013. *Idrochimica lacustre e dei tributari, distribuzione orizzontale, bilancio dei nutrienti*. In: CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi. Sede di Verbania. 2013. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2008 – 2012. Campagna 2012 e rapporto quinquennale. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 49-77.

Regime idrologico, stato morfologico e condizione degli habitat

M. Ciampittiello, C. Dresti & H. Saidi ⁽¹⁾

⁽¹⁾ISE-CNR, Verbania (VB)
m.ciampittiello@ise.cnr.it

Abstract. Nei documenti costituenti la Direttiva Quadro sulle Acque e quelli redatti dal CIS (Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)) si menzionano i parametri idromorfologici in relazione alle condizioni di riferimento, e come parametri a supporto degli elementi di qualità biologica per la definizione delle classi nelle quali suddividere i corpi idrici. La valutazione dei parametri idromorfologici è, quindi, assolutamente necessaria nella definizione delle condizioni di riferimento tipo-specifiche e per i corpi idrici inseribili nella classe di qualità elevata. Inoltre per alcuni tratti di corpo idrico, ad esempio quelli candidati a siti di riferimento, si richiede anche la valutazione delle condizioni di habitat. La loro analisi non è quindi obbligatoria per le classi inferiori, ma fortemente consigliata, soprattutto per capire in modo più approfondito le relazioni tra le caratteristiche e le alterazioni idromorfologiche e la qualità ecologica di un corpo idrico. E' in questo contesto che si sono sviluppate le indagini idrologiche, morfologiche e di habitat sul Torrente San Giovanni, all'interno del progetto Acque Pulite, al fine di identificarne la qualità, le alterazioni e i legami intercorrenti con le biocenosi analizzate.

Introduzione.

All'interno della WFD 2000/60 CE, nella classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici fluviali, gli elementi idromorfologici a sostegno vengono valutati attraverso l'analisi dei seguenti aspetti (ciascuno dei quali descritto da una serie di parametri e/o indicatori):

- regime idrologico (quantità e variazione del regime delle portate);
- continuità fluviale (possibilità di migrazione degli organismi acquatici, entità ed estensione degli impatti di opere artificiali sul flusso di acqua, sedimenti e biota);
- condizioni morfologiche (configurazione morfologica plano-altimetrica, configurazione delle sezioni fluviali, configurazione e struttura del letto del corso d'acqua, vegetazione nella fascia perifluviale).

Per ciascuno degli aspetti precedentemente elencati ci si può avvalere di diverse metodologie in funzione delle informazioni che si vogliono ottenere e per

arrivare ad una valutazione globale della qualità idromorfologica del corso d'acqua o nel suo complesso o a livello di sito.

La valutazione degli elementi idromorfologici viene fatta per la definizione delle condizioni di riferimento e per la qualità elevata, ma non risulta obbligatoria per le classi di qualità inferiore (Buona, Sufficiente, Scarsa, Cattiva). I parametri idromorfologici risultano quindi a supporto degli elementi biologici. Ciò significa che la valutazione di tali elementi deve essere effettuata per eliminare dubbi nella classificazione, per aumentare le conoscenze delle relazioni dirette tra parametri biotici e abiotici, per focalizzare, progettare e impostare al meglio le azioni di miglioramento da proporre e realizzare nella definizione dei Piani di Bacino. Non è quindi obbligo di legge effettuare una classificazione idromorfologica per le classi di qualità inferiore a quella "Elevata" ma è vivamente consigliata, in quanto la conoscenza delle altre classi di qualità idromorfologica, legate alle pressioni e agli impatti relativi insistenti sui corsi d'acqua, fornisce utili e importanti informazioni sulle azioni di miglioramento, mitigazione e conservazione da

Il Progetto "ACQUE PULITE"

applicare a tali corpi idrici monitorati, per poter conseguire gli obiettivi di qualità richiesti dalla normativa europea.

Lo studio del regime idrologico e dello stato morfologico sono oggetto, in questo contesto particolare, di appositi approfondimenti necessari a stabilire la qualità complessiva delle acque transanti nel torrente in esame, sia dal punto di vista chimico sia dal punto di vista biologico. Ciò richiede che le analisi idrologiche e morfologiche siano accorpate, da un punto di vista logico e procedurale, con lo studio della condizione degli habitat.

Il regime idrologico.

Secondo quanto stabilito nel decreto 8 novembre 2010, n. 260, l'analisi del regime idrologico è effettuata in corrispondenza di una sezione trasversale sulla base dell'Indice di Alterazione del Regime Idrologico IARI, che fornisce una misura dello scostamento del regime idrologico osservato rispetto a quello naturale che si avrebbe in assenza di pressioni antropiche. L'indice di alterazione è definito in maniera differente a seconda che la sezione in cui si effettua la valutazione del regime idrologico sia dotata o meno di strumentazione per la misura, diretta o indiretta, della portata.

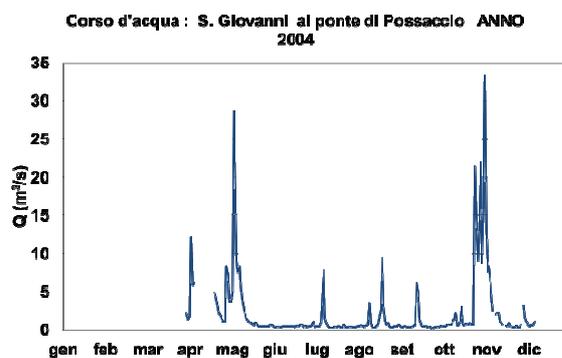


Figura 1. Estratto della serie storica di portate giornaliere per la stazione di misura del Torrente San Giovanni chiuso a Verbania, Ponte di Possaccio.

La serie delle portate naturali, utilizzata dall'Autorità competente per definire il regime idrologico di riferimento deve essere sufficientemente lunga per ottenere una stima idrologica affidabile, indicativamente almeno 20 anni.

I dati di portata sono stimati o ricostruiti secondo le disponibilità territoriali. I criteri e i modelli di stima e/o ricostruzione della serie delle portate naturali devono essere riportati nei piani di gestione. La valutazione dello stato del regime idrologico si articola in due fasi.

Nella *Fase 1*, sulla base del valore assunto da IARI, è individuato il corrispondente stato del regime idrologico, secondo lo schema seguente:

$0 \leq \text{IARI} \leq 0.05$	ELEVATO
$0.05 < \text{IARI} \leq 0.15$	BUONO
$0.15 < \text{IARI}$	NON BUONO

Nel caso in cui il valore di IARI evidenzia la presenza di condizioni critiche, ossia corrispondenti ad uno stato inferiore al "BUONO" ($\text{IARI} > 0,15$), si procede alla Fase 2.

Nella *Fase 2*, si provvede ad un approfondimento per individuare l'origine della criticità e conseguentemente confermare o variare il giudizio espresso. Nel caso di sezione strumentata, si effettua l'indagine derivata dal metodo Indicators of Hydrologic Alterations (IHA) che individua cinque componenti critiche del regime idrologico fondamentali per la regolazione dei processi ecologici fluviali. La differenza tra parametri omologhi dedotti dalle due diverse serie, naturale e reale, è valutata rispetto ad un intervallo di accettabilità prefissato, che definisce l'accettabilità dello scostamento dalle condizioni naturali.

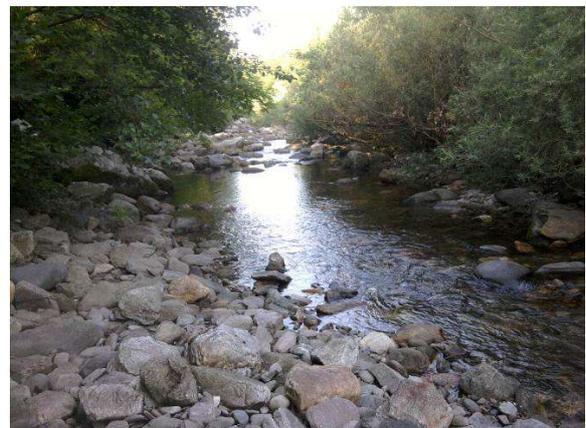


Figura 2. Sezione a valle della centrale di Ramello dove si è effettuata la misura di portata.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Qualora alcuni parametri non rientrino nell'intervallo di accettabilità a causa di un'alterazione imputabile a fattori naturali, come le variazioni climatiche, è possibile elevare la classe di stato idrologico, tenendo presente che le indicazioni e motivazioni dell'attribuzione del corpo idrico ad una classe più elevata devono essere riportate nei piani di gestione.



Figura 3. Sezione monte dell'opera di presa presso Scarenò dove si è effettuata la misura di portata.

In questi casi deve inoltre essere valutato se si tratti di una tendenza consolidata e in tal caso se sia opportuno rivedere le condizioni di riferimento. Se invece le cause sono di origine antropica, si conferma la valutazione derivante dalla Fase 1 e si definiscono le misure per riportare i parametri idrologici critici all'interno dell'intervallo di accettabilità prefissato. Nel caso di sezione non strumentata, nella Fase 2, occorre provvedere al monitoraggio sistematico della portata nella sezione in esame al fine di investigare le

cause che hanno determinato le condizioni di criticità, e quindi confermare o modificare il giudizio precedentemente espresso secondo le indicazioni sopra riportate.

Per quanto riguarda tale valutazione all'interno del "Progetto Acque Pulite", non si è proceduto al calcolo dello scostamento del regime idrologico naturale nelle sezioni oggetto di indagine, sia per la vicinanza allo stato naturale delle due più a monte, sia perché tale alterazione è stata indagata rispetto alla valutazione istantanea della portata, all'andamento meteo-climatico dell'areale in esame, e all'impatto diretto sulle componenti biologiche considerate.

Nello specifico quindi si sono effettuate misure di portata con il mulinello idraulico, a monte e a valle dei due punti di captazione considerati, in corrispondenza dei due campionamenti stagionali di macroinvertebrati e di chimica per la verifica delle portate presenti nel corso d'acqua e prelevate.

L'andamento meteo-climatico è stato indagato per verificare se nell'areale in esame ci fosse l'evidenza di una diminuzione delle portate in alveo e quindi un impatto del cambiamento climatico in atto sul regime idrologico. L'analisi è stata condotta sulle piogge e le portate annuali e stagionali, utilizzando lo scarto cumulato dalla media, per verificare la presenza di eventuali trend e scostamenti dall'andamento medio, utilizzando i dati disponibili, dal 1987 al 2013 dalle due stazioni di misura presenti.

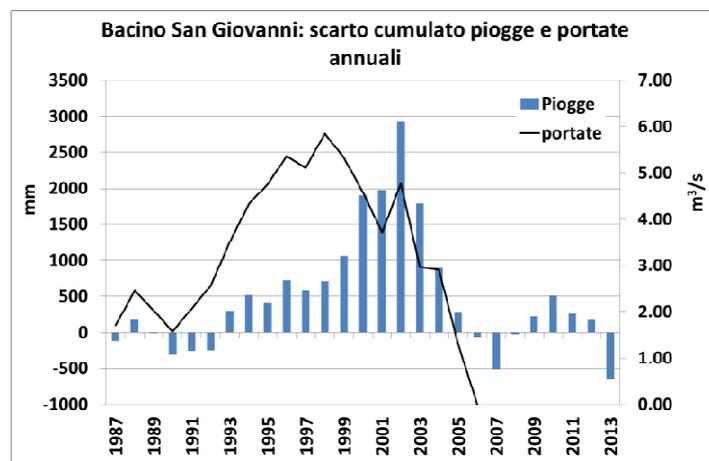


Figura 4. Scarto cumulato dalla media dei valori medi annuali delle piogge e delle portate, valutati per il periodo 1987-2013.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

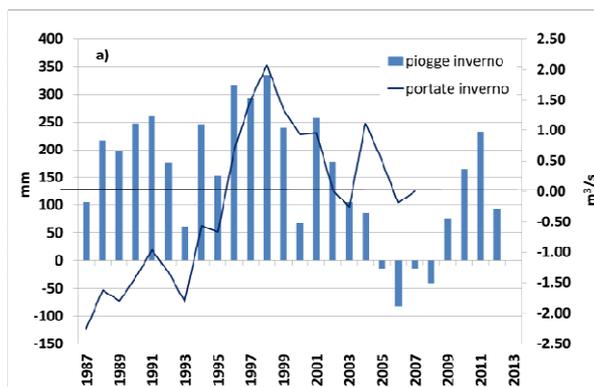
La quantità media annua di pioggia che cade all'interno del bacino del San Giovanni, valutata dal 1987 al 2013, è pari a 1931 mm, mentre quella media calcolata per lo stesso periodo e per tutto il bacino del Lago Maggiore è pari a 1647 mm.

Il bacino del San Giovanni risulta quindi particolarmente ricco di acqua, che spesso arriva concentrata in poco tempo, causando fenomeni di piogge intense. Nella Figura 4 sono riportati gli andamenti annuali delle piogge e delle portate valutati come scarti cumulati rispetto alla media. L'analisi dello scarto cumulato dalla media per i dati di pioggia e di portata, estremamente variabili stagionalmente e annualmente, risulta molto utile in quanto evidenzia bene la presenza di andamenti positivi o negativi; questi vengono identificati attraverso il loro allontanamento dallo zero: verso valori positivi rappresentano un aumento e verso valori negativi rappresentano una diminuzione.

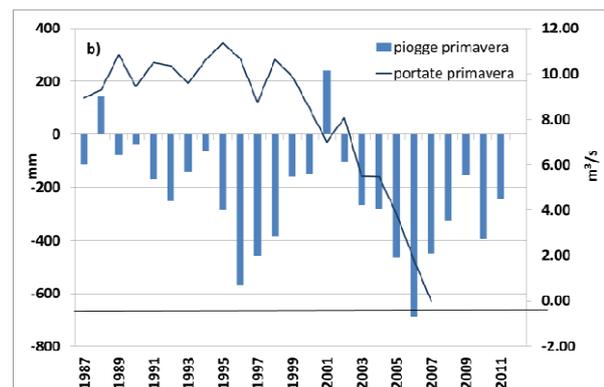
Dall'analisi del grafico riportato in Figura 4 si può vedere come le piogge misurate abbiano avuto un andamento intorno alla media tra la fine degli anni '80 e i primi anni '90; un trend in chiaro aumento tra i primi anni '90 e i primi anni 2000, con una successiva diminuzione, fino ad assestarsi nell'intorno di valori medi dalla seconda metà degli anni 2000.

Per quanto riguarda le portate abbiamo valori in netta crescita durante gli anni '90 e poi una continua diminuzione dalla fine degli anni '90 al 2006. L'anno 2002 è stato caratterizzato da forti piogge e da due eventi estremi che hanno aumentato di molto le portate del torrente.

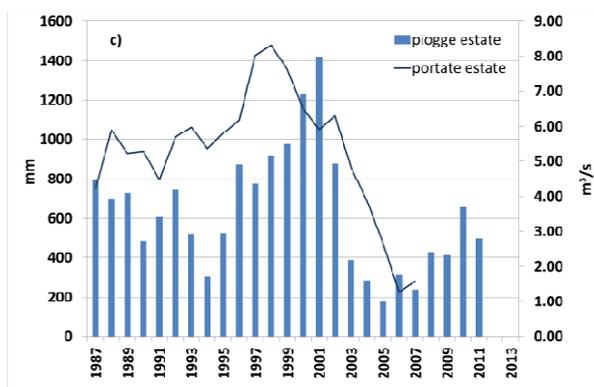
Annualmente si può dire che le portate del San Giovanni rispecchino l'andamento delle precipitazioni, anche se il loro trend in diminuzione inizia prima di quello delle piogge.



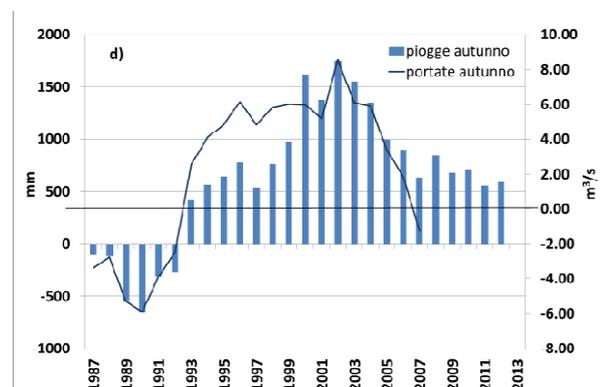
5.a



5.b



5.c



5.d

Figura 5. Andamenti stagionali delle piogge misurate nelle stazione di Piancavallo dal 1987 al 2013 e delle portate del Torrente San Giovanni misurate al Ponte di Possaccio per gli anni 1987-2013; a) inverno, b) primavera, c) estate d) autunno.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Per verificare maggiormente il rapporto piogge-portate si sono analizzati gli scarti cumulati dalla media a livello stagionale (Figura 5). Gli andamenti delle piogge in inverno (Figura 5.a) sono molto variabili, si identifica una loro diminuzione solo durante i primi anni 2000; per quanto riguarda le portate in questa stagione si identifica invece, chiaramente, un trend in aumento dal 1987 al 1998 e una successiva diminuzione fino al 2003.

Per quanto riguarda gli andamenti primaverili delle piogge (Figura 5.b) si evidenzia un trend in diminuzione dal 1988 al 1996, con un successivo aumento dal 1996 al 2001 e una nuova diminuzione dal 2002 al 2006. Dal 2006 al 2013 l'andamento risulta piuttosto variabile, senza un trend chiaro. Per quanto riguarda le portate si ha una chiara diminuzione dal 1995.

L'andamento delle piogge e delle portate in estate (Figura 5.c) è piuttosto simile in quanto si è verificato un trend in aumento fino al 2001 per le piogge e fino al 1998 per le portate e successivamente una diminuzione per entrambe fino al 2006.

Per quanto riguarda l'autunno (Figura 5.d) dagli inizi degli anni '90 si è verificato un trend in aumento sia per le piogge che per le portate, continuo fino ai primi anni 2000 per le piogge, fino al 1996 per le portate. Una diminuzione per entrambe dal 2003, meno decisa e repentina per le piogge che per le portate.

In conclusione si può dire che mediamente l'andamento delle portate segue abbastanza da vicino l'andamento delle piogge, soprattutto in estate e in autunno. In inverno e in primavera la variabilità delle portate risulta maggiore, rispetto a quella delle piogge, probabilmente dovuta alla presenza di neve in quota e alle particolari caratteristiche delle piogge primaverili. Inoltre la diminuzione delle portate sembrerebbe più accentuata e anticipata rispetto a quanto avviene per le piogge. Tenendo conto che il valore delle portate risulta quello del Deflusso Minimo Vitale rilasciato a valle della centralina di Possaccio, si può dire che le portate risentono maggiormente del cambiamento climatico, ovvero che la variabilità nelle portate è superiore rispetto a quella che si registra per le piogge e che quindi non c'è più un rapporto completamente lineare tra l'andamento delle piogge e quello delle portate.

Infatti la % di diminuzione delle piogge annue verificatesi negli ultimi 10 anni è risultata mediamente intorno al 21%, mentre quella delle portate mediamente intorno al 30%.

Stato morfologico e condizioni degli habitat.

Per quanto riguarda la valutazione delle condizioni morfologiche, la classificazione si basa sul confronto tra le condizioni morfologiche attuali e quelle di riferimento in modo da poter valutare i processi evolutivi in corso e i valori dei parametri per descriverne lo stato e le tendenze evolutive future. La valutazione dello stato morfologico viene effettuata considerando la funzionalità geomorfologica, l'artificialità e le variazioni morfologiche, che concorrono alla formazione dell'Indice di Qualità Morfologica, IQM, dell'intero corso d'acqua o di unità fisiografiche.

Una ulteriore valutazione è fatta riguardo alle condizioni di habitat, realizzata sulla base di informazioni a scala locale, ovvero di tratto, relative ai seguenti aspetti: substrato, vegetazione nel canale e detrito organico, caratteristiche di erosione/deposito, flussi, continuità longitudinale, struttura e modificazione delle sponde, tipi di vegetazione/struttura delle sponde e dei territori adiacenti, uso del suolo adiacente al corso d'acqua e caratteristiche associate.

