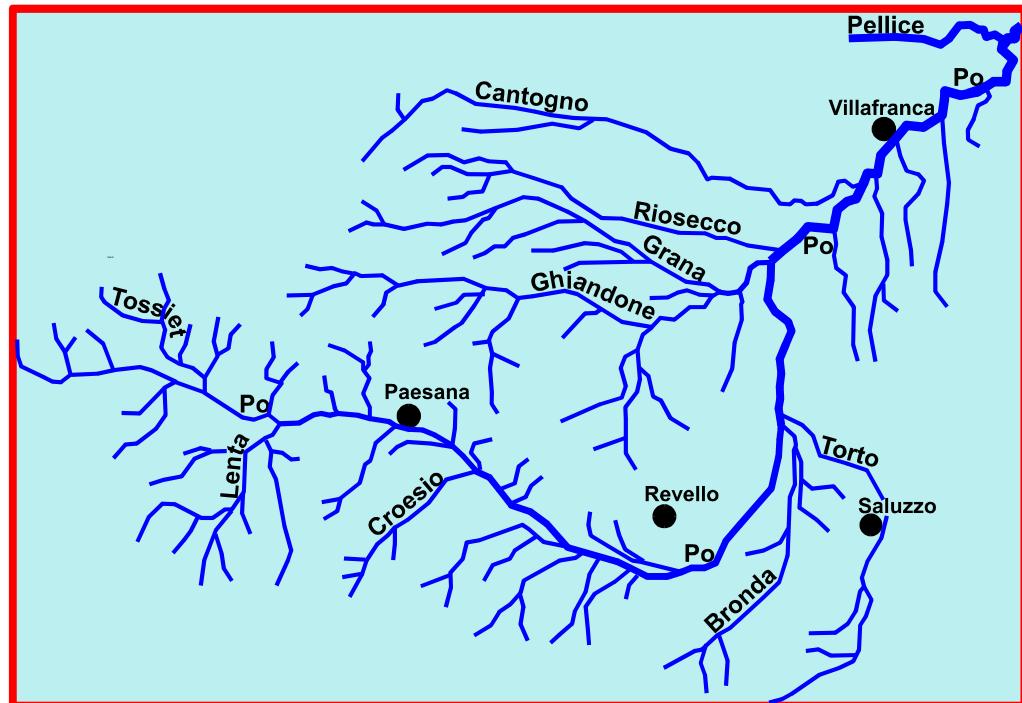


SISTEMA DELLE AREE PROTETTE DELLA FASCIA FLUVIALE DEL PO - TRATTO CUNEESE



**Gestione delle risorse idriche superficiali
e della fauna acquatica del bacino del Po
sotteso alla confluenza con il Pellice
(territorio della Provincia di Cuneo)**

RAPPORTO DI SINTESI

SISTEMA DELLE AREE PROTETTE DELLA FASCIA FLUVIALE DEL PO - TRATTO CUNEESE

**Gestione delle risorse idriche superficiali
e della fauna acquatica del bacino del Po
sotteso alla confluenza con il Pellice
(territorio della Provincia di Cuneo)**

RAPPORTO DI SINTESI

Torino, settembre 1999

Elaborazione a cura di:

**Massimo PASCALE
Gian Carlo PEROSINO
Neri PINNA PINTOR
Franco SPINA**

Si ricorda la collaborazione del personale di vigilanza del Parco (**Franco GALLETTO, Claudia METTI, Paolo NOVERO e Renzo RIBETTO**), del naturalista **Stefano FENOGLIO** e dei pescatori (in particolare **Giovanni BELLINO**, Presidente della "Società Liberi Pescatori" di Villafranca) che si sono prestati per le operazioni relative ai campionamenti effettuati nel 1997.

Un particolare ringraziamento al prof. **Gilberto FORNERIS** per le utili indicazioni fornite soprattutto durante le fasi di campionamento relative alla qualità biologica delle acque ed all'ittiofauna e per la lettura critica dei testi.