Ai fini dell'attribuzione di un tratto fluviale allo stato elevato o non elevato, gli elementi sopra riportati devono essere formalizzati nelle seguenti categorie:

- diversificazione e qualità degli habitat fluviali e ripari;
- presenza di strutture artificiali nel tratto considerato;
- uso del territorio nelle aree fluviali e perifluviali.

Le informazioni relative a tali categorie, opportunamente mediate, concorrono a definire lo stato di qualità dell'habitat (Indice di Qualità dell'Habitat: IQH). Ai fini della classificazione, qualora si faccia ricorso oltre alla valutazione del regime idrologico,

Il Progetto "ACQUE PULITE"

riportato in precedenza, e a quella delle condizioni morfologiche, anche a quella delle condizioni di habitat, lo stato idromorfologico complessivo, è ottenuto dall'integrazione delle seguenti componenti (Tabella 1):

- la classe ottenuta dagli aspetti idromorfologici;
- la classe ottenuta dalla qualità dell'habitat.

Tabella 1. Classificazione dello stato idromorfologico complessivo qualora sia valutata l'informazione relativa all'habitat.

habitat	aspetti idromorfologici	
	elevato	non elevato
elevato	elevato	elevato
non elevato	elevato	non elevato

CARAVAGGIO 2013 - CNR-IRSA, Core Assessment of River hAbitat VALUE and hydro-morpholoGical cOndition		
CHIAVE APPLICATIVA		pagina 1
SPONDE		
USO DEL SUOLO ALLA SOMMITA' DELLA SPONDA E STRUTTURA DELLA VEGETAZIONE DI SPONDA (Sezione A)		
Criteria per la sommità della sponda	Descrizione	
B = Cambio di pendenza	Primo e maggior cambio di pendenza (dove potrebbero esserci coltivazioni o aree urbane), anche inverso.	
S = Uso stabile	Dove è possibile riconoscere un uso stabile del territorio (e.g. case, strade, campi coltivati).	
V = Vegetazione non igrofila	Punto di discontinuità tra alberi e arbusti igrofili e non igrofili (e.g. <i>Alnus</i> vs <i>Quercus</i>).	
T = Linea di detrito (<i>Trashline</i>)	Livello dei detriti depositati dalle piene recenti su alberi e sponda.	
R = Copertura rocce discontinua	Copertura delle rocce di sponda discontinua (e.g. vegetazione o suolo rimossi dalle piene).	
M = Meandro	Sommità di sponda non o difficilmente riconoscibile perché ci si trova all'interno di un meandro.	
Esempi di alberi e arbusti:	Igrofili <i>Alnus, Fraxinus, Myricaria, Nerium oleander, Populus, Salix, Tamarix</i>	Non igrofili <i>Acer, Carpinus, Castanea, Fagus Picea, Quercus, Tilia</i>
Uso del suolo su piana inondabile, sponda e berm (Sezioni A e I)		
Naturale	Agricolo	Urbano
BL = Boschi di latifoglie o sempreverdi mediterranei (anche semi-naturali)	BP = Piantag. di latifoglie o mista/ceduo intensivo	UR = Area urbana
CW = Boschi di conifere (anche semi-naturali)	CP = Piantagione di Conifere	IN = Zona industriale
MN = Sugherete (semi-naturali)	EU = Piantagione di <i>Eucalyptus</i>	SU = Case sparse/incolti (sviluppo suburbano)
MM = Macchia mediterranea	PO = Piantagione di <i>Populus</i>	WT = Impianto di depurazione
SH = Arbusti e cespugli	OR = Frutteti	MR = Strada principale (in gen. > 10 m)
TH = Erba alta/vegetazione sparsa	OL = Uliveti	SR = Strada semplice (in gen. < 10 m)
GR = Prati naturali	VI = Vigne	WR = Strada bianca/mulattiera
MH = Brughiere	TL = Campi coltivati	RA = Ferrovia
RD = Rocce, pietrisco o dune di sabbia	RP = Prati/pascoli/alpeggi	QU = Cava
OW = Specchi d'acqua naturali	WM = Marcite	PG = Parchi o giardini
WL = Zone umide	RF = Risaie	AW = Specchi d'acqua artificiali
	FM = Fattorie/allevamenti	AU = Uso artificiale della sponda

Figura 6. Esempio di chiave applicativa del metodo CARAVAGGIO, uso del suolo (Fonte: <http://www.life-inhabit.it/cnr-irsa-activities/it/attivita-cnr-irsa-inhabit/habitat-fluviali/metodo-caravaggio>).

Per quanto riguarda la valutazione dello stato morfologico, è risultato preponderante, rispetto agli scopi del progetto, procedere con l'analisi dei singoli siti posti a monte e a valle di opere di captazione e manufatti antropici, piuttosto che dare un giudizio complessivo dello stato morfologico dell'intero corso d'acqua, seppur importante. Tale considerazione è nata dal fatto che era necessario indagare nello specifico l'impatto legato alle opere e al prelievo in punti particolari, così da definire eventuali azioni correttive per un miglioramento della qualità ecologica in quei particolari tratti.

La valutazione dello stato morfologico è quindi stata effettuata a livello di sito, contestualmente alla valutazione della condizione degli habitat. Tali valutazioni sono state effettuate utilizzando il metodo "CARAVAGGIO" (*Core Assessment of River hAbitat Value and hydro-morpholoGical cOndition*, Buffagni et al., 2005).

Il metodo deriva dal *River Habitat Survey* britannico, di cui conserva l'approccio generale, che è stato specificatamente implementato e modificato al fine di rappresentare più compiutamente la realtà fluviale sud europea. Il metodo consente il rilevamento di un'ampia gamma di caratteristiche idromorfologiche e di habitat,

Il Progetto "ACQUE PULITE"

soddisfacendo i requisiti della Direttiva Quadro europea sulle Acque (EC, 2000/60).

Il protocollo di rilevamento di tale metodo prevede che vengano registrate specifiche caratteristiche degli habitat fluviali e ripari su apposite schede di campo (Figura 6).

La lunghezza dell'unità di campionamento (o indagine) è pari a 500 metri lungo l'asse longitudinale del fiume. Le caratteristiche delle rive e dell'alveo sono rilevate in corrispondenza di 10 transetti (*spot-checks*), distanziati fra loro di 50 m. Vengono registrate, ad esempio, caratteristiche quali: il tipo di flusso, il tipo di substrato,

le modificazioni dell'alveo e delle rive, l'uso del territorio, il tipo di vegetazione presente in alveo (Figura 7). Alcune caratteristiche osservate lungo il tratto fluviale oggetto del rilievo vengono registrate nella sezione di rilevazione complessiva (500 m/*sweep-up*), tra le quali: l'uso del territorio entro 50 m dalla riva, il profilo delle rive, la copertura arborea, la presenza di raschi (*riffle*), pozze (*pool*), meandri, zone di deposito. Per archiviare i dati e produrre output di dati grezzi ed elaborati è stato creato il software "CARAVAGGIO", in cui vengono inseriti i dati dopo che sono stati raccolti in campo, attraverso la compilazione dell'apposita scheda.

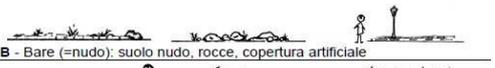
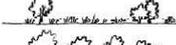
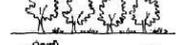
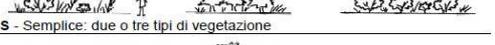
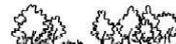
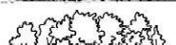
Struttura della vegetazione di Sponda e Sommità della sponda da rilevare su 10 m (Sezione A)		Copertura arborea (Sezione K)
 <p>B - Bare (=nudo): suolo nudo, rocce, copertura artificiale</p>	Tipi di vegetazione  <p>U - Uniforme: copertura erbacea o muscinale (no alberi/arbusti), piantagioni</p>  <p>S - Semplice: due o tre tipi di vegetazione</p>  <p>C - Complessa: quattro o più tipi di vegetazione</p>	 <p>Nessuno</p>
 <p>U - Uniforme: copertura erbacea o muscinale (no alberi/arbusti), piantagioni</p>		 <p>Isolati/a piccoli gruppi</p>
 <p>S - Semplice: due o tre tipi di vegetazione</p>		 <p>Singoli, a distanze regolari</p>
 <p>C - Complessa: quattro o più tipi di vegetazione</p>		 <p>A gruppi irregolari</p>
	Riferimento per stimare altezza vegetazione 	 <p>Semi-continui</p>
		 <p>Continui</p>

Figura 7. Esempio di chiave applicativa del metodo CARAVAGGIO per la struttura della vegetazione di sponda e sommità (Fonte: <http://www.life-inhabit.it/cnr-irsa-activities/it/attivita-cnr-irsa-inhabit/habitat-fluviali/metodo-caravaggio/>).

Il software fornisce indici utili per capire la qualità idromorfologica di ciascun sito; per quanto riguarda le elaborazioni effettuate per il progetto "Acque Pulite", si sono utilizzati:

- l'*Habitat Quality Assessment score* (HQA), che, sulla base dell'estensione e diversificazione delle caratteristiche naturali registrate, stima la diversificazione e qualità degli habitat fluviali, a loro volta legati alla qualità globale del sito;
- l'*Habitat Modification Score* (HMS) che consente una quantificazione del grado di alterazione morfologica e la presenza di zone artificiali e manufatti antropici;
- il *Lentic- lotic River Descriptor* (LRD) che consente di caratterizzare il sito in termini di caratteristiche lenco-lotiche, legate quindi alle sue caratteristiche idrologiche-idrauliche.

Si dice che un corso d'acqua ha caratteristiche lentiche quando la velocità dell'acqua è trascurabile e le sue caratteristiche idrologiche sono più prossime a quelle di acqua "ferma" (ad esempio, la presenza di una traversa in un corso d'acqua crea uno sbarramento artificiale con conseguente formazione di una "pozza" a monte e la conseguente trasformazione dell'ambiente fluviale, in ambiente "lacustre", lentiche). Un corso d'acqua ha invece caratteristiche lotiche quando presenta caratteristiche torrentizie, vale a dire velocità elevate a carattere turbolento.

Un valore di LRD negativo indica che prevalgono le caratteristiche lotiche e quindi torrentizie del corso d'acqua, mentre un valore positivo indica che prevalgono le caratteristiche lentiche (velocità dell'acqua trascurabile) e che il comportamento del corso d'acqua tende a quello "lacustre". In un piccolo

Il Progetto "ACQUE PULITE"

torrente valori di LRD positivi o comunque prossimi allo zero possono già essere segnale della presenza di un'alterazione idromorfologica importante.

Un piccolo corso d'acqua di montagna è di tipo torrentizio, e quindi caratterizzato da valori di LRD piuttosto negativi; un valore di LRD in contrasto con ciò potrebbe essere dovuto al fatto che il corso d'acqua ha cambiato le sue naturali caratteristiche di torrente, per esempio per la presenza di uno sbarramento, quale una traversa o una diga o in generale di un'opera di presa. Quando si ha questa indicazione, leggendo il

valore di LRD, è importante anche analizzare il valore di HMS per verificare l'effettiva presenza di un'alterazione morfologica.

Associando i due indici sopra detti con la misura reale della portata nel tratto in esame, è possibile definire l'impatto idromorfologico globale, presente e se esso sia più di carattere morfologico, inerente alla modificazione del materiale naturale di sponde e alveo o alla presenza di un manufatto antropico, o idrologico, legato cioè alla quantità d'acqua presente rispetto a quella attesa.

Tabella 2. Punteggi dell'indice di HQA e rispettivo livello descrittivo di diversificazione degli habitat (Buffagni et al., 2010).

Punteggio HQA	Livello di diversificazione dell'habitat
≥ 64	Estremamente diversificato
51-63	Molto diversificato
38-50	Mediamente diversificato
25-37	Scarsamente diversificato
≤ 24	Molto poco diversificato

Tabella 3. Stato di qualità dei corsi d'acqua alpini calcolato con un valore di riferimento della mediana dell'indice HQA pari a 54 (Buffagni et al., 2010).

EQR_{HQA}	Punteggio HQA – Alpi	Stato elevato/non elevato	EQR_{HQA}	Punteggio HQA – Alpi	Stato di qualità
≥ 0.84	≥ 47	stato elevato	≥ 0.84	≥ 47	elevato
< 0.84	< 47	stato non elevato	≥ 0.63	38-46	buono
			≥ 0.42	29-37	moderato
			≥ 0.21	20-28	scarso
			< 0.21	≤ 19	cattivo

Per quanto riguarda nello specifico la valutazione degli habitat, si può verificare il livello di diversificazione degli habitat (Tabella 2), utilizzando il valore di HQA a fini descrittivi, per stabilire la potenzialità di un sito al mantenimento di un determinato livello di biodiversità, ovvero la possibilità di quel sito ad ospitare specie di particolare interesse legate ad habitat complessi (Buffagni et al., 2010).

Va ricordato che, in un determinato tratto fluviale, la differenziazione in habitat attesa, in assenza di alterazioni è correlata al tipo fluviale in questione.

Per quanto riguarda la definizione dello stato di qualità elevato, secondo l'indice HQA ai sensi della WFD 2000/60, si può far riferimento alla Tabella 3 che rappresenta i valori per i corsi d'acqua alpini.

Il calcolo dei 3 indici elaborati con il software "CARAVAGGIO", permette la valutazione di un indice di Qualità Idromorfologica Globale (GHI), che viene calcolato utilizzando gli indici HQA ed HMS normalizzati (Buffagni et al, 2010).

L'indice HQA normalizzato è dato dalla relazione

Il Progetto "ACQUE PULITE"

$$EQR_{HQA} = \frac{HQA - 11}{54 - 11}$$

dove 54 è il valore mediano per HQA rilevato nella regione alpina e 11 è il valore minimo.

L'indice HMS normalizzato è dato dalla relazione

$$EQR_{HMS} = \frac{100 - HMS}{100}$$

dove 100 è il valore massimo previsto per HMS.

L'Indice di Qualità Idromorfologica globale (Tabella 4) risulta quindi dalla media dei due indici normalizzati calcolati precedentemente:

$$GHI = \frac{EQR_{HQA} + EQR_{HMS}}{2}$$

Tabella 4. Valori dell'Indice di Qualità Idromorfologica Globale e qualità relativa.

Valori di GHI	Qualità idromorfologica
0.85 < GHI	Qualità elevata
0.63 < GHI < 0.85	Qualità buona
GHI < 0.63	Qualità cattiva

L'elaborazione dei dati raccolti e quindi gli indici sintetici ottenuti, sono stati aggiunti a quelli elaborati per altri corsi d'acqua presenti all'interno della Provincia del VCO (Figura 8), allo scopo di stabilire una qualità morfologica e di habitat legata al contesto territoriale e quindi definita rispetto a valori di riferimento adatti. Inoltre, insieme alle applicazioni effettuate all'interno del "Progetto Acque Pulite" sono state inserite altre applicazioni effettuate in precedenza, lungo l'asta principale del Torrente San Giovanni, e su un suo affluente, in modo da valutare più approfonditamente la qualità morfologica e di habitat del torrente, nel suo complesso.

Tabella 5. Valori dell'indice di Qualità morfologica, da monte a valle, per ciascuna tratto del Torrente San Giovanni analizzato e giudizio finale.

Sito	GHI	Classe
Monte centralina Scareno	0,92	elevata
Scareno centralina	0,83	buona
Torrente Erbio	0,83	buona
Monte centralina Ramello	0,86	elevata
Ramello	0,92	elevata
Possaccio	0,82	buona
Stazione ARPA	0,56	pessima

Valutando i valori dei due indici sintetici riportati in Figura 8 per il solo San Giovanni (cerchio azzurro), possiamo dire che la qualità dei suoi habitat (HQA) si attesta su valori compresi tra 44 e 49, e secondo la Tabella 2 inerente il livello descrittivo della diversificazione degli habitat, ciò sta a indicare che il corso d'acqua, per le parti indagate, risulta mediamente diversificato; il valore massimo riscontrato sul territorio della nostra Provincia risulta pari a 63, valore che sta ad indicare, guardando sempre la Tabella 2, "molto diversificato"; per quanto riguarda l'alterazione morfologica il valore massimo riscontrato per il San Giovanni è pari a 76 (zona a monte del penultimo ponte prima della foce), con il massimo del territorio provinciale pari a 77. Mentre la qualità degli habitat non varia da monte verso valle, ma è abbastanza costante lungo tutto il corso d'acqua, le alterazioni morfologiche invece aumentano andando da monte, zona incontaminata o quasi, fino a valle, dove raggiungono valori massimi, legati al fatto che il torrente scorre all'interno dell'abitato di Verbania.

Calcolando quindi l'Indice di Qualità Morfologica (GHI) per il torrente si ottengono i valori relativi e i giudizi per i singoli tratti analizzati, riportati in Tabella 5.

Congiuntamente all'applicazione del metodo CARAVAGGIO, nelle sezioni in cui si sono effettuati i campionamenti di macroinvertebrati e di chimica, si sono anche eseguite delle "misure di portata" con il mulinello idrometrico, per valutare il regime idrologico e quindi la presenza di eventuali sue alterazioni. La misura di portata è in effetti una misura diretta della

Il Progetto "ACQUE PULITE"

velocità di corrente che, relazionata con l'area bagnata, fornisce la quantità d'acqua a disposizione delle biocenosi, e informazioni correlabili con le caratteristiche degli habitat presenti e di quelle lenticoliche valutate.

quattro sezioni scelte (Figura 9), una a monte della centrale di Ramello (ID 3) e una a valle (ID 4), una a monte dell'opera di presa presso Scareno (ID 1) e l'altra a valle (ID 2), per i due periodi di verifica, il 12 giugno 2014 e il 14 gennaio 2015.

In Tabella 6 sono riportati i valori di velocità di corrente misurata e di portata calcolata, ottenuti per le

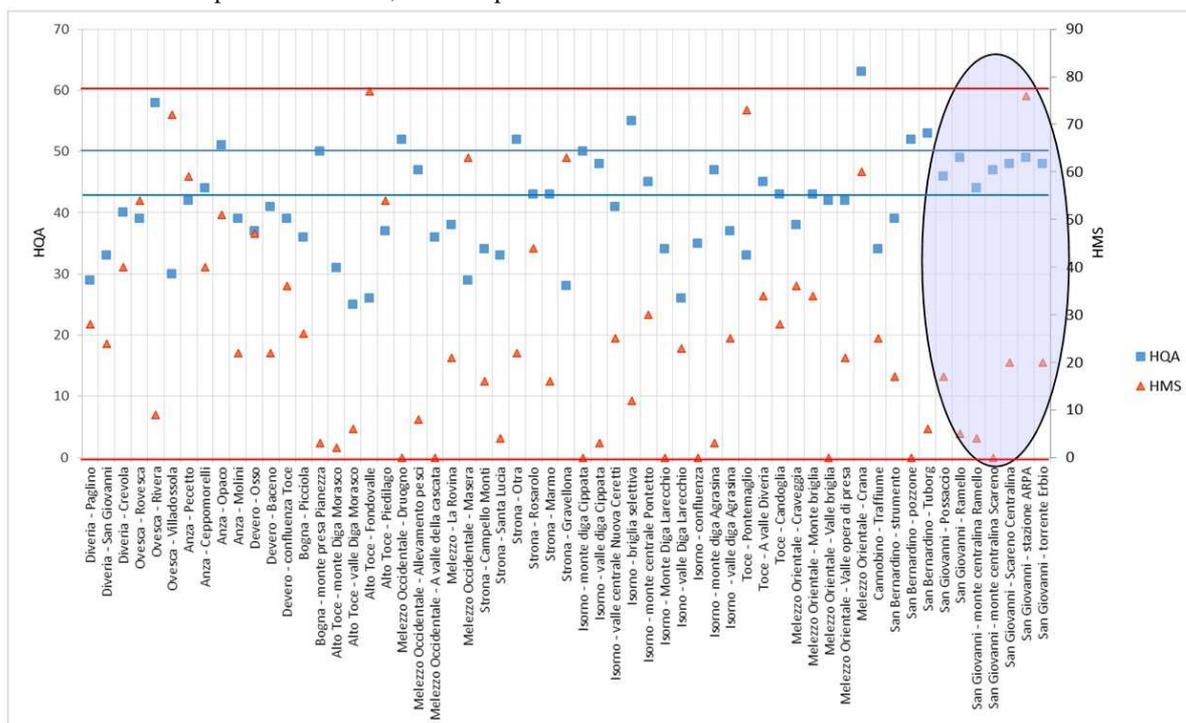


Figura 8. Indici sintetici ottenuti dalle applicazioni del metodo Caravaggio per la Provincia del VCO. Nel cerchio azzurro i valori relativi al bacino del San Giovanni.

Tabella 6. Grandezze idrauliche ricavate dalle misure di portata effettuate con il mulinello idrometrico nelle sezioni di indagine e nei due periodi di verifica.

ID	Sito	Velocità (m/s)	12/06/14		14/01/15		Area bagnata (m ²)
			Portata (m ³ /s)	Area bagnata (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	
1	monte opera di presa Scareno	0,35	0,62	1,77	0,30	0,51	1,68
2	valle opera di presa Scareno	0,18	0,40	2,27	0,27	0,11	0,42
3	monte centrale Ramello	0,30	0,76	2,56	0,31	0,45	1,48
4	Valle centrale Ramello	0,36	0,23	0,64	0,24	0,13	0,54

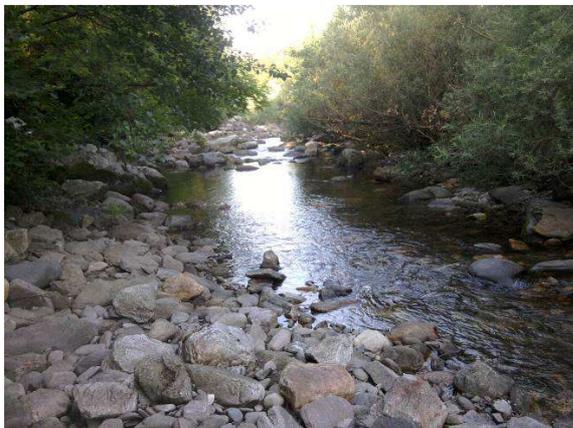
Il Progetto "ACQUE PULITE"

La portata calcolata a valle della centrale di Ramello è anche stata rapportata, per entrambi i periodi di verifica, alla portata ricavata dallo strumento posto sotto il Ponte di Possaccio che misura in continuo i livelli del torrente. Il 12 giugno 2014 la portata ricavata dallo strumento in continuo è risultata mediamente intorno a 0,29 m³/s, mentre il 14 gennaio 2015, è stata stimata, in quanto lo strumento ha avuto un malfunzionamento dal 1° al 17 gennaio, intorno a 0,19 m³/s; tali valori sono assolutamente paragonabili a quanto misurato con il mulinello a valle della centrale di Ramello: 0,23 m³/s il 12 giugno 2014 e 0,13 m³/s il 14 gennaio 2015. In entrambi i periodi di verifica da monte a valle si ha un aumento e poi una diminuzione delle portate, in funzione dell'idrologia del torrente e delle opere di captazione. In entrambi i periodi di riferimento si ha una diminuzione da monte verso valle, della portata, mediamente del 30%.

La velocità di corrente è risultata abbastanza simile in tutte le sezioni, e per entrambi i periodi di verifica, tranne in un caso: il 12 giugno, a valle dell'opera di

presa di Scareno. In questa sezione è anche stata misurata un'area bagnata piuttosto elevata, a fronte di una portata piuttosto bassa. Queste anomalie possono essere dovute all'effetto dell'allargamento della sezione e della diminuzione di pendenza del fondo, ma anche ad una irregolare distribuzione del flusso data dalla presenza di numerosi ciottoli e sassi di varie dimensioni e alla conseguente difficoltà di misurare al meglio la velocità di corrente in tutta la sezione.

Per quanto riguarda la portata si nota come le opere di captazione hanno un'influenza sulla quantità d'acqua rilasciata a valle, ma, mentre l'impatto dell'opera di presa presso Scareno viene da monte verso valle, "assorbito" dagli affluenti e dall'idrologia stessa del torrente, aumentando nuovamente, dopo l'opera di captazione della centrale di Ramello la diminuzione della portata rimane sostanziale anche a distanza di diversi km, fino al Ponte di Possaccio, ovvero fino alla restituzione dell'acqua prelevata.



9.a



9.b

Figura 9. Sezioni dove si sono effettuate le misure di portata; a) sezione a valle della centrale di Ramello; b) sezione a monte dell'opera di presa presso Scareno.

Conclusioni.

Considerando i dati raccolti, le misure effettuate e le elaborazioni ottenute, si possono evidenziare alcune prime considerazioni a conclusione del lavoro svolto. Innanzitutto si può dire che il Torrente San Giovanni

mostra una diversificazione importante tra una zona a monte particolarmente naturale e di elevata qualità e una zona a valle invece seriamente alterata. La presenza delle due opere di captazione indagate non crea problemi alla diversificazione degli habitat, quindi alla possibilità di creare un ambiente adatto ad una buona biodiversità, e il loro impatto morfologico

Il Progetto "ACQUE PULITE"

è minore di quello generato dal centro abitato di Verbania. Per quanto riguarda il regime idrologico e la sua alterazione, si è verificata la presenza di una diminuzione abbastanza importante della quantità d'acqua da monte verso valle, legata soprattutto alla captazione della centrale di Ramello; essa si sovrappone ad una diminuzione naturale nel regime delle portate di pari entità dovuta al mutamento climatico in atto e sarebbe necessario indagare ulteriormente in modo approfondito questo aspetto,

per definire specificatamente l'eventuale impatto della diminuzione di acqua legata al prelievo idroelettrico. La valutazione di qualità idromorfologica applicata a tutti i tratti di Torrente San Giovanni indagati, quindi non solo ai siti oggetto di indagini specifiche all'interno del Progetto Acque Pulite, ha restituito una situazione nel complesso molto buona, con giudizi che vanno da elevato a buono nella parte medio alta, a pessimo nel tratto vallivo in prossimità dello sbocco a lago.

Bibliografia - Sitografia

Buffagni A., Erba S. & Demartini D., 2010. *Indicazioni generali e protocolli di campo per l'acquisizione di informazioni idromorfologiche e di habitat. Parte A: fiumi* - Deliverable Pd3. LIFE08 ENV/IT/000413 INHABIT (<http://www.life-inhabit.it/>).

Buffagni A., S. Erba & M. Ciampittiello, 2005. *Il rilevamento idromorfologico e degli habitat fluviali nel contesto della Direttiva Europea sulle Acque (WFD): principi e schede di applicazione del metodo CARAVAGGIO*. Notiziario dei Metodi Analitici Ist. Ric. Acque, IRSA, 2005(2): 32-46.

E.C., 2000/60: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities L 327, 22.12.2000, pp. 1-72.

Decreto Ministeriale 8 novembre 2010, n.260 "Criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali". <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/02/07/011G0035/sg>

I macroinvertebrati

A. Boggero⁽¹⁾, L. Bertato, S. Zaupa

⁽¹⁾ [ISE-CNR, Verbania \(VB\)](mailto:a.boggero@ise.cnr.it)
a.boggero@ise.cnr.it

Abstract. Nel suo genere, il progetto di breve durata "Acque Pulite" può essere considerato un progetto pilota, in quanto ha fornito l'occasione per studiare per la prima volta in modo mirato la fauna macroinvertebrata del Torrente San Giovanni e per affrontare il problema della valutazione degli impatti idromorfologici sulle biocenosi in modo da esprimere un primo giudizio di qualità. I risultati evidenziano che la stazione situata in località Scareno è in condizioni ambientali migliori rispetto alla stazione di Ramello situata più a valle. Quest'ultima sembra aver però risentito maggiormente dell'evento di piena avvenuto nell'autunno del 2014 più che degli impatti dovuti alle opere di presa. Ulteriori studi con frequenza di campionamento maggiore potrebbero essere utili per comprendere le relazioni esistenti fra misure di portata e presenza/assenza di macroinvertebrati, sia come biodiversità che come fluttuazioni di abbondanza, per poterne dedurre l'eventuale influenza dell'andamento stagionale del flusso d'acqua sulle biocenosi.

Introduzione

Sfortunatamente, per la salute ecologica dei corsi d'acqua, gli impatti antropici sono fin troppo comuni sul nostro territorio. La crescente richiesta d'acqua ha fatto sì che un numero sempre crescente di opere idrauliche di vario genere venisse costruito dopo gli anni '60. Gli scopi erano diversi: ottenere anche piccole potenze idroelettriche, a seguito dei marcati incrementi nel consumo di energia, o aumentare la sicurezza dei corsi d'acqua e diminuire il rischio di responsabilità in caso di eventi eccezionali. Il risultato di quanto sinora detto è che sulle Alpi solamente il 9,6% del reticolo idrografico può essere definito come prossimo allo stato naturale.

L'entrata in vigore della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (EU, 2000), emanata dalla Comunità Europea, ha introdotto un approccio innovativo nella legislazione europea in materia di acque, tanto dal punto di vista ambientale, quanto amministrativo-gestionale, istituendo un quadro per l'azione comunitaria in materia. Il concetto ecologico dietro la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE è, in linea di principio, molto semplice, e consiste nel confrontare lo stato corrente di un zona con quella

che ci si aspetterebbe sotto minimo o sostenibile uso umano di quella zona e, in caso di degrado, intervenendo per riportarlo allo stato buono richiesto (Mee et al., 2008). La Direttiva ha quindi definito i principi e gli obiettivi per l'azione di tutela e salvaguardia dei corpi idrici richiedendone la classificazione secondo lo stato di qualità, basandosi principalmente sugli elementi biologici rappresentati da macroinvertebrati, macrofite, fitobenthos e fauna ittica.

I macroinvertebrati ed il loro biomonitoraggio

La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE ha fornito definizioni normative per la classificazione dello stato biologico, sintetizzate nella Tabella 1, per quanto riguarda i macroinvertebrati.

Fra le definizioni esistenti di biomonitoraggio, ce n'è una che ha ricevuto consenso universale ed è quella proposta da Rosenberg & Resh (1992) secondo cui il biomonitoraggio può essere definito come *l'uso sistematico della risposta biologica per valutare cambiamenti interni all'ambiente con l'intento di*

Il Progetto "ACQUE PULITE"

usare questa informazione in programmi di controllo di qualità. Questi cambiamenti hanno spesso origine antropica.

Per quanto riguarda le acque dolci questa definizione sembra essere incompleta, ed una più dettagliata è stata proposta da Kownacki (2000) nell'intento di allinearsi con le richieste della Direttiva Quadro sulle Acque. Secondo Kownacki il biomonitoraggio può essere definito come *l'uso sistematico di indicatori biologici (siano essi specie, popolamenti, tassocenosi*

o comunità) per determinare cambiamenti su base continua nella qualità dell'ambiente fluviale in un lungo lasso di tempo.

Il biomonitoraggio si basa su organismi indicatori che possono essere sia specie che popolamenti. Per poter lavorare secondo questa ottica, si richiede una certa familiarità con la biologia e la fisiologia degli organismi indicatori. Fra di essi ricordiamo i macroinvertebrati.

Tabella 1. Definizioni normative per l'elemento biologico macroinvertebrati relativo agli stati elevato, buono e moderato secondo quanto previsto dalla DQA (2000/60/CE – EU, 2000).

Caratteristica	Stato elevato	Stato buono	Stato sufficiente
<i>Rapporto fra specie sensibili e tolleranti</i>	Nessun segno di alterazione rispetto alle condizioni indisturbate	Lievi segni di alterazione rispetto alle condizioni tipo-specifiche	Significativamente più basso rispetto alle condizioni tipo-specifiche e significativamente più basso di quanto riscontrato nello stato buono
<i>Composizione tassonomica ed abbondanza</i>	Corrisponde totalmente o quasi alle condizioni non disturbate	Lievi cambiamenti rispetto alle comunità tipo-specifiche	Differenze moderate rispetto alle comunità tipo-specifiche. Assenza dei principali gruppi tassonomici delle comunità tipo-specifiche
<i>Livello di diversità</i>	Nessun segno di alterazione rispetto alle condizioni indisturbate	Lievi segni di alterazione rispetto alle condizioni tipo-specifiche	Significativamente più basso rispetto alle condizioni tipo-specifiche e significativamente più basso di quanto riscontrato nello stato buono

I macroinvertebrati bentonici costituiscono una componente fondamentale delle reti trofiche di laghi e corsi d'acqua. Hanno dimensioni pari a pochi millimetri, sono quindi facilmente visibili ad occhio nudo e, come dice il termine stesso, non sono dotati di scheletro. I macroinvertebrati formano un gruppo del Regno Animale, privo di valore tassonomico, e sono costituiti da diversi gruppi fra i quali possiamo ricordare gli Insetti (Efemerotteri, Plecotteri, Tricotteri, Ditteri, Coleotteri, ecc), gli Anellidi, i Crostacei, i Platelmini ed i Molluschi. Occupano tutti i livelli della scala dei consumatori nella rete trofica degli ambienti d'acqua dolce, infatti essi sono fitofagi, carnivori e detritivori, in grado quindi, di utilizzare tutte le disponibilità alimentari di un corso d'acqua.

Questi organismi sono "dispositivi di controllo" ideali della salute o di eventuali altri scompensi di un corso d'acqua. Sono sedentari o relativamente

immobili, quindi possono essere utilizzati per monitorare gli effetti di sorgenti puntiformi di inquinanti, così come della salute generale di un corso d'acqua. Costituiscono la base del processo di autodepurazione di un fiume: infatti, demoliscono la sostanza organica ampliando la superficie di attacco per batteri e funghi.

Si nutrono di microrganismi e batteri mantenendone le popolazioni in fase giovanile, così da aumentare l'azione metabolica. Sono sensibili agli inquinanti e riflettono gli effetti integrati di tutte le sostanze scaricate in un corso d'acqua, così, sin dagli anni '70, sono considerati gli organismi migliori per indicare con immediatezza le alterazioni indotte dall'inquinamento (Rosenberg & Resh, 1992).

I macroinvertebrati costituiscono alimento per pesci, anfibi, rettili e uccelli. Quindi, questi organismi sono importanti perché la loro presenza-assenza indica una determinata situazione ambientale.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

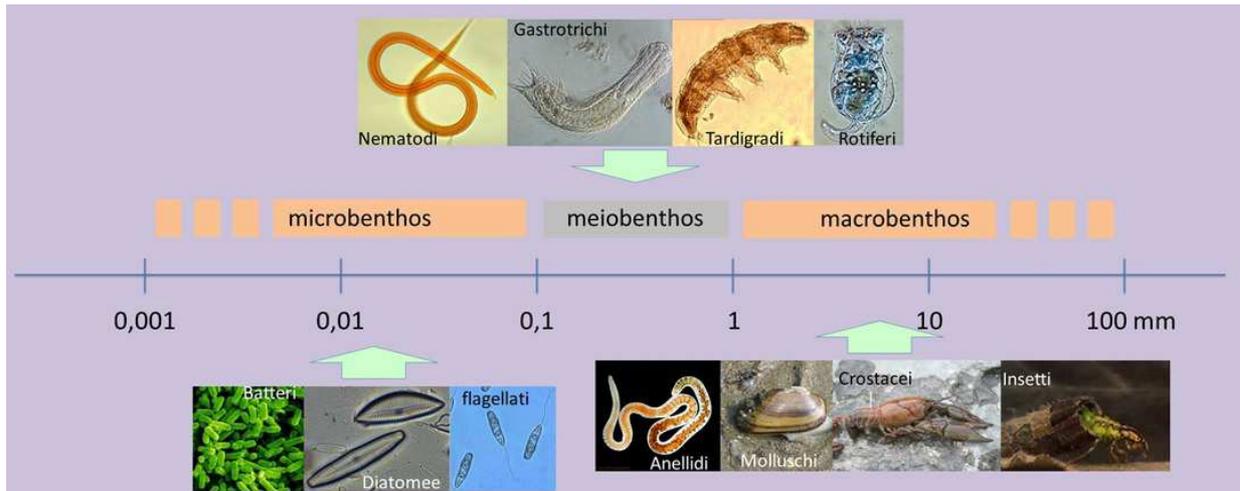


Figura 1. Classificazione dei macroinvertebrati (o macrobenthos) secondo le loro dimensioni.

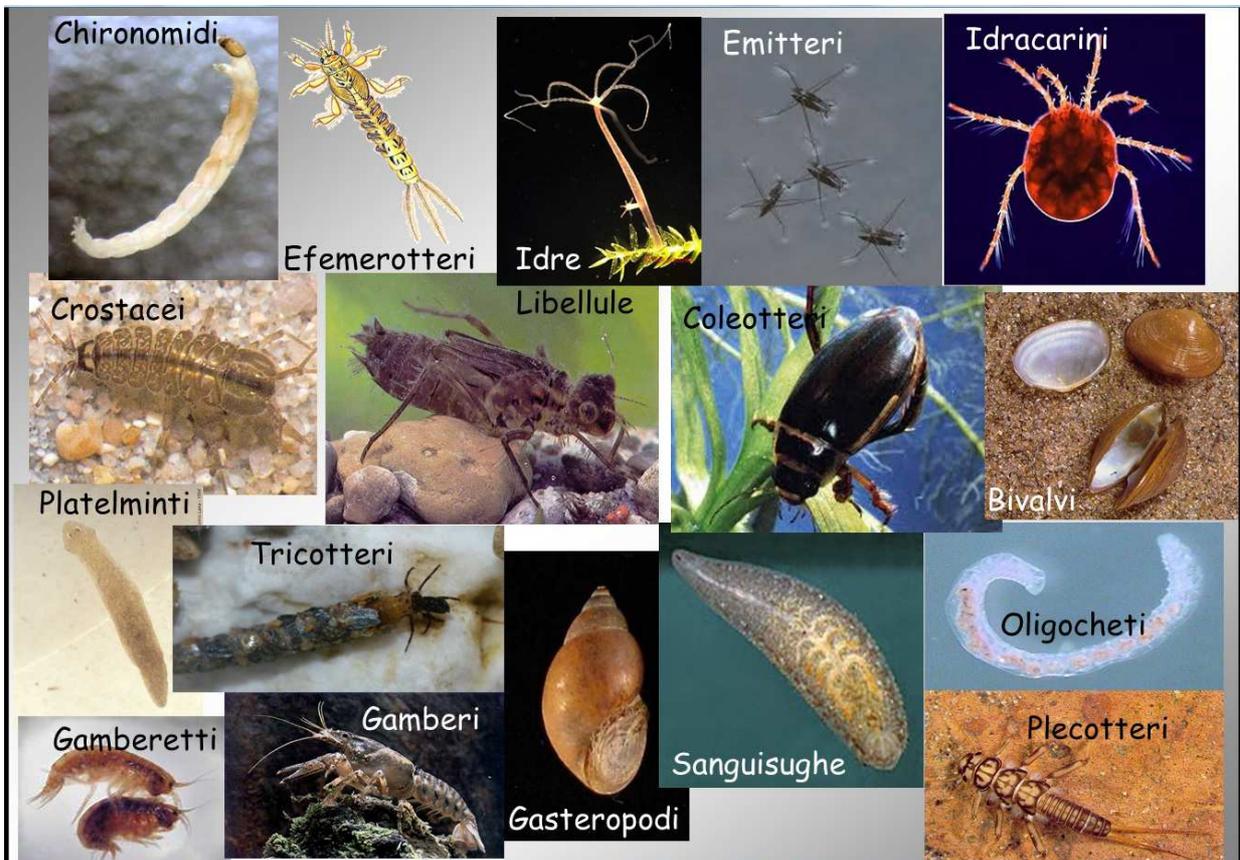


Figura 2. Alcuni esempi di gruppi di macroinvertebrati.

Su di essi influisce molto anche il tipo di sedimento in cui vivono, sia come granulometria che come arricchimento in sostanze pericolose, infatti in esso si possono accumulare inquinanti. Rispetto alle semplici analisi chimiche, l'uso dei macroinvertebrati è vantaggioso perché questi organismi sono in grado di rilevare i) sostanze che possono agire in modo sinergico le une con le altre, ii) essere presenti a

livelli di concentrazione tali da non essere rilevabili con le normali strumentazioni, infine iii) essere scaricate in modo intermittente. Con l'utilizzo dei macroinvertebrati è possibile rilevare non solo alterazioni riguardanti l'idrochimica, ma anche la presenza di artificializzazioni delle sponde o dell'alveo (costruzioni, cementificazioni o strutture

Il Progetto "ACQUE PULITE"

per il prelievo dell'acqua stessa) che condizionano in modo negativo il popolamento a macroinvertebrati.

L'intenso sfruttamento delle risorse idriche per l'approvvigionamento domestico, l'uso industriale, l'uso agricolo e idroelettrico, le attività ricreative e lo scarico di reflui, hanno determinato nel tempo un'alterazione degli equilibri dei sistemi naturali spesso irreversibile, provocando la riduzione degli ambienti naturali e la compromissione delle comunità biologiche. La perdita di habitat e di microhabitat, la banalizzazione di interi tratti fluviali, l'eliminazione delle zone di esondazione sono causate da diverse tipologie di interventi antropici. Fra di essi ricordiamo:

- disturbi di tipo fisico, quali: sbarramenti fluviali e derivazioni, canalizzazioni, arginature, strade, urbanizzazione in generale e pratiche agricole;
- problemi di tipo biologico (competizione e predazione) dovuti ad una gestione impropria delle specie ittiche;
- inquinamento delle acque, dovuto agli usi agricoli del territorio, agli scarichi urbani e industriali o da estrazione di materiali che inevitabilmente hanno ricadute sui popolamenti a macroinvertebrati.

I metodi

Nell'ultimo decennio il campionamento dei macroinvertebrati è stato oggetto di numerosi studi e ricerche finalizzate alla sua standardizzazione a livello europeo tra cui si ricorda:

- AQUEM - Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates,
- STAR - Standardisation of River Classifications: Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive,
- REBECCA - Relationships between ecological and chemical status of surface waters.

Questi metodi sono stati proposti per rendere la raccolta degli invertebrati bentonici adeguata alle

richieste delle linee guida della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60.

In passato (Tabella 2), gruppi di lavoro CEN (Comité Européen de Normalisation) avevano prodotto standard di campionamento dei macroinvertebrati (es. ISO 7828, 1985; ISO 8265, 1988; ISO 9391, 1993) sostituiti poi da altri più aggiornati e ampliati (ISO 5667-1, 2006; ISO 5667-6, 2014).

Attualmente esistono anche standard relativi all'interpretazione dei dati biologici (ISO 8689.1, 2000; ISO 8689-2, 2000; ISO 5667-20, 2008) che permettono una prima analisi dei dati ottenuti.

L'Italia si è adeguata alle richieste europee proponendo un metodo di raccolta quantitativo, multihabitat proporzionale adattato al contesto e alle diverse tipologie di corsi d'acqua presenti sul territorio italiano cercando di garantire il più possibile una continuità con il protocollo di campionamento previsto dal metodo IBE in uso in Italia sin dagli anni '90 (Ghetti, 1997; APAT & IRSA-CNR, 2003).

In questo lavoro ci siamo, quindi, attenuti alle metodologie relative ai fiumi guadabili (Buffagni & Erba, 2007a). In particolare, nel breve periodo di progetto, a campionamenti di tipo multihabitat proporzionale, ossia a campionamenti quantitativi degli habitat più rappresentativi (Figura 3).

Nei torrenti montani in area alpina, è noto che non è possibile riconoscere una sequenza di aree di *riffle* alternate ad aree di *pool*, ma la sequenza è spesso 'a salti' e comprende, tra un salto e l'altro, aree di *pool* (Buffagni et al., 2007). Questa sequenza causa un mosaico di substrati e flussi irregolarmente distribuiti, per cui l'identificazione di una sequenza regolare *riffle/pool* è pressoché impossibile. In tale caso, si è proceduto alla quantificazione della presenza dei vari habitat indipendentemente da *riffle* e *pool*, avendo semplicemente cura di scegliere un tratto rappresentativo del corso d'acqua definito come "generico".

Lo schema di distribuzione seguito ha però dovuto essere adattato alla stagionalità e all'evento di forti piogge che ha causato una piena nel periodo autunnale e provocato la scomparsa di alcuni dei microhabitat scelti in precedenza.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Nel corso d'acqua oggetto di studio ci si aspettava inoltre, che le alterazioni morfologiche presenti avessero modificato la percentuale di presenza degli habitat rispetto a siti più naturali. Infatti, in generale le alterazioni morfologiche quali la costruzione di dighe, briglie o soglie e il conseguente risezionamento e rinforzo delle sponde con asportazione delle vegetazione riparia si traducono in una diminuzione della diversificazione in habitat, in particolare nella perdita di habitat specifici quali radici sommerse, punti di raccolta di sostanza organica particella di piccole e medie dimensioni, e

nella perdita di habitat marginali, specialmente dove il corso d'acqua risulta raddrizzato (Lorenz et al., 2004).

Per la scelta della cadenza stagionale del campionamento (Buffagni & Erba, 2007a) si è tenuto conto che la maggior parte delle popolazioni di invertebrati bentonici sono soggette a cicli vitali stagionali; pertanto, per poter correttamente definire la composizione tassonomica di un sito, le abbondanze degli individui e la diversità, le stagioni di campionamento sono state stabilite ad inizio lavori.

Tabella 2. Metodologie standard a livello europeo. Quelle precedenti al 2000 sono ormai in disuso.

ISO 7828	1985	• Water quality - Methods of biological sampling - Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macro-invertebrates.
ISO 8265	1988	• Water quality - Design and use of quantitative samplers for benthic macro-invertebrates on stony substrata in shallow freshwaters.
ISO 9391	1993	• Water quality - Sampling in deep waters for macro-invertebrates - Guidance on the use of colonization, qualitative and quantitative samplers.
ISO 8689-1	2000	• Water quality - Biological classification of rivers - Part 1: Guidance on the interpretation of biological quality data from surveys of benthic macroinvertebrates.
ISO 8689-2	2000	• Water quality - Biological classification of rivers - Part 2: Guidance on the presentation of biological quality data from surveys of benthic macroinvertebrates.
ISO 5667-1	2006	• Water quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.
ISO 5667-20	2008	• Water quality - Sampling - Part 20: Guidance on the use of sampling data for decision making - Compliance with thresholds and classification systems.
ISO 5667-6	2014	• Water quality - Sampling - Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams.

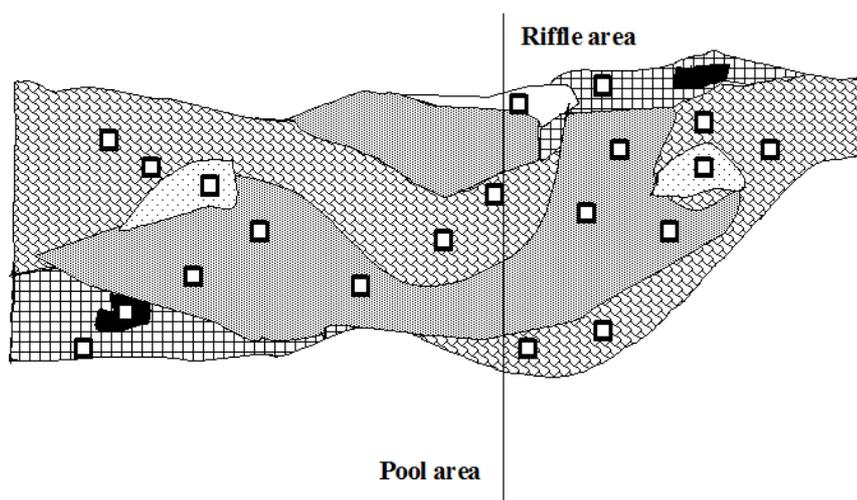


Figura 3. Esempio di distribuzione di punti di campionamento per aree diverse (*pool*, *riffle*) (modificata da Buffagni & Erba, 2007a). Nel nostro caso, pur mantenendo invariata la metodologia di distribuzione dei campioni, si è fatto riferimento ad un unico habitat "generico". Nell'immagine le diverse simbologie indicano tipi diversi di substrato fluviale.

Le stagioni migliori per il campionamento sono: inverno (febbraio, inizio marzo), tarda primavera

(maggio), e tarda estate (settembre). In particolare, i campionamenti previsti hanno dovuto subire delle

Il Progetto "ACQUE PULITE"

modifiche in quanto il periodo autunnale è stato caratterizzato da forti piogge che hanno reso impossibile il campionamento a causa delle piene fluviali, campionamenti che sarebbero in ogni caso risultati inadeguati a descrivere la reale comunità dei siti, in quanto se effettuati subito dopo tale periodo, la ricolonizzazione delle stazioni da parte dei macroinvertebrati non poteva ancora considerarsi



conclusa. Si è quindi deciso, visto che il periodo di forti piogge si era protratto per lungo periodo di tempo, di tralasciare il campionamento autunnale e di mantenere invece il campionamento invernale. In particolare, i campionamenti sono stati effettuati in estate (12/06/2014) e in inverno (14/01/2015) per meglio rappresentare la comunità presente nell'area di studio.



Figura 4. Retino immanicato utilizzato per il campionamento e retino per il risciacquo dei campioni.

Il campionamento adottato prevede la raccolta di campioni replicati per ogni sito scelto, tramite l'uso di un retino immanicato (Figura 4). Tale retino è costituito da un telaio a mezzaluna in acciaio di circa 24,5 L x 19,0 H cm a cui è stata apposta una seconda intelaiatura collegata alla bocca di ingresso di circa 21,8 x 21,8 cm, ottenendo così un'area di riferimento per la stima delle abbondanze ($475,24 \text{ cm}^2$, corrispondenti agli $0,05 \text{ m}^2$ richiesti dal metodo per ogni singolo sito). Il retino utilizzato è dotato di manico, sempre in acciaio, lungo circa 150 cm e di una rete tetraedrica in nylon a maglie di $210 \mu\text{m}$ fissata al telaio da una parte ed al bicchiere di raccolta dall'altra.

Il retino è stato posto in acqua con il lato inferiore del telaio ben aderente al fondale. Con le mani e con i piedi si sono sollevate le pietre o si è smosso il fondale ghiaioso o limoso a ridosso dell'imboccatura, e all'interno dell'area delimitata dall'intelaiatura metallica, in modo che gli organismi distaccati venissero raccolti nella rete. Le repliche raccolte sono state tenute separate, ogni sito risulta quindi rappresentato da più campioni.

Tutti i campioni raccolti sono stati fissati con alcool (80%) per poter essere conservati. Una volta fissati, i campioni sono stati posti in bottiglie di polietilene e trasportati in laboratorio dove sono stati sciacquati in ambiente aerato usando un retino con maglie della stessa dimensione di quelle del retino utilizzato per il campionamento (Figura 4). I campioni sono poi stati smistati sotto uno microscopio stereoscopico (Zeiss Stemi 2000) con potere di ingrandimento fino a 650 volte, che permette la separazione degli organismi dal detrito.

La fauna è stata quindi divisa nei principali gruppi tassonomici e questi sono stati raccolti in fiale di vetro della capacità di 2 cc e conservati in alcool al 50%. Per la determinazione sino a livello di famiglia prevista dal metodo MacrOper si è fatto riferimento alle pubblicazioni presenti sul territorio nazionale (AAVV, 1972-1985; Campaioli et al., 1994, 1999; Sansoni, 1988).

Alle fiale contenenti gli organismi determinati e conteggiati è stato, infine, aggiunto un cartellino riportante le principali informazioni utili, quali: stazione di campionamento, tipo di flusso, tipo di sedimento prevalente, data e gruppo tassonomico. Le

Il Progetto "ACQUE PULITE"

single fiale appartenenti alla stessa stazione sono state poste in apposite bottiglie di vetro da 100 ml, con tappo e sottotappo, e conservate in alcool al 50%. Su ogni bottiglia è stata riportata la stessa dicitura annotata precedentemente sull'etichetta della bottiglia di campionamento.

I risultati

I dati ottenuti tramite raccolte di campo sono stati elaborati utilizzando diverse metriche scelte fra quelle ampiamente utilizzate in ecosistemi naturali e artificiali. Si sono quindi valutate la densità dei singoli gruppi tassonomici e la diversità dei diversi siti, in quanto descrittori di comunità e popolamenti, nonché tutte quelle metriche coinvolte nell'Indice multimetrico messo a punto da Buffagni & Erba (2007b).

Stima della densità

La stima della densità permette di descrivere in modo molto elementare come le popolazioni siano distribuite mediamente nell'area di studio. Essa è stata calcolata per ogni unità tassonomica individuata in ogni punto di campionamento, sulla base della media dei replicati per ogni punto di campionamento.

La densità numerica viene generalmente espressa come individui al metro quadrato (ind/m²).

Si considerano sia il numero di individui conteggiati, sia la superficie campionata con il retino, delimitata dall'intelaiatura quadrata, che è pari a 475,24 cm². Il numero degli individui presenti viene rapportato all'unità di misura di superficie di 1 m², pari a 10000 cm², seguendo la proporzione

$$N \div 475,24 = D \div 10000$$

da cui si ricava

$$D = \frac{N \times 10000}{475},24$$

in cui D rappresenta la densità (ind/m²) e N il numero totale di individui.

Stima della diversità

È noto che la diversità biologica è data non solo dal numero delle specie, definita abbondanza o ricchezza, ma anche da come le specie sono ripartite, quanto cioè sono omogenei i rapporti tra le loro abbondanze.

Questa omogeneità dei rapporti è detta *evenness* o equitabilità. In letteratura, spesso, è definita come un semplice rapporto tra la diversità osservata e quella massima raggiungibile. La stima della diversità massima raggiungibile è una situazione ideale, poiché si osserva nel momento in cui tutte le specie di una comunità presentano valori identici di abbondanza. Il fenomeno contrario invece, si realizza quando si ha eterogeneità dei rapporti di abbondanza, quando cioè vi è una (o poche) specie a dominare sulle altre.

Per approfondire lo studio su questo ambiente fluviale sono stati applicati indici che hanno permesso di acquisire informazioni diverse sul sistema.

L'Indice di dominanza di Simpson (1949), risente maggiormente delle specie comuni. Fu ideato da Simpson discutendo della necessità di elaborare un nuovo indice non influenzato dalla grandezza del campione, basato sulla probabilità e quindi indipendente dalla distribuzione logaritmica. È dato dalla relazione

$$\lambda = \sum_{i=1}^N p_i^2$$

dove λ assume valori compresi fra 1 e 0, con 1 rappresentante una comunità in cui è presente una sola specie (ossia il caso in cui la diversità è nulla) e 0 nel caso in cui la diversità sia infinita. Questo indice rappresenta la probabilità che due individui presi a caso appartengano alla stessa specie.

Per una migliore comprensibilità l'Indice di Simpson viene sottratto ad uno, in base alla relazione

$$d = 1 - \lambda = 1 - \sum_{i=1}^N p_i^2$$

In questo modo si ottiene un altro indice, il cui valore è compreso nell'intervallo tra 0 ed 1, con 0 equivalente al caso di diversità nulla ed 1 nel caso di diversità massima.

L'Indice di equiripartizione (o *evenness*) di Pielou (1966) copre un intervallo tra 0 (caso ipotetico in cui non si ha alcuna specie) ed 1 (altro caso ipotetico e non osservabile in natura, in cui ogni specie presenta lo stesso numero di individui).

Il Progetto "ACQUE PULITE"

L'indice di equiripartizione è ottenuto in base alla relazione

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

L'Indice di diversità di Margalef (1951) presenta la particolarità che il suo risultato non è condizionato dalla dimensione del campione, ma basato sulla relazione lineare tra il numero di specie ed il logaritmo del numero di individui. L'indice applicato vale

$$d = \frac{S - 1}{\ln N}$$

dove S è il numero di specie ed N il numero di individui. Il valore che assume questo indice è tanto più alto quanto meno significativo è il ridursi del numero di individui, da specie comuni a specie rare. Inoltre, esso aumenta in modo proporzionale all'aumentare del numero di specie presenti nella comunità.

L'Indice di Sørensen (1948) fornisce un metodo per misurare la diversità β mettendo a confronto due habitat, utilizzando degli indici di somiglianza, per osservare quanto sia simile la loro composizione in specie. L'Indice di Sørensen è basato sulla presenza/assenza delle specie e non richiede un approccio quantitativo. Esso è fornito dalla relazione

$$QS = \frac{2c}{2c + a + b}$$

in cui A rappresenta le famiglie del primo campione, B le famiglie del secondo campione e C saranno le famiglie in comune tra i due campioni. Il valore

dell'indice varia tra 0 e 1. Più il valore tende ad 1 più c'è somiglianza tra i due campioni, equivale invece a 0 nel caso in cui non vi siano elementi in comune.

Stima della qualità delle acque

È noto che la biodiversità di un ecosistema tende a diminuire in caso di alterazioni di origine antropica e questo porta ad una diminuzione del numero totale di famiglie e quindi all'aumento delle specie più resistenti. Il decreto attuativo n. 260 del 08/11/2010 recante "Criteri tecnici per la classificazione dei corpi idrici superficiali" per la modifica delle norme tecniche del D. Lgs. n. 152 del 03/04/2006, recante "Norme in materia ambientale" prevede, relativamente alla comunità macrobentonica, l'utilizzo dell'Indice multimetrico STAR di intercalibrazione (STAR_ICMi - STAR Intercalibration Common Metric Index). Lo stato di qualità di un ecosistema può quindi essere misurato attraverso l'applicazione di sei diverse metriche che compongono questo indice (Tabella 3), opportunamente calibrate e ponderate, che includono tutti gli aspetti che la Direttiva Quadro chiede di valutare: il rapporto fra specie sensibili e tolleranti, la composizione tassonomica e l'abbondanza della comunità e il livello di diversità.

Queste metriche sono: ASPT (Average Score Per Taxon), $\log_{10} \sum (EPDT+1)$ (ossia presenza di alcune famiglie di Efemerotteri, Plecotteri, Ditteri, Tricotteri), numero di famiglie di EPT (Efemerotteri, Plecotteri, Tricotteri), numero totale di famiglie presenti, 1-GOLD (Gasteropodi, Oligocheti, Ditteri) e l'Indice di diversità di Shannon Wiener. Il livello di identificazione richiesto è la Famiglia, mentre per Oligocheti, Platelmini e Idracarini ci si ferma al livello di Ordine.

Tabella 3. Indici considerati per il calcolo dell'Indice STAR_ICMi con relative informazioni sul tipo e il nome della metrica, il range di valori che si possono ottenere, il riferimento bibliografico ed il peso indicatore (DM n 260/2010).

Tipo di informazione	Metrica	Nome della Metrica	Intervallo	Peso
Tolleranza	Indice	ASPT	1→∞	0,33
Abbondanza/Habitat	Abbondanza	$\log_{10} \sum (EPTD+1)$	1→∞	0,266
	Abbondanza	1-GOLD	0→1	0,067
Ricchezza/Diversità	N. taxa	N. Tot. Famiglie	1→∞	0,167
	N. taxa	N. Famiglie EPT	1→∞	0,083
	Indice Diversità	Indice Shannon-Weaver	0→∞	0,083

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Per definire lo stato ecologico dell'ambiente di studio si è dovuto dapprima collocarlo in un'idroecoregione ben precisa all'interno del territorio nazionale.

In Italia, secondo il Decreto Ministeriale n. 131/2008, che tratta della tipizzazione dei bacini imbriferi, il Torrente San Giovanni appartiene all'idroecoregione 1, settore Alpi occidentali (Figura 5).

La suddivisione in idroecoregioni è effettuata in base a caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche affini (Wasson et al., 2006). Il Torrente San Giovanni viene classificato con il codice 01SS2 (01- idroecoregione

1 Piemonte; SS-scorrimento superficiale e 2 bacino con area < 100 km²) (Tabella 4). Inoltre, essendo un corso d'acqua di dimensioni relativamente piccole lungo circa 16 km ed essendo caratterizzato da un'altitudine media di 914 m s.l.m., viene ascritto al macrotipo A2 (Tabella 5).

La tipizzazione così effettuata permette di ottenere i parametri di riferimento ed i valori per la normalizzazione delle metriche per l'Indice STAR_ICMi con campionamento in habitat generico (Tabella 6).



Cod HER_Italia	Nome Italiano	Totale superficie campionamento (m ²)	Rifile/Pool/Generico
1	Alpi Occidentali	1	Rifile/G
2	Prealpi Dolomiti	1	Rifile/G
3	Alpi Centro-Orientali	1	Rifile/G
4	Alpi Meridionali	1	Rifile/G
5	Monterrato	0.5	G
6	Pianura Padana	0.5	G
7	Carso	1	G
8	Appennino Piemontese	1	Pool/G
9	Alpi Mediterranee	1	Rifile/G
10	Appennino Settentrionale	1	Pool/G
11	Toscana	0.5	Pool
12	Costa Adriatica	0.5	Pool/G
13	Appennino Centrale	0.5	Pool/G
14	Roma_Viterbese	0.5	Pool/G
15	Basso Lazio	0.5	Pool
16	Vesuvio	0.5	Pool/G
17	Basilicata_Tavoliere	0.5	Pool
18	Puglia_Gargano	0.5	Pool
19	Appennino Meridionale	0.5	Pool/G
20	Calabria_Nebrodi	0.5	Pool/G
21	Sardegna	0.5	Pool

Figura 5. Suddivisione dell'Italia in idroecoregioni (HER) e confini regionali, con codici identificativi e aree geografiche.

Tabella 4. Macrotypi fluviali individuati nelle Alpi occidentali.

ORD	Area reg.	Idroecoregione	Nome Idroecoregione	Classe di Distanza dalla Sorgente/ Altro	cod. tipo	Macrotipo	note/sottotipo
N_11	01PI	1	Alpi Occidentali	5-25 km - piccolo	01SS2	A2	-

Tabella 5. Tipologie fluviali dell'area geografica Alpina.

Tipologia	Caratteristiche	Bacino (km ²)	Altitudine (m) Geomorfologia	Alcalinità	Regime di portata
A-1	Piccolo, medio elevate altitudini e calcareo	10-1000	800-2500 m, massi e ciottoli	Alta ma non estremamente alta	nivale
A-2	Piccolo, medio elevate altitudini e siliceo	10-1000	500-1000 m, massi	Da media a bassa	nivale, glaciale

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Tabella 6. Parametri di riferimento e valori per la normalizzazione delle metriche così come da DM n. 260/2010.

ORD	Area regionale	mesohabitat	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	I-GOLD	Shannon	log(SeI-EPTD+1)	STAR_ICMi	Elevato/Buono	Buono/Sufficiente	Sufficiente/Scarso	Scarso/Cattivo	Tipo di dati disponibili (D,G,I, ND)
N_11	01PI	Generico	6,824	19,00	11,00	0,861	1,783	2,682	1,008	0,95	0,71	0,48	0,24	D

Tabella 7. Lista delle famiglie considerate dall'indice BMWP' con il relativo punteggio.

	Famiglie	Punteggi
Efemerotteri	Ephemeridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Siphonuridae	10
Plecotteri	Perlidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Taeniopterygidae, Chloroperlidae	
Eterotteri	Aphelocheiridae	
Tricotteri	Beraeidae, Brachycentridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Leptoceridae, Molannidae, Odontoceridae, Phryganeidae, Sericostomatidae	
Ditteri	Athericidae, Blephariceridae	8
Odonati	Aeschnidae, Calopterygidae, Corduliidae, Cordulogasteridae, Gomphidae, Lestidae, Libellulidae	
Tricotteri	Glossosomatidae, Philopotamidae, Psychomidae	
Crostacei	Astacidae	
Efemerotteri	Ephemerellidae, Prosoptomatidae	7
Plecotteri	Nemouridae	
Tricotteri	Ecnomidae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae	
Odonati	Coenagrionidae, Platycnemididae	
Tricotteri	Hydroptilidae	6
Crostacei	Atyidae, Gammaridae	
Molluschi	Ancyclidae, Neritidae, Thiaridae, Unionidae, Viviparidae	
Efemerotteri	Oligoneuriidae, Polymitarcidae	
Tricotteri	Helicopsychidae, Hydropsychidae	5
Coleotteri	Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydraenidae	
Ditteri	Simuliidae, Tipulidae	
Altro	Dendocoelidae, Dugesidae, Planariidae	
Efemerotteri	Baetidae, Caenidae	4
Coleotteri	Chrysomelidae, Haliplidae	
Ditteri	Anthomyidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Empididae, Limoniidae, Psychodidae, Stratiomyidae, Tabanidae	
Altro	Piscicolidae, Sialidae	
Eterotteri	Corixidae, Gerridae, Hydrometridae, Mesovellidae, Naucoridae, Nepidae, Notonectidae, Pleidae, Veliidae	3
Col	Dytiscidae, Gyrinidae, Helodidae, Hicrobiidae, Hydrophilidae	
Crostacei	Asellidae	
Molluschi	Bithyniidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Valvatidae	
Altro	Erpobdellidae, Glossiphonidae, Hirudidae	2
Ditteri	Chironimidae, Culicidae, Ephydriidae, Thaumaleidae	
Ditteri	Syrphidae	
Altro	Oligocheta	
		1

Calcolo delle metriche

Per procedere con il calcolo dell'Indice ASPT si è dapprima calcolato l'Indice biotico BMWP' (*Biological Monitoring Party Score System*). Quest'ultimo si calcola assegnando dei punteggi alle varie famiglie in base al grado di sensibilità (Tabella

7); le famiglie con punteggio più alto sono quelle più sensibili alle alterazioni ambientali, mentre quelle con punteggio più basso sono quelle più resistenti. La somma dei valori ottenuti per stazione fornisce il valore di BMWP'. Una volta sommati i punteggi assegnati per ogni famiglia, per ottenere l'Indice

Il Progetto "ACQUE PULITE"

ASPT è bastato dividere l'Indice BMWP' per il numero totale delle famiglie.

Il calcolo dell'Indice $\text{Log}_{10}(\sum \text{EPDT}+1)$ prevede il calcolo della presenza di alcune famiglie quali: Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratyomidae, Dixidae, Empididae, Athericidae e infine Nemouridae.

L'Indice 1-GOLD è stato calcolato sommando il numero di individui appartenenti alle famiglie di Gasteropodi, Oligocheti e Ditteri, questo valore è

Tabella 8. Valori da confrontare con i risultati dello STAR_ICMi.

ORD	Stato ecologico				
	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Cattivo
N_11	$\geq 0,95$	0,95-0,71	0,71-0,48	0,48-0,24	0,24

L'Indice di Shannon Wiener (1949) si calcola utilizzando la seguente formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

dove p_i è uguale a n_i/N in cui n_i è il numero di famiglie ed N è il numero di individui. Questo indice misura la probabilità che un individuo preso a caso dalla popolazione appartenga a una specie diversa rispetto a un'altra ipoteticamente prelevata in precedenza e tiene in considerazione sia il numero di famiglie presenti che la loro abbondanza.

Infine, l'ultimo passo per ottenere la valutazione di qualità dei siti esaminati è stato il calcolo dell'Indice STAR_ICMi. I valori delle sei metriche sono quindi stati pesati e normalizzati utilizzando i valori di riferimento. I valori così ottenuti sono stati sommati, ottenendo infine lo STAR_ICMi; anche questo deve essere normalizzato rispetto al valore di riferimento e confrontato con i valori riportati in Tabella 8 per fissare il livello di qualità delle acque.

Il campionamento del Torrente San Giovanni ha dato luogo al ritrovamento di 11046 individui, 6114 campionati in estate e 4932 in inverno. Del totale, 9562 sono insetti e 1484 non-insetti. Il corso d'acqua è caratterizzato nel suo complesso da 35 famiglie appartenenti a 8 ordini (Tabella 9).

stato poi diviso per il totale degli individui della stazione e quanto ottenuto si sottrae ad 1.

Il numero di famiglie è stato ottenuto invece sommando il numero di tutte le famiglie appartenenti ad ogni ordine trovato.

L'Indice EPT è stato calcolato sommando il numero di famiglie di Efemerotteri, Plecotteri e Tricotteri. Questi sono considerati i gruppi più sensibili alle alterazioni ambientali perciò all'aumentare della presenza di queste famiglie aumenta la qualità dell'acqua.

Entrando nel dettaglio, le stazioni campionate nei pressi di Ramello sono rappresentate da 8 ordini (Figura 6 e 7) in cui, in estate (Figura 6), dominano gli Efemerotteri, seguiti dai Ditteri, mentre Oligocheti, Plecotteri ed Idracarini sono caratterizzati da abbondanze inferiori. In inverno (Figura 7), invece, i Ditteri sono rappresentati da abbondanze maggiori nel sito a monte dello sbarramento, mentre sono co-dominanti con gli Efemerotteri nel sito a valle. Questi ordini sono comunque presenti in numero cospicuo in giugno, mentre nel periodo invernale le abbondanze si riducono molto. In particolare, i Ditteri si riducono a meno della metà soprattutto a valle dello sbarramento, mentre per quanto riguarda gli Oligocheti la riduzione è più importante (>70%).

Per quanto riguarda Scareno, le stazioni campionate a monte e a valle dello sbarramento sono anch'esse rappresentate da 8 ordini (Figura 8 e 9), ma caratterizzati da abbondanze maggiori o da una migliore distribuzione delle abbondanze fra i diversi ordini. Anche in questo caso gli Efemerotteri sono più abbondanti in estate (Figura 8), mentre in inverno prevalgono i Ditteri. Oligocheti, Plecotteri e Platelmini costituiscono gruppi secondari, mentre Tricotteri, Coleotteri e Idracarini sono rappresentati da poche famiglie e scarse abbondanze. In inverno si dimezzano le abbondanze degli Efemerotteri e degli Oligocheti, facendo sì che le abbondanze di Ditteri, Plecotteri e Coleotteri, possano raddoppiare (Figura 9).

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Tabella 9. Ordini e famiglie riscontrati in tutte le stazioni e nelle due diverse stagioni di campionamento.

ORDINE	FAMIGLIA	Scar_monte	Scar_valle	Scar_monte	Scar_valle	Ram_monte	Ram_valle	Ram_monte	Ram_valle	
		IV	IV	I	I	IV	IV	I	I	
Coleoptera	Elmidae	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Helodidae	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Hydraenidae		x	x	x				x	
Diptera	Athericidae	x	x	x	x	x	x		x	
	Blephariceridae								x	
	Ceratopogonidae	x	x			x	x		x	
	Chironomidae	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Empididae			x			x		x	
	Limoniidae	x	x	x	x	x	x		x	
	Psychodidae				x					
	Simuliidae	x	x	x	x	x	x	x	x	
Ephemeroptera	Baetidae	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Ephemerellidae	x	x			x	x			
	Ephemeridae	x	x							
	Heptageniidae	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Leptophlebiidae	x	x	x		x	x	x	x	
	Polymitarcidae					x				
Hydracarina			x	x	x	x	x	x	x	
Oligochaeta			x	x	x	x	x	x	x	
Plecoptera	Chloroperlidae	x	x	x	x	x			x	
	Leuctridae	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Nemouridae	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Perlidae	x	x	x	x		x		x	
	Perlodidae		x	x	x	x		x	x	
	Taeniopterygidae			x	x			x	x	
	Trichoptera	Beraeidae	x	x			x	x		
		Glossosomatidae			x				x	x
		Goeridae				x				x
		Hydropsichidae	x		x	x		x	x	x
Limnephilidae		x	x			x	x			
Odontoceridae		x								
Philoopotamidae		x		x	x				x	
Polycentropodidae		x	x	x		x	x			
Psychomyiidae						x				
Rhyacophilidae		x		x	x	x	x	x	x	
	Sericostomatidae	x							x	
Platyhelminthes			x	x	x	x	x	x	x	

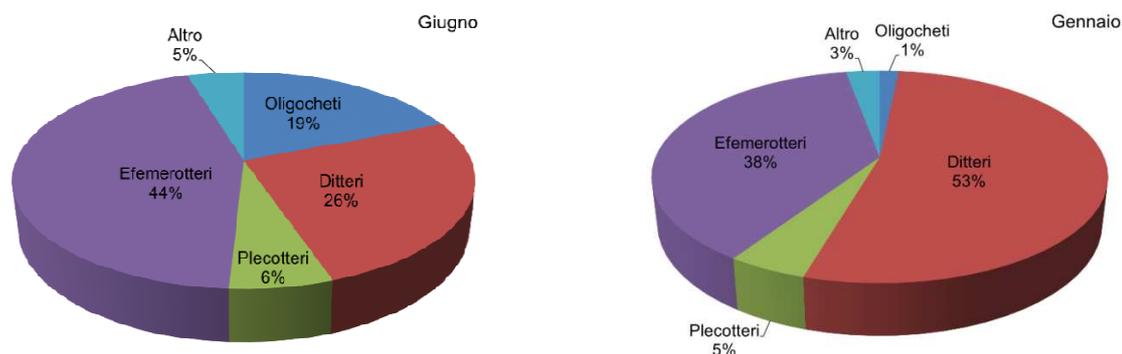


Figura 6. Stazione di Ramello. Abbondanze relative delle diverse entità tassonomiche in estate ed in inverno.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

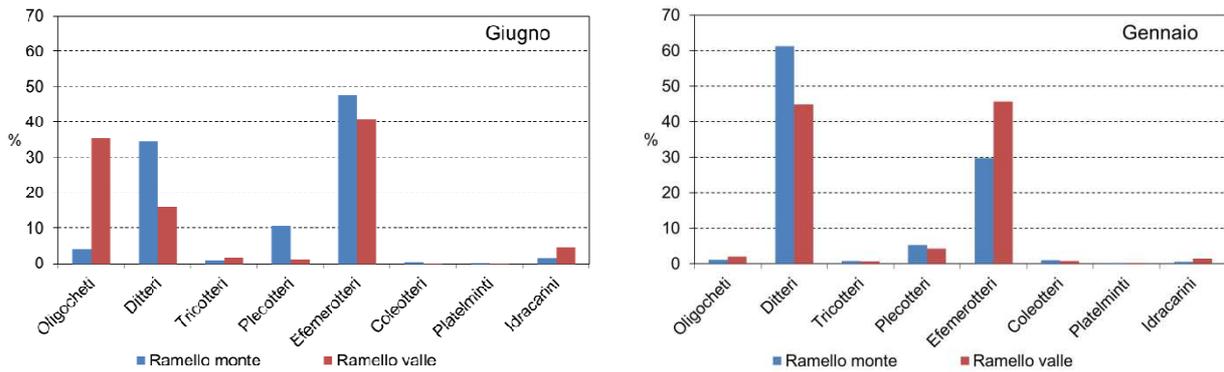


Figura 7. Stazione di Ramello. Abbondanze relative delle diverse entità tassonomiche nei siti a monte e a valle dello sbarramento.

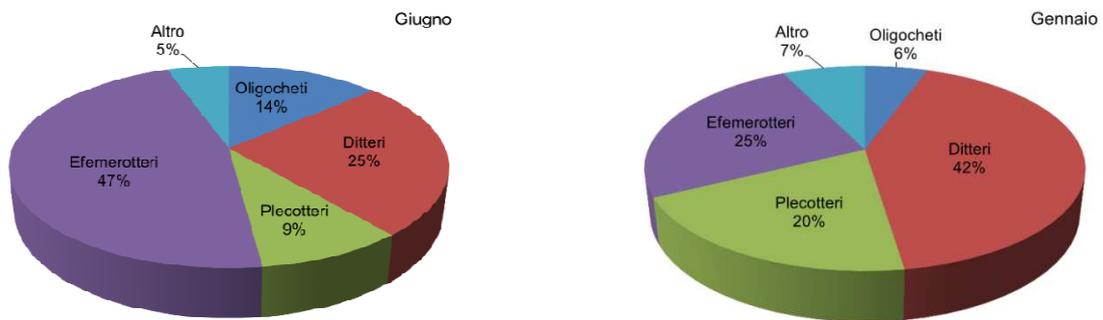


Figura 8. Stazione di Scareno. Abbondanze relative delle diverse entità tassonomiche in estate ed in inverno.

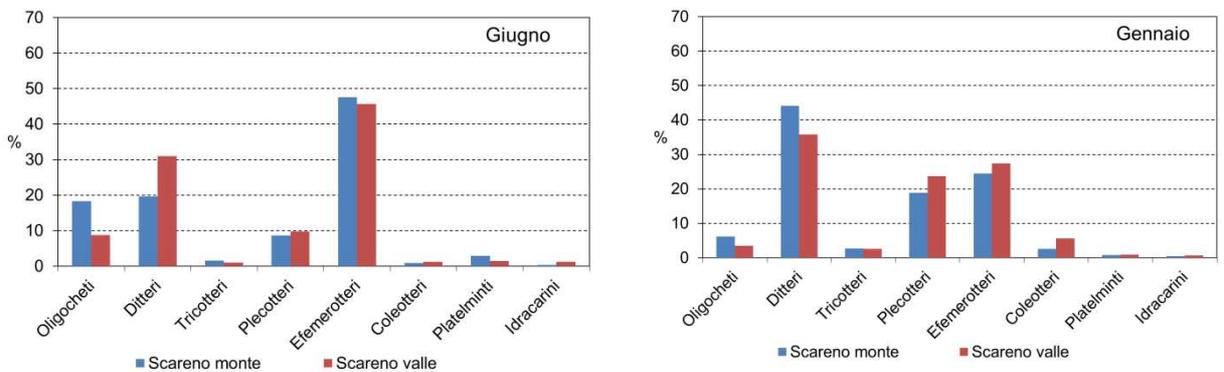


Figura 9. Stazione di Scareno. Abbondanze relative delle diverse entità tassonomiche nei siti a monte e a valle dello sbarramento.

Struttura della comunità basata sui gruppi funzionali

Gli stress prodotti dall'inquinamento, dai cambiamenti chimico-fisici dovuti ad alterazioni ambientali naturali o di origine antropica si ripercuotono sul ciclo dei nutrienti, sulle comunità

microbiche, sui processi di trasporto e di decomposizione del detrito vegetale, provocando alterazioni sulla disponibilità delle risorse trofiche per i macroinvertebrati che producono, a loro volta, effetti qualitativi e quantitativi nella presenza delle varie categorie trofico-funzionali dei macroinvertebrati (Matthews et al., 1980). Per questi

Il Progetto "ACQUE PULITE"

motivi si è analizzata la composizione della fauna a macroinvertebrati nelle diverse stazioni suddividendo i diversi taxa in base al sistema di acquisizione del

cibo e questo è stato possibile grazie alle indicazioni fornite da Merrit & Cummins (1996) e Tachet et al. (2006) (Figura 10).

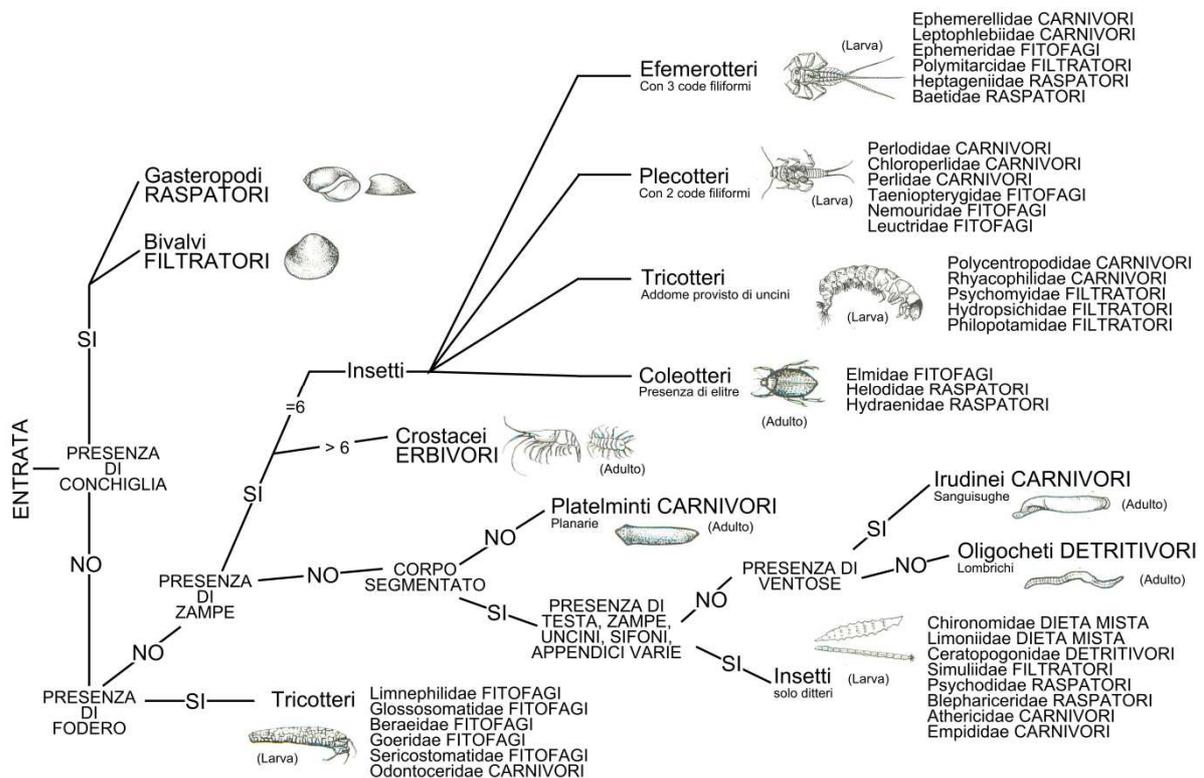


Figura 10. Chiave semplificata dimostrativa della suddivisione in gruppi trofico-funzionali dei diversi taxa riscontrati nei siti di studio (modificata da Baldaccini & Lacci, 1992).

Le categorie in cui sono stati suddivisi i taxa sono le seguenti:

- Carnivori: comprende macroinvertebrati che si nutrono di altri organismi;
- Detritivori: organismi che si nutrono di materia organica particellata associata al sedimento;
- Raspatori: organismi che si nutrono di perifiton e di comunità microbiche incrostanti;
- Filtratori: organismi che si nutrono di materia organica presente in sospensione nell'acqua;
- Fitofagi: organismi che si nutrono di materiale vegetale;
- Dieta mista: macroinvertebrati a dieta diversificata.

Considerando il fiume nel suo complesso (Figura 11), questo è rappresentato principalmente da organismi a dieta mista (32%) e raspatori (31%), ossia organismi tolleranti situazioni trofiche molto diverse e cambi

repentini nel corso d'acqua, seguiti a ruota da detritivori (21%) e fitofagi (11%), associati all'abbondante presenza di foglie ed altro detrito organico grossolano. Filtratori e carnivori sono scarsi, ossia con abbondanze che non eccedono il 3% della comunità, perché la velocità di corrente e la presenza di scarso materiale particellato sospeso impediscono lo sviluppo di una comunità di questo tipo, così come ci si aspettava sulla base del Modello del *River Continuum* (Vannote et al., 1980) applicato nei tratti di fiume situati a quote medie e caratterizzati da un alveo più ampio rispetto ai torrenti nelle aree più vicine alle sorgenti.

Se si analizzano nel dettaglio le due stazioni di campionamento, queste sono rappresentate per la maggior parte da organismi a dieta mista e raspatori, ma a Ramello anche i detritivori sono presenti con abbondanze cospicue (20%), mentre a Scareno sono ben rappresentati anche i fitofagi (18%) (Figura 12).

Il Progetto "ACQUE PULITE"

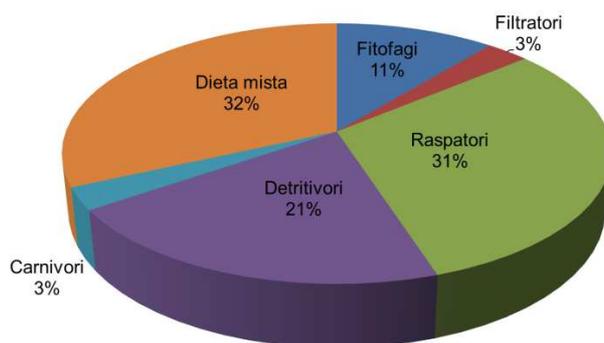


Figura 11. Abbondanze relative dei diversi gruppi funzionali presenti nel Torrente San Giovanni.

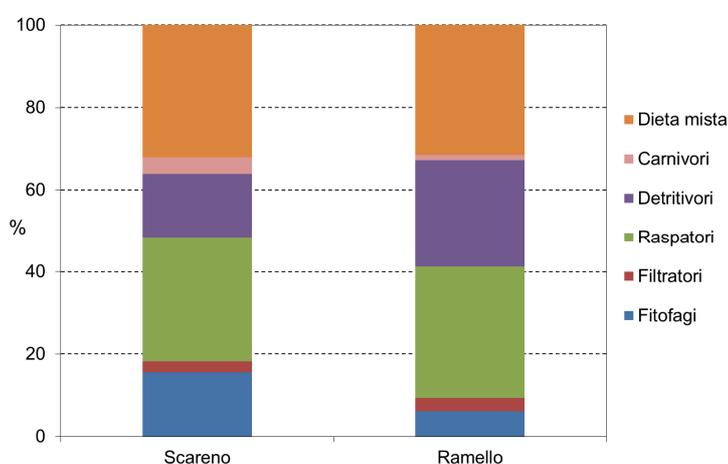


Figura 12. Presenza di gruppi funzionali nelle due diverse stazioni, Scareno e Ramello, espressa come abbondanza relativa (%).

Ancora più nel dettaglio, è possibile notare la variazione della presenza dei diversi ruoli trofici nelle due diverse stagioni a monte e a valle delle infrastrutture presenti (Figura 13). Infatti, mentre i raspatori sono pressoché costanti nel tempo e nello spazio, sempre presenti con abbondanze intorno al 30-40%, i detritivori tendono a prevalere d'estate, probabilmente grazie alla presenza di detrito trasportato in seguito a forti eventi piovosi.

Gli organismi a dieta mista prevalgono invece d'inverno, quando le condizioni trofiche sono più avverse. A Scareno infine, filtratori e fitofagi tendono a prevalere d'inverno a discapito dei detritivori.

Dopo applicazione di diversi indici, questi sono stati plottati su grafici e messi in relazione alla densità degli individui (Figura 14). Ciò che si nota

immediatamente è che tutti gli indici, Shannon Wiener (Figura 14.A), Pielou (Figura 14.B), Simpson (Figura 14.C) e Margaleg (Figura 14.D) forniscono valori maggiori a Scareno, situata più a monte, rispetto a Ramello situata più a valle. La diversità inoltre, tende sempre a diminuire con la stagione, ossia passando dall'estate all'inverno, con l'eccezione del sito di Scareno valle dove la diversità ha un andamento opposto. Le densità invece, mostrano un andamento diverso con valori maggiori in estate rispetto all'inverno, ad esclusione del sito Scareno monte in cui le densità sono maggiori in inverno.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

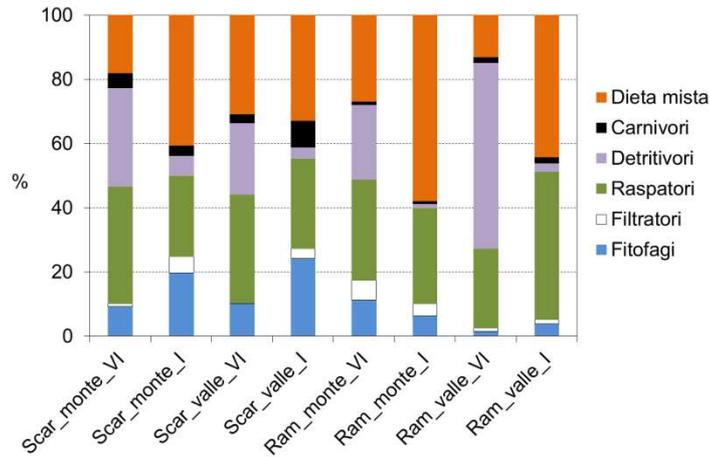
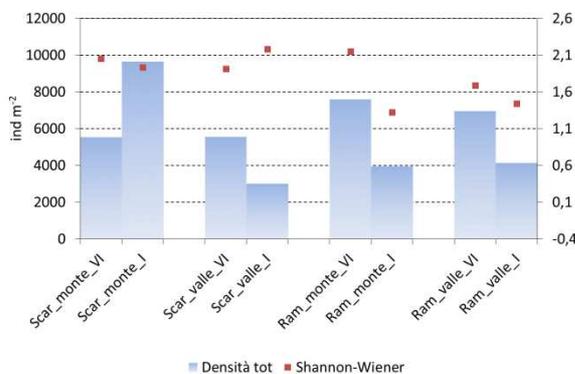
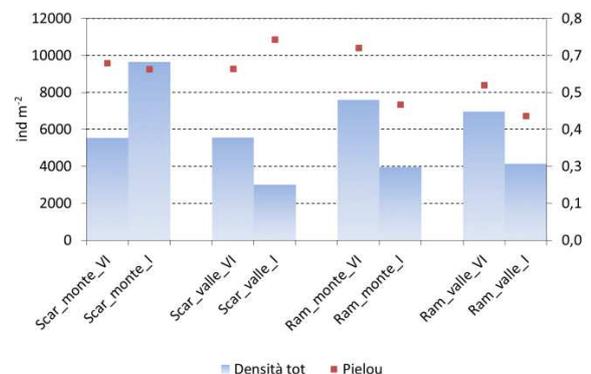


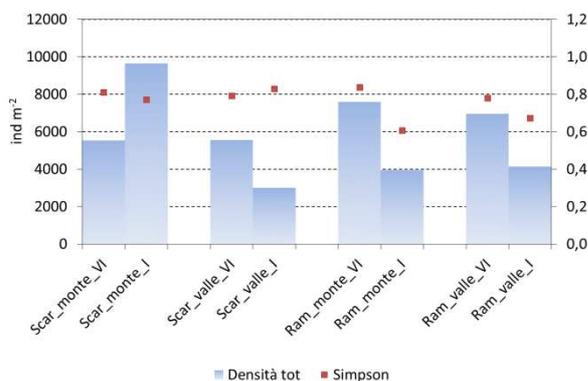
Figura 13. Abbondanze relative dei gruppi funzionali riscontrati nelle diverse stazioni di campionamento e nelle diverse stagioni.



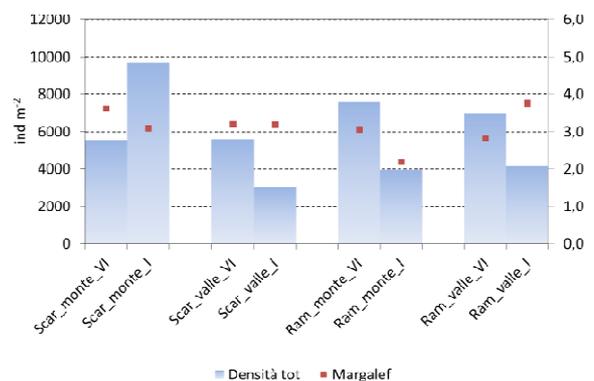
14.A



14.B



14.C



14.D

Figura 14. Indici di Shannon Wiener (A), Pielou (B), Simpson (C) e Margalef (D) a confronto con le densità riscontrate nei diversi siti di campionamento.

Invece, l'Indice di Sørensen è stato applicato per indagare la somiglianza di composizione faunistica fra coppie di stazioni (Figura 15). Tale indice è stato applicato per verificare la congruenza dei risultati

ottenuti sulle comunità con quanto riscontrato nelle singole stazioni sia a livello spaziale che temporale. La somiglianza è stata, quindi, valutata a scala di sito (Scareno-Ramello), a scala spaziale (monte-valle

Il Progetto "ACQUE PULITE"

delle infrastrutture per ognuna delle stazioni) e a scala stagionale (estate-inverno per ognuna delle stazioni). Ciò che si osserva immediatamente è che i due siti Scareno e Ramello, sono molto simili fra loro (QS=0,9 – Figura 15.A), pur non ottenendo mai una uguaglianza completa in quanto, in questo caso, così come nei seguenti, la composizione principale del substrato, il flusso d'acqua e la profondità che caratterizzano i due siti sono fonte di diversità. Inoltre, non è pensabile ottenere un'uguaglianza completa tra due stazioni a livello stagionale, in quanto i cicli di sviluppo di alcuni organismi sono molto diversi. Se poi si scende nel dettaglio della composizione faunistica fra siti situati a monte e a valle di infrastrutture antropiche, si nota come entrambe le stazioni di Scareno (monte e valle) siano simili fra loro (QS=0,90), e molto simili a Ramello valle (QS=0,92). Guardando poi alle somiglianze stagionali, si nota come i valori più alti, e quindi le somiglianze maggiori, siano quelle fra Scareno monte

e Ramello valle in inverno (QS=0,92), mentre tutti gli altri valori sono inferiori a 0,9, con minimi per il confronto Scareno (monte e valle, estate) vs Ramello monte inverno (QS=0,6). Poiché però, tutti i valori sono comunque superiori a 0,6, la somiglianza è in ogni caso significativamente elevata.

Sembra quindi dunque che la stazione di Ramello monte sia stata quella più toccata dall'evento di piena avvenuto in autunno, che ha probabilmente modificato in modo significativo tale stazione a livello di substrato. Oppure, l'ipotesi contraria è che tutte le altre stazioni siano cambiate in modo significativo: questa però è un'ipotesi più azzardata in quanto le medesime stazioni erano già molto simili fra loro in estate.

Infine, si è applicato lo Star_ICMi grazie al quale si è potuto definire lo stato ecologico delle diverse stazioni di campionamento.

	Scareno	Ramello
Scareno	-	0.90
Ramello		-

A

	Scar_monte	Scar_valle	Ram_monte	Ram_valle
Scar_monte	-	0.90	0.85	0.92
Scar_valle		-	0.84	0.92
Ram_monte			-	0.86
Ram_valle				-

B

Il Progetto "ACQUE PULITE"

	Scar_monte_VI	Scar_monte_I	Scar_valle_VI	Scar_valle_I	Ram_monte_VI	Ram_monte_I	Ram_valle_VI	Ram_valle_I
Scar_monte_VI	-	0.77	0.86	0.69	0.82	0.60	0.86	0.74
Scar_monte_I		-	0.78	0.85	0.73	0.78	0.77	0.92
Scar_valle_VI			-	0.70	0.88	0.60	0.83	0.75
Scar_valle_I				-	0.65	0.74	0.68	0.86
Ram_monte_VI					-	0.65	0.83	0.71
Ram_monte_I						-	0.68	0.74
Ram_valle_VI							-	0.73
Ram_valle_I								-

C

Figura 15. Indice di Sørensen: (A) confronto tra le due stazioni Scareno e Ramello, (B) confronto fra stazioni con suddivisione delle stesse in monte e valle rispetto a infrastrutture antropiche, e (C) confronto tra stazioni, ulteriormente suddivise sulla base della stagionalità del campionamento.

Le metriche sono raggruppate in tre categorie, in accordo con le indicazioni della Direttiva Quadro sulle Acque: Tolleranza, Abbondanza/Habitat, e Ricchezza/Diversità. Alle singole metriche è attribuito un peso diverso, mentre le tre categorie generali di metriche ricevono ciascuna lo stesso peso (0,333). Quindi, una volta calcolate tutte le metriche, si è proceduto alla loro normalizzazione dividendo il valore osservato per il valore della metrica che rappresenta le condizioni di riferimento. Dalla somma di questi sei valori si è ottenuto l'Indice STAR_ICMi. Infine, lo stato ecologico è stato espresso in termini di *Ecological Quality Ratio* (EQR). I valori di indice rappresentativi della qualità ecologica sono quindi stati riportati ad una scala ideale compresa fra 0 e 1, dove 1 corrisponde alla migliore situazione osservabile.

Vengono quindi presentati tutti i valori ottenuti per ogni stazione di campionamento e per ogni stagione.

Stazione Scareno monte.

Per questa stazione in estate si ha un valore di STAR_ICMi normalizzato pari a 0,94. Questo valore

è minore del limite di 0,95 che funge da soglia fra lo stato ecologico eccellente e buono, perciò rientra tra gli ambienti con uno stato ecologico buono.

In inverno, la stessa stazione mostra un valore di STAR_ICMi normalizzato pari a 0,86 e, per lo stesso discorso fatto per il periodo estivo, rientra tra gli ambienti con uno stato ecologico buono.

I risultati sono presentati in Tabella 10 (estate) e in Tabella 11 (inverno).

Stazione Scareno valle

Anche la stazione a valle delle infrastrutture antropiche mostra un valore di STAR_ICMi normalizzato pari a 0,86, collocandosi quindi tra gli ambienti con uno stato ecologico buono.

In inverno la situazione non cambia perché lo STAR_ICMi normalizzato è pari a 0,83, indice quindi di stato ecologico buono.

I risultati sono presentati in Tabella 12 (estate) e in Tabella 13 (inverno).

Tabella 10. Calcolo delle metriche della stazione di Scareno monte in estate.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1-GOLD	Diversità di Shannon	Log10(Σ EPTD+1)
Valori calcolati (VC)	6.852	27	17	0.627	2.053	0.954
Valori tabellari (VR)	6.824	19	11	0.861	1.783	2.682
EQR (VC/VR)	1.006	1.421	1.545	0.729	1.152	0.356
Peso	0.33	0.167	0.083	0.067	0.083	0.266
Valori Pesati (EQR/peso)	0.332	0.237	0.128	0.049	0.096	0.095

Tabella 11. Calcolo delle metriche della stazione di Scareno monte in inverno.

	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1-GOLD	Diversità di Shannon	Log10(Σ EPTD+1)
Valori calcolati (VC)	6.560	25.000	14.000	0.497	1.935	0.845
Valori tabellari (VR)	6.824	19.000	11.000	0.861	1.783	2.682
EQR (VC/VR)	0.945	1.316	1.273	0.577	1.085	0.315
Peso	0.330	0.167	0.083	0.067	0.083	0.266
Valori Pesati (EQR/peso)	0.312	0.220	0.106	0.039	0.090	0.084

Tabella 12. Calcolo delle metriche della stazione di Scareno valle in estate.

	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1-GOLD	Diversità di Shannon	Log10(Σ EPTD+1)
Valori calcolati (VC)	6.667	24.000	13.000	0.620	1.917	0.903
Valori tabellari (VR)	6.824	19.000	11.000	0.861	1.783	2.682
EQR (VC/VR)	0.967	1.263	1.182	0.720	1.075	0.337
Peso	0.330	0.167	0.083	0.067	0.083	0.266
Valori Pesati (EQR/peso)	0.319	0.211	0.098	0.048	0.089	0.090

Tabella 13. Calcolo delle metriche della stazione di Scareno valle in inverno.

	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1-GOLD	Diversità di Shannon	Log10(Σ EPTD+1)
Valori calcolati (VC)	6,636	22,000	12,000	0,612	2,184	0,699
Valori tabellari (VR)	6,824	19,000	11,000	0,861	1,783	2,682
EQR (VC/VR)	0,961	1,158	1,091	0,711	1,225	0,261
Peso	0,330	0,167	0,083	0,067	0,083	0,266
Valori Pesati (EQR/peso)	0,317	0,193	0,091	0,048	0,102	0,069

Stazione Ramello monte

Per la stazione di Ramello monte in estate si ottiene un valore di STAR_ICMi normalizzato pari a 0,86 e quindi uno stato ecologico buono.

In inverno, i valori ottenuti per lo STAR_ICMi normalizzato sono pari a 0,68, compreso tra le soglie 0,71 (Buono/Sufficiente) e 0,48 (Sufficiente/Scarso), perciò rientra tra gli ambienti con uno stato ecologico sufficiente.

I risultati sono presentati in Tabella 14 (estate) e in Tabella 15 (inverno).

Stazione Ramello valle

La stazione di Ramello valle presenta valori di STAR_ICMi normalizzato pari a 0,79, anch'esso compreso tra 0,95 e 0,71, e quindi da considerarsi tra gli ambienti con uno stato ecologico buono.

In inverno presenta un valore di STAR_ICMi normalizzato pari a 0,86 rientrando quindi nello stato ecologico buono.

I risultati sono presentati in Tabella 16 (estate) e in Tabella 17 (inverno).

Tabella 14. Calcolo delle metriche della stazione di Ramello monte in estate.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1-GOLD	Diversità di Shannon	Log10(ΣEPTD+1)
Valori calcolati (VC)	6.458	24.000	14.000	0.615	2.151	0.845
Valori tabellari (VR)	6.824	19.000	11.000	0.861	1.783	2.682
EQR (VC/VR)	0.924	1.263	1.273	0.714	1.206	0.315
Peso	0.330	0.167	0.083	0.067	0.083	0.266
Valori Pesati (EQR/peso)	0.305	0.211	0.106	0.048	0.100	0.084

Tabella 15. Calcolo delle metriche della stazione di Ramello monte in inverno.

	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1-GOLD	Diversità di Shannon	Log10(ΣEPTD+1)
Valori calcolati (VC)	6,438	16,000	10,000	0,379	1,323	0,602
Valori tabellari (VR)	6,824	19,000	11,000	0,861	1,783	2,682
EQR (VC/VR)	0,920	0,842	0,909	0,441	0,742	0,224
Peso	0,330	0,167	0,083	0,067	0,083	0,266
Valori Pesati (EQR/peso)	0,304	0,141	0,075	0,030	0,062	0,060

Tabella 16. Calcolo delle metriche della stazione di Ramello valle in estate.

	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1-GOLD	Diversità di Shannon	Log10(ΣEPTD+1)
Valori calcolati (VC)	6.273	22.000	12.000	0.466	1.689	0.903
Valori tabellari (VR)	6.824	19.000	11.000	0.861	1.783	2.682
EQR (VC/VR)	0.886	1.158	1.091	0.541	0.947	0.337
Peso	0.330	0.167	0.083	0.067	0.083	0.266
Valori Pesati (EQR/peso)	0.292	0.193	0.091	0.036	0.079	0.090

Tabella 17. Calcolo delle metriche della stazione di Ramello valle in inverno.

	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1-GOLD	Diversità di Shannon	Log10(ΣEPTD+1)
Valori calcolati (VC)	6,704	27,000	14,000	0,526	1,443	0,845
Valori tabellari (VR)	6,824	19,000	11,000	0,861	1,783	2,682
EQR (VC/VR)	0,975	1,421	1,273	0,611	0,809	0,315
Peso	0,330	0,167	0,083	0,067	0,083	0,266
Valori Pesati (EQR/peso)	0,322	0,237	0,106	0,041	0,067	0,084

Conclusioni

Il progetto Acque Pulite è stato un progetto di breve durata e, nel suo genere, può essere considerato pilota in quanto ha fornito l'occasione per studiare per la prima volta in modo mirato la fauna macroinvertebrata di questo corso d'acqua e per affrontare il problema della valutazione degli impatti idromorfologici sulle biocenosi in modo da esprimere un primo giudizio di qualità.

In base al lavoro svolto è possibile affermare che le stazioni di campionamento situate a monte e a valle delle opere di presa idrauliche mostrano una sostanziale uniformità di distribuzione delle famiglie così che l'interpretazione delle differenze osservate

ne è in parte ostacolata. È da rilevare come, in questo particolare caso, si sia messo in evidenza l'impatto dell'evento di piena più che l'impatto delle singole opere.

Infatti, dai risultati ottenuti si evidenzia come la stazione posta nei pressi dell'opera di presa presso Scareno si possa definire, sia in estate che in inverno di qualità buona. Invece, nelle due stazioni a cavallo della centrale di Ramello, i giudizi in estate e in inverno sono differenti. Infatti, la stazione a monte della traversa della centrale di Ramello, in estate è risultata di qualità buona, mentre in inverno sufficiente, mentre la stazione a valle della traversa è risultata con qualità buona in entrambe le stagioni. Si può dedurre che nonostante la qualità morfologica sia sempre buona, questo non garantisce sempre una buona qualità biologica, in quanto ci sono diversi altri

Il Progetto "ACQUE PULITE"

fattori che entrano in gioco e di cui è necessario tener conto. Ne è un esempio l'evento di piena del novembre 2014 che può aver causato una diminuzione della qualità a monte dell'opera di presa di Ramello in inverno.

In base alle risultanze dell'applicazione dell'Indice multimetrico STAR_ICMi lo stato ecologico risulta generalmente buono e quindi le acque del Torrente sono già in regola rispetto alle richieste Direttiva, la quale prevede che tutti i diversi tipi di acque (dolci, salate, salmastre e sotterranee) rientrino nella classe di qualità buona entro il 2015. Tali risultati si ottengono nonostante la presenza di almeno due criticità: la presa d'acqua situata nei pressi dell'abitato di Scareno e il piccolo invaso per la produzione di energia idro-elettrica di Ramello che creano degli squilibri e delle interruzioni all'interno dell'habitat fluviale, sia in senso longitudinale che trasversale per la presenza di artificializzazioni delle sponde. Essendo impensabile lo smantellamento di tali strutture, sarebbe auspicabile curare lo stato dei restanti tratti del fiume, in modo tale da portare lo stato qualitativo globale a livelli ancora migliori.

I dati raccolti e i risultati fin qui raggiunti, per quanto parziali, risultano particolarmente interessanti e, oltre ad essere utili per la valutazione immediata della

qualità del corso d'acqua, forniscono anche utili spunti di partenza per ulteriori approfondimenti e studi. Si spera infatti, che le attività portate avanti all'interno del Progetto possano proseguire nell'intento di chiarire quanta parte delle biodiversità possa essere imputata alla presenza di impatti antropici e quanta alle condizioni meteo-climatiche locali. Ricordiamo infatti che, la maggior parte dei lavori che riguardano gli effetti di opere antropiche sulla fauna macroinvertebrata sono relativi a studi condotti a valle di grandi dighe, da cui si sono desunti spunti per altri tipi di impatto. Inoltre, sarebbe di grande utilità poter svolgere attività comparate con cadenze di studio mensili fra misure di portata e presenza/assenza di macroinvertebrati, sia come biodiversità che come variazioni di abbondanza, per poter dedurre l'eventuale influenza dell'andamento stagionale del flusso d'acqua sulle biocenosi.

Sicuramente, ampliare ulteriormente le conoscenze sulle relazioni tra gli aspetti idraulici e climatici e le biocenosi, o indagare nel dettaglio la qualità ecologica del corso d'acqua potrà essere di particolare utilità per il miglioramento della gestione della risorsa idrica e degli ecosistemi fluviali, nonché per la loro tutela.

Bibliografia

AA.VV. 1972-1985. *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Collana del Progetto Finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente". C.N.R. AQ/1/2 - AQ/1/233.

APAT, IRSA-CNR. 2003. *Metodi Analitici per le Acque. Indicatori biologici. 9010. Indice biotico esteso (I.B.E.)*. APAT Manuali e Linee guida 29/2003 (vol.3): 1115-1136.

Baldaccini G.N., Lacci A. 1992. *Seguendo la corrente. Piccola guida all'ambiente fluviale*. Provincia di Lucca, Assessorato all'Ambiente: 106 pp.

Buffagni A., Erba S., Aquilano G., Armanini D., Beccari C., Casalegno C., Cazzola M., De Martini D., Gavazzi N., Kemp J.L., Miolo N., Rusconi M. 2007. *Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD). Parte B. Descrizione degli habitat fluviali a supporto del campionamento biologico*. IRSA-CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, 1: 28-52.

Buffagni A., Erba S. 2007a. *Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD). Parte A. Metodo di campionamento per i fiumi guadabili*. IRSA-CNR, Notiziario dei metodi analitici, 1: 2-27.

Buffagni A., & S. Erba. 2007b. *Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD). Parte E. Intercalibrazione e classificazione di qualità ecologica dei fiumi per la 2000/60/EC (WFD): l'indice STAR_ICMi*. IRSA-CNR, Notiziario dei metodi analitici, 1: 118 pp.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

- Campaioli S., Ghetti P.F., Minelli A., Ruffo S. 1994. *Manuale per il riconoscimento dei Macroinvertebrati delle acque dolci italiane*. VOL.I. Provincia Autonoma di Trento: 357 pp.
- Campaioli S., Ghetti P.F., Minelli A., Ruffo S. 1999. *Manuale per il riconoscimento dei Macroinvertebrati delle acque dolci italiane*. VOL.II. Provincia Autonoma di Trento: 126 pp.
- EU, 2000. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy*. Official Journal of the European Communities: 72 pp.
- Ghetti P.F. 1997. *Indice Biotico Esteso. I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Provincia autonoma di Trento: 222 pp.
- Kownacki A. 2000. *The use of benthic macroinvertebrates in the biomonitoring of river water quality. How do we interpret faunistic data?* Acta Hydrob., 42: 187-206.
- Lorenz A., Hering D., Feld C.K., Rolauffs P. 2004. *A new method for assessing the impact of hydromorphological degradation on the macroinvertebrate fauna of five German stream types*. Hydrobiologia, 516: 107-127.
- Margalef R. 1951. *Diversidad de especies en las comunidades naturales*. Publ. nes Inst. Biol. Apl., Barcelona., 6: 59-72.
- Matthews R.A., Kondratieff P.F., Buikema A.L. 1980. *A field verification of the use of the autotrophic index in monitoring stress effects*. Bull. Envir. Contam. Toxic., 25: 226-233.
- Mee L.D., Jefferson R.L., Laffoley D.D., Elliott M., 2008. *How good is good? Human values and Europe's proposed Marine Strategy Directive*. Marine Pollution Bulletin, 56: 187-204.
- Merritt R.W., Cummins K.W. (Eds). 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3rd ed. Kendall/Hunt, Dubuque, IA.
- Pielou E.C. 1966. *The measurement of diversity in different types of biological collections*. Journal of Theoretical Biology, 13: 131-144.
- Rosenberg D.M., Resh V.H. 1992. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, N.Y., London: 488 pp.
- Sansoni G. 1988. *Atlante per il riconoscimento dei Macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Provincia Autonoma di Trento: 191 pp.
- Shannon C., Wiener W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana: 144 pp.
- Simpson E.H. 1949. *Measurement of diversity*. Nature, 163: 688.
- Sørensen T. 1948. *A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons*. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, 5: 1-34.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P. 2006. *Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie*. CNRS Editions, Paris: 590 pp.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. 1980. *The river continuum concept*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 130-137.



Il Progetto "ACQUE PULITE"

Wasson J.G., Garcia Bautista A., Chandesris A., Pella H., Armanini D., Buffagni A. 2006. *Approccio delle Idro-Ecoregioni Europee e tipologia fluviale in Francia per la Direttiva Quadro sulle Acque (EC 2000/60)*. IRSA-CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, 1: 20-38.

L'ittiofauna

P. Volta, P. Sala & I. Cerutti ⁽¹⁾

⁽¹⁾ ISE-CNR, Verbania (VB)
p.volta@ise.cnr.it

Abstract. La fauna ittica è uno degli elementi biologici sensibili alle alterazioni idromorfologiche dei corpi idrici. L'Analisi della composizione della comunità, dell'abbondanza e della struttura di taglia delle popolazioni più sensibili quali la trota fario o lo scazzone, possono fornire utili indicazioni circa l'impatto negativo determinato da alterazioni idromorfologiche del corso d'acqua preso in esame. Il Torrente San Giovanni ha una comunità prevalentemente composta da trota fario e scazzone. Entrambe le specie risultano in buono stato, sebbene Il Progetto "Acque Pulite" è nato con lo scopo di realizzare un progetto pilota di studio della qualità ambientale di un corso d'acqua su cui insistono degli impianti idroelettrici con lo scopo di comprendere gli effetti della presenza di prelievi d'acqua a scopo idroelettrico sulla qualità biologica, chimica e idro-morfologica del corso d'acqua ed eventualmente, in base alle risultanze, a proporre soluzioni per un più equilibrato utilizzo della risorsa idrica. Il torrente individuato come oggetto di studio è il Torrente San Giovanni di Verbania, anche se l'intento è di riproporre, ove possibile, lo studio della qualità ambientale qui applicata, su ogni corso d'acqua su cui insista una centrale di captazione o qualsiasi altra opera antropica che interferisce con lo stato naturale del torrente. In particolare questa ipotesi progettuale nasce a seguito e come naturale conseguenza, logica e metodologica, di alcune importanti azioni che ne costituiscono la naturale premessa.

Introduzione.

La fauna ittica è tra gli elementi sensibili all'alterazione morfologica e chimica dei corsi d'acqua. La composizione della comunità, la struttura e l'abbondanza delle singole popolazioni sono gli elementi che debbono essere considerati prioritariamente per la valutazione dei possibili impatti derivanti da alterazioni idromorfologiche e chimiche.

Occorre sottolineare però che, insieme alle alterazioni di cui sopra, anche l'azione dell'uomo attraverso il prelievi di pesca può determinare modificazioni profonde nelle comunità ittiche e indirettamente sulla biodiversità dei corpi idrici in esame.

Se ne deriva che nel complesso degli organismi presenti in un corso d'acqua i pesci sono tra quelli più facilmente alterabili.

Obiettivo di questo lavoro è l'analisi della comunità ittica del Torrente San Giovanni in corrispondenza di alcune aree interessate da significative opere in alveo. Si prenderanno in considerazione diversi tratti a monte e a valle, e, attraverso un opportuno campionamento, si studierà la composizione della comunità ittica, l'abbondanza delle singole specie e la struttura di età e di taglia delle stesse, così da arrivare ad un giudizio sul loro stato complessivo.

Ittiofauna.

Trattandosi di corso d'acqua guadabile di media profondità, il campionamento della fauna ittica è avvenuto mediante la pesca elettrica. Tale tecnica consiste in un stordimento temporaneo dei diversi esemplari attraverso il campo elettrico generato da un elettrostorditore (Figura 1).

Il Progetto "ACQUE PULITE"



Figura 1. Elettrostorditore utilizzato per il campionamento dell'ittiofauna.

L'elettrostorditore non è altro che un generatore elettrico capace di generare corrente. Viene montato su uno zainetto anatomico confortevole ed attrezzato con una cassetta di comando, un motore a scoppio, un catodo (generalmente una treccia in rame) ed un anodo (solitamente un anello di materiale conduttore montato in cima ad un'apposita asta).

Questi apparecchi sono in grado di produrre corrente continua oppure ad impulsi con ampie possibilità di scelta del voltaggio e del numero di impulsi attraverso la modulazione operata dalla cassetta di comando.

I pesci vengono storditi quando entrano nel campo elettrico generato dallo strumento, generalmente di ampiezza efficace di circa 2 metri. Una volta storditi, i pesci vengono raccolti grazie all'utilizzo di retini a

lungo braccio, stoccati in un secchio o altro recipiente pieno d'acqua così da non danneggiarli. Vengono poi misurati, pesati e viene prelevato un campione di scaglie, generalmente dalla regione dorso-laterale.

Infine i pesci vengono rimessi in acqua. La completa motilità viene ripresa nell'arco di 2-5 minuti. La tecnica di campionamento mediante elettropesca, se svolta correttamente, è completamente innocua per la fauna ittica.

Per ogni pesce esaminato sono stati rilevati la lunghezza totale (Ltot) e il peso totale (Ptot) utilizzando un ittiometro ed un una bilancia digitale.



Figura 2. Esemplare di trota fario del torrente San Giovanni adagiata in apposito contenitore per effettuare la misurazione della lunghezza.

Le scaglie prelevate sono state portate in laboratorio, pulite accuratamente da muco e resti di epidermide, e montate tra due vetrini portaoggetto. Successivamente sono state esaminate attraverso un visore con ingrandimento 33x (Figura 3).



Figura 3. Scaglia databile (a sinistra) e scaglia rigenerata (a destra) di trota fario.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

Le scaglie presentano delle bande di accrescimento, chiamate *annuli*. Ciascun *annulo* corrisponde all'accrescimento effettuato tra due inverni consecutivi. L'*annulo* è formato dall'apposizione di materiale disposto in forma concentrica (*circoli*) che si sviluppa

Non sempre le scaglie sono facilmente leggibili o addirittura, a causa del fenomeno della rigenerazione, diventano illeggibili. Tra le varie scaglie è possibile trovarne alcune non databili a causa della loro stessa "rigenerazione" (Figura 3) dovuta alla improvvisa e necessaria formazione di nuove scaglie in un tempo relativamente breve per perdita delle precedenti avvenuta in seguito a urti meccanici o problemi temporanei di metabolismo.

La determinazione dell'età, la rilevazione del peso e quella della lunghezza sono parametri fondamentali nello studio di popolazione. Il grafico lunghezza-peso permette di avere un'informazione sintetica relativa allo stato di crescita corporea dei pesci di una popolazione attraverso la formula

$$P_{tot} = a \times L_{tot}^b$$

in cui P_{tot} corrisponde al peso totale del pesce, a e b sono coefficienti e L_{tot} è la lunghezza totale. Dal coefficiente b di questa relazione si può osservare se la crescita è isometrica. Se questo valore è superiore a 3, gli individui della popolazione sono corpulenti, se è inferiore a 3 invece sono più "magri". Indirettamente è dunque un indice di stato di salute di una popolazione ittica.



Figura 4. Esemplare di scazzone *Cottus Gobio* del torrente San Giovanni.

Tale approccio è valido per pesci con struttura corporea di tipo "classico" come i salmonidi, mentre è poco efficace per specie ittiche come lo scazzone,

decisamente differenti in termini di morfologia rispetto a salmonidi e ciprinidi.

Una ulteriore analisi della popolazione, spesso molto utile e immediata, è quella relativa alla distribuzione degli individui nelle diverse classi di taglia, espressa in termini percentuali. La distribuzione, delle classi di taglia, è rappresentata mediante un grafico ad istogrammi in cui sulle ascisse vi sono le classi di taglia, normalmente divise per ogni cm, e sulle ordinate la percentuale di individui di ogni classi di taglia rispetto al totale.

Normalmente, se una popolazione è strutturata in modo soddisfacente, saranno rappresentati più picchi i cui valori massimi sono corrispondenti ad individui di classi di età diverse (almeno 5 nella trota e 4 nello scazzone). E' possibile in questo modo, visualizzare la presenza di giovani, subadulti ed adulti e dunque valutare se una popolazione è strutturata correttamente. Queste informazioni vanno integrate con la lettura dell'età dei pesci così da fornire un dato univoco.

Risultati.

Il campionamento della fauna ittica è stato effettuato nel periodo tardo primaverile lungo un tratto di lunghezza pari a 150 metri a monte e a valle delle briglie di Scareno e Ramello. In tutto sono state campionate 4 specie ittiche: trota fario, scazzone, vairone e barbo padano. Trota (51%) e scazzone (44%) sono dominanti. Le altre specie sono dunque poco frequenti e sono state catturate solamente in prossimità della centralina di Ramello. Sono risultate assenti invece nel tratto più torrentizio a monte e a valle della stessa e nel tratto di torrente nei pressi di Scareno.

Pertanto i risultati saranno illustrati nel dettaglio solamente per le due specie rinvenute con maggior frequenza. Saranno illustrate le risultanze dei campionamenti per ogni tratto a monte e valle così da poter effettuare un confronto tra gli stessi e valutare se vi possa essere un qualche impatto delle opere di presa/restituzione.

Trota fario.

Trota fario (*Salmo trutta trutta*- Linneus 1758)

Ordine: Salmoniformes

Famiglia: Salmonidae

Il Progetto "ACQUE PULITE"

La trota fario (Figura 2) è una specie ittica che popola la maggior parte delle acque dolci del territorio italiano, specialmente quelle a carattere torrentizio. La trota fario, presente attualmente nelle acque a nord del Po, è con grande probabilità completamente di origine alloctona. E' infatti dominata da individui di origine transalpina, introdotti a più riprese quasi ovunque a partire almeno dalla seconda metà del 1800, ma in alcune aree anche in periodi precedenti risalenti fino al medioevo. Sulla base di numerosi studi scientifici attualmente consolidati si può infatti sostenere che l'unica trota autoctona presente nelle acque sudalpine a nord del Po è attualmente la trota marmorata, la cui distribuzione è andata riducendosi progressivamente a favore della trota fario introdotta, con la quale si è spesso ibridata dando origine a popolazioni miste e di scarso valore naturalistico.

La trota fario è un pesce di taglia media che, in relazione alle dimensioni dei corsi d'acqua occupati, può misurare fino a 50-60 cm di lunghezza e raggiungere 1,5-2 kg di peso ed oltre, in alcuni casi particolarmente favorevoli. Nei corsi d'acqua a carattere torrentizio del Verbano Cusio Ossola raggiunge difficilmente queste dimensioni e presenta generalmente una lunghezza massima di circa 45 cm.

La livrea è variabile a seconda dell'ambiente in cui vive: esistono popolazioni nelle quali prevalgono tonalità bruno-verdastre, giallastre e persino tendenti al nero. Su tutto il corpo, tranne che nella regione ventrale, sono presenti numerose macchie tondeggianti, in parte nere e in parte rosse, spesso con un alone chiaro ben definito (ocellatura). Nella regione opercolare si formano esclusivamente macchie nere. Le pinne sono di colore grigio più o meno scuro, mentre quelle pari (cioè quelle ventrali e pettorali) tendono spesso verso il giallastro. La seconda pinna dorsale, detta pinna adiposa, è spesso bordata di rosso. Il corpo è fusiforme e allungato con il capo piuttosto grande; la bocca, in posizione mediana, raggiunge, con la mascella superiore, il bordo posteriore dell'occhio o poco oltre; la dentatura è robusta e formata da denti acuminati. Le pinne sono normalmente sviluppate e quelle ventrali sono inserite posteriormente rispetto alla prima pinna dorsale; la caudale è moderatamente concava. Infine, il corpo è ricoperto di scaglie cicloidi. Questo pesce si nutre generalmente di piccoli invertebrati che riesce ad individuare sia sul fondo che nella colonna d'acqua ed anche al di sopra della superficie, potendo compiere rapidi balzi fuori dall'acqua. In genere le

prede più frequenti sono costituite da stadi larvali e adulti di insetti fra cui ricordiamo ditteri, efemerotteri, tricotteri e plecoteri, seguiti anche da crostacei, anellidi e gasteropodi. In alcuni casi può nutrirsi anche di altri pesci, quali scazzone e vairone. L'accrescimento è prevalentemente influenzato dalle locali condizioni termiche, dall'ampiezza dell'ambiente in cui vivono e dalla disponibilità di risorse alimentari. Acque tendenzialmente più calde (ma sempre entro i limiti di tolleranza della specie) favoriscono accrescimenti maggiori, così come ambienti produttivi e con portate importanti.

Nei torrenti e nei fiumi montani in genere le trote misurano circa 8-13 cm al termine del primo anno, 16-20 cm al secondo, 20-25 cm al terzo e circa 25-30 cm al quarto. La maturità sessuale in genere è raggiunta dai maschi alla fine del secondo anno di età (18-24 cm) e dalle femmine al terzo anno (22-30cm).

Normalmente, a causa di una eccessiva pressione di pesca, la maggior parte degli individui non supera i 4-5 anni di età e solo occasionalmente qualche esemplare giunge a 6-8 anni. Per questa ragione, gli individui maturi o potenzialmente riproduttivi all'interno delle popolazioni soggette a pesca sono ridotti in numero, andando a vanificare ogni nobile tentativo di ripopolamento finalizzato al ripristino di popolazioni equilibrate. Si può verificare dunque molto spesso una vera e propria "artificializzazione" del popolamento a trota fario dei torrenti, costituito da individui introdotti annualmente a cui non si fa raggiungere la maturità sessuale, a causa di misure minime di catture troppo basse (22-24cm).

La riproduzione avviene nel periodo invernale e si estende da novembre a febbraio, quando le trote adulte hanno la tendenza a risalire gli affluenti minori. Qui le femmine, dopo un'intensa competizione per i siti di riproduzione più idonei, ripuliscono dai detriti una piccola area dove le uova, una volta fecondate dal maschio, sono ricoperte da materiale smosso con colpi di coda. Ogni femmina depone circa 1500-2500 uova per ogni chilogrammo di peso corporeo. Le uova hanno diametro di circa 4-6 mm e richiedono un lungo periodo di sviluppo (circa 450 gradi-giorno, ovvero con temperatura dell'acqua di 5 gradi le uova impiegano circa 90 giorni per schiudere). Dopo la schiusa e il riassorbimento del sacco vitellino, le piccole trote escono dal cumulo di ghiaia stazionando per lungo tempo nelle vicinanze; solo dopo circa un anno i

Il Progetto "ACQUE PULITE"

giovani si allontanano dal luogo di schiusa, tendono a spingersi dai piccoli affluenti verso rami del torrente o del fiume con maggior quantità d'acqua. Se ne deduce che sia necessario che le aree di frega siano caratterizzate da numerose zone di rifugio e alimentazione così da permettere alle giovani trote la sopravvivenza.

Proprio a causa dell'artificializzazione delle popolazioni di trota annualmente interessate da ingenti ripopolamenti, non si ritiene interessante utilizzare questa specie per determinare gli impatti di opere di presa, in quanto sensibile solo a fenomeni macroscopici (asciutte, inquinamento, etc.).

Stazione di Scareno

Nel campionamento del Torrente San Giovanni a valle dell'opera di presa presso Scareno, sono stati

catturati 17 individui appartenenti alla specie *Salmo trutta*. Come mostra il grafico nella figura seguente (Figura 5), le taglie degli individui pescati sono comprese tra i 11 e i 25 cm, con una maggiore abbondanza percentuale delle classi di taglia comprese tra 13 e 15 cm e cioè di individui di uno o due anni di età. Quasi tutti gli individui erano di lunghezza inferiore alla lunghezza di maturità sessuale della specie (circa 25 cm in questo tipo di acque), indicando un elevato tasso di mortalità, dovuto probabilmente ad un prelievo di pesca eccessivo.

La relazione lunghezza-peso (Figura 6) esprime un coefficiente b pari a circa 2,8 indicando individui con una buona crescita corporea sebbene non particolarmente corpulenti.

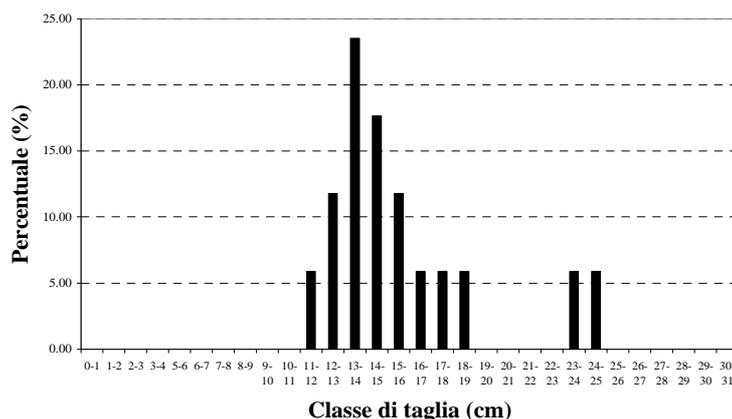


Figura 5. Grafico taglia – Distribuzione percentuale delle classi di taglia di trota fario a valle del tratto di fiume esaminato nei pressi di Scareno.

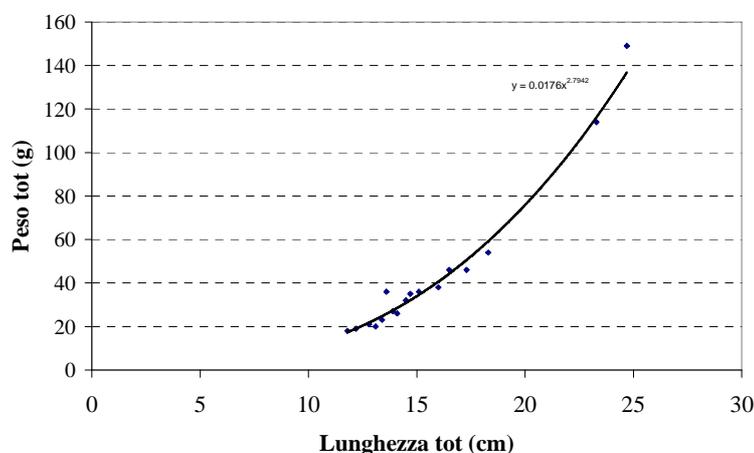


Figura 6. Relazione lunghezza – peso degli esemplari di trota fario nel tratto di fiume a valle esaminato nei pressi di Scareno.

Il Progetto "ACQUE PULITE"

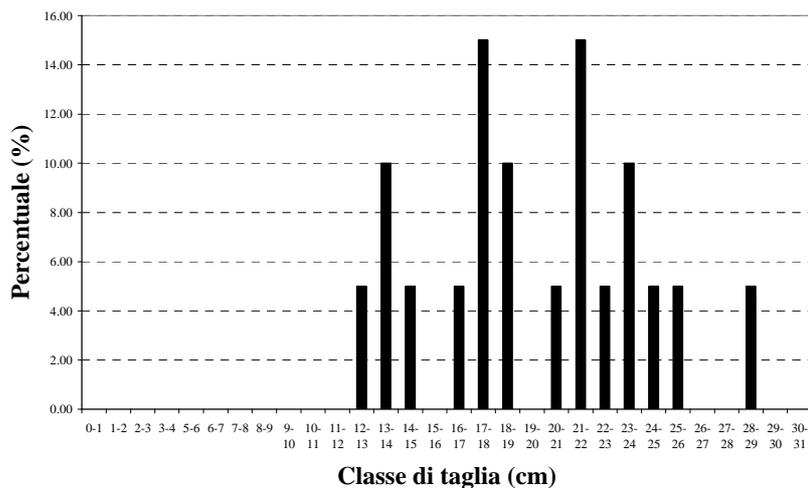


Figura 7. Grafico taglia – Distribuzione percentuale delle classi di taglia di trota fario a monte del tratto di fiume esaminato nei pressi di Scareno.

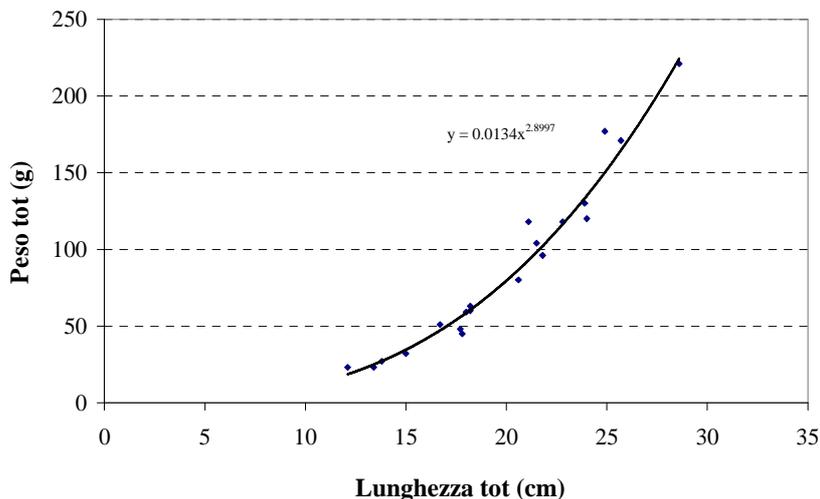


Figura 8. Relazione lunghezza – peso degli esemplari di trota fario nel tratto di fiume a monte esaminato nei pressi di Scareno.

A monte della briglia di Scareno sono stati catturati 19 individui appartenenti alla specie *Salmo trutta*.

Come mostra il grafico in figura seguente (Figura 7), le taglie degli individui pescati sono comprese tra i 12 e i 29 cm, con un valore percentuale maggiore per gli individui di lunghezza compresa tra 17-18 cm e 21-22 cm.

Anche qui la taglia media è piuttosto bassa, sebbene leggermente superiore al tratto di valle. Un numero leggermente maggiore di individui sembra poter raggiungere la maturità sessuale ovvero potersi riprodurre almeno una volta nella vita.

L'accrescimento e la corpulenza degli individui è buona. Il coefficiente della relazione lunghezza peso è pari a 2,9 (Figura 8).

Stazione di Ramello

A valle della briglia di Ramello sono stati catturati in totale 29 individui di trota, la cui lunghezza era compresa tra 6 e 29 cm.

La maggior parte degli individui è però compresa nell'intervallo di taglia tra 12 e 22 cm, indicando anche in questo caso una popolazione caratterizzata da individui relativamente giovani (Figura 9).

Il Progetto "ACQUE PULITE"

L'età media, misurata attraverso le scaglie, è infatti di soli 2,5 anni. Gli individui campionati mettono in evidenza un accrescimento abbastanza buono (Figura 10). Il coefficiente b della relazione lunghezza peso è infatti prossimo a 3.

A monte della briglia di Ramello sono stati catturati 24 esemplari di trota fario con una lunghezza compresa tra 5 e 23 cm (Figura 11). La relazione lunghezza peso indica un accrescimento buono. Il coefficiente della relazione lunghezza peso è infatti prossimo al valore di 3 (Figura 12).

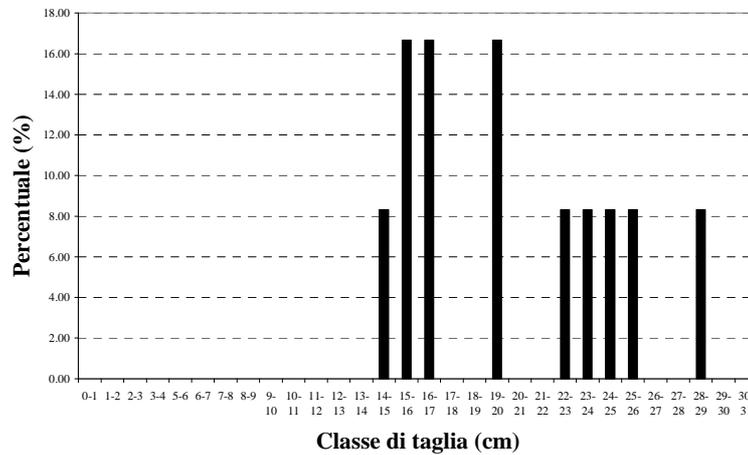


Figura 9. Grafico taglia – Distribuzione percentuale delle classi di taglia di trota fario a monte del tratto di fiume esaminato nei pressi di Aurano.

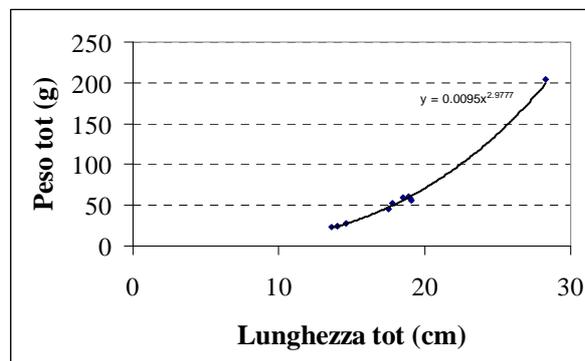
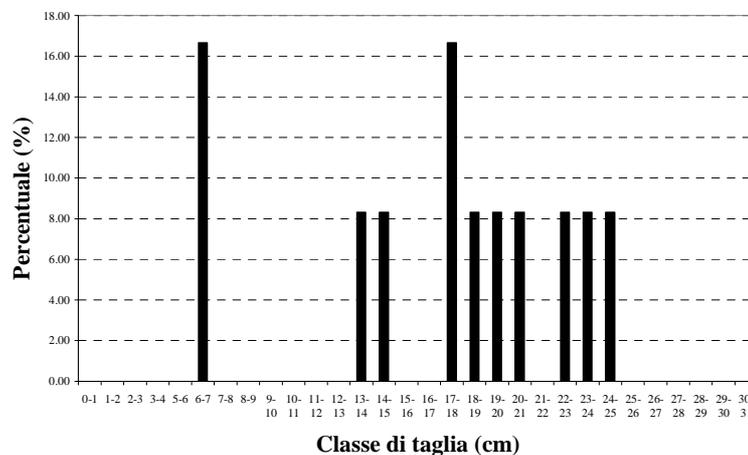


Figura 10. Relazione lunghezza – peso degli esemplari di trota fario nel tratto di fiume a valle esaminato nei pressi di Ramello.



Il Progetto "ACQUE PULITE"

Figura 11. Grafico taglia – Distribuzione percentuale delle classi di taglia di trota fario a monte della briglia di Ramello.

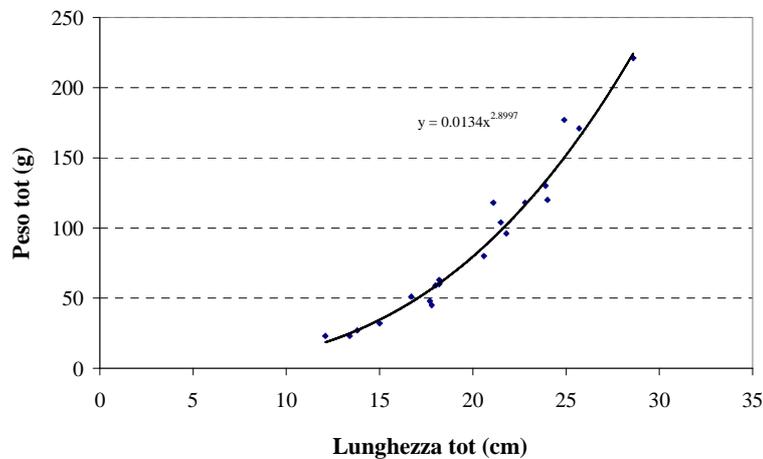


Figura 10. Relazione lunghezza – peso degli esemplari di trota fario nel tratto di fiume a monte nei pressi di Aurano.

Conclusioni.

In conclusione, lo stato della fauna ittica del **Torrente San Giovanni** è generalmente buono. Le specie presenti sono tipiche di un torrente montano e non mettono in evidenza particolari situazioni negative da imputarsi alla presenza di pressioni idromorfologiche determinate dalle briglie e dalle opere di presa.

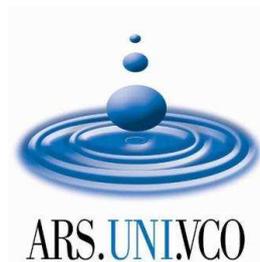
Senza dubbio, l'assenza di un dato acquisito precedente alla costruzione di queste opere, rende il giudizio sopra espresso più debole.

Tuttavia, specialmente la popolazione di scazzone, meno soggetta ad interventi diretti da parte dei pescatori, e notoriamente considerato un ottimo

indicatore di qualità delle acque, mette in evidenza uno stato decisamente buono, segno che, comunque, l'impatto negativo delle opere, può essere giudicato blando.

Infine, anche alla luce di questi giudizi positivi, si deve far notare che in questa indagine non sono stati indagati impatti negativi più sottili quali la perdita di variabilità genetica dovuta alla impossibilità di compiere migrazioni importanti da parte dei pesci durante il periodo riproduttivo. La presenza di una progettazione di passaggi per pesci deve essere sempre presa in considerazioni, non solo per questioni legislative cogenti, ma anche per ragioni etiche, quando si effettua la costruzione di opere quali dighe e briglie lungo i corsi d'acqua .

Bibliografia.



2014 - ARS.UNI.VCO

*Associazione per lo sviluppo della cultura,
degli studi universitari e della ricerca nel Verbano Cusio Ossola*

Via Antonio Rosmini, 24 – 28845 – Domodossola (VB)

Codice Fiscale 92011990030 – P. IVA 01896750039

Tutti i diritti riservati, ne è consentita la riproduzione libera dei contenuti
con obbligo di citazione di Autore e di Editore.

ISBN 9788898357048

Per informazioni

Tel. (+39) 0324.482.548 – E-mail: segreteria@univco.it

Il presente Volume è redatto esclusivamente in formato elettronico,
ed è scaricabile **gratuitamente** direttamente
dal sito dell'Associazione ARS.UNI.VCO, www.univco.it



Il Progetto "ACQUE PULITE"