INDICE

1	- INTRODUZIONE	.....	pag.	1
2	- DETERMINAZIONE DELLE SEZIONI DI RIFERIMENTO ED ELEMENTI MORFOMETRICI	.....	pag.	7
3	- ELEMENTI CLIMATICI ED IDROLOGICI	.....	pag.	14
4	- CARICO ANTROPICO	.....	pag.	19
5	- QUALITÀ CHIMICA DELLE ACQUE	.....	pag.	34
6	- QUALITÀ BIOLOGICA DELLE ACQUE	.....	pag.	44
7	- ITTIOFAUNA	.....	pag.	50
8	- VALUTAZIONE GLOBALE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE	.....	pag.	59
8.1	- Esigenza di modelli semplici	.....	pag.	59
8.2	- Fattore A: idrologia	.....	pag.	60
8.3	- Fattore B: qualità chimica delle acque	.....	pag.	65
8.4	- Fattore C: qualità biologica delle acque	.....	pag.	66
8.5	- Fattore D: ittiofauna	.....	pag.	67
8.6	- Fattore E: carico antropico	.....	pag.	68
8.7	- Valutazione globale	.....	pag.	69
9	- USI DELL'ACQUA	.....	pag.	72
9.1	- Metodi di gestione della risorsa idrica	.....	pag.	73
9.2	- L'uso idroelettrico nel bacino dell'alto Po	.....	pag.	74
9.3	- Nuovi criteri per l'uso idroelettrico	.....	pag.	75
9.4	- L'uso irriguo nel bacino del basso Po	.....	pag.	77
9.5	- Nuovi criteri per l'uso irriguo	.....	pag.	79
9.6	- Il deflusso minimo vitale	.....	pag.	82
10	- GESTIONE DELL'ITTIOFAUNA	.....	pag.	90
10.1	- Il caso particolare dei Salmonidi	.....	pag.	91
11	- MONITORAGGIO	.....	pag.	98
12	- BIBLIOGRAFIA	.....	pag.	100

1 - INTRODUZIONE

Il Po trae origine dall'ablazione dei nevai e dei piccoli ghiacciai del massiccio del Monviso; l'estensione complessiva delle aree glaciali ($0,45 \text{ km}^2$) rappresenta soltanto lo 0,07 % della superficie totale del bacino (632 km^2) chiuso alla confluenza con il Pellice. Il bacino dell'alto Po è delimitato a Nord da quello del Pellice (il suo primo importante affluente di sinistra), ad Ovest da quello di Le Guit (in territorio francese) e a Sud e ad Est dal bacino del Varaita (il secondo importante affluente, ma di destra, la cui confluenza si trova poco a valle di quella con il Pellice). Il bacino, disposto nel territorio della Provincia di Cuneo, può essere suddiviso in due parti.

- **Porzione montana.** Lo spartiacque passa per altitudini superiori a 3.000 m s.l.m. soltanto in corrispondenza di aree limitate della sua testata, toccando il massimo a quota 3.841 m (M.te Viso). La valle Po (Alpi Cozie) ha andamento prevalente Ovest - Est dalle sorgenti fino a Paesana, poi piega verso Sud - Est fino all'altezza di Martiniana (350 \div 400 m s.l.m.), località che può essere considerata quale limite di passaggio alla porzione di pianura.
- **Porzione di pianura.** Allo sbocco sulla piana alluvionale (presso Saluzzo) il Po, dopo aver percorso più di 20 km dalle sorgenti, devia decisamente prima verso Nord e successivamente verso Nord - Est, inglobando nel suo bacino sempre più vaste aree di bassa altitudine; confluiscce con il Pellice (presso Faule a 245 m s.l.m., al confine fra le Province di Cuneo e di Torino) dopo aver percorso altri 25 km.

Meno dell'1 % dell'intero bacino è posto sopra il limite dello zero termico medio annuo (2.700 m s.l.m.), il 40 % si trova sotto la quota di 600 m (limite climatico dello zero termico medio di gennaio), mentre l'altitudine media è pari a 840 m s.l.m. Il bacino del Po interessa i seguenti settori geografici (DE BIAGGI ed Altri, 1990):

1180 - Bassa val Chisone - val Germanasca - valli Pellice e Po¹

¹ **Descrizione del settore geografico 1 18 0 - Bassa val Chisone - val Germanasca e valli Pellice e Po.** Settore ben delineato da aumento delle precipitazioni medie annuali ed estive rispetto alle zone circostanti; 1000 \div 2000 mm (val Pellice) e 200 \div 300 mm sono i rispettivi campi di oscillazione. L'umidità atmosferica estiva è assai elevata per l'assenza di venti costanti come quelli che spirano in val Susa e in alta val Chisone. Il regime pluviometrico è di tipo sublitoraneo occidentale; verso l'alta val Chisone il passaggio è legato oltre che alla diminuzione dei valori medi annui delle precipitazioni anche dall'instaurarsi del regime sublitoraneo alpino. Complessivamente povero di rocce calcaree affiorano, in questo

2170 - Prealpi cuneesi²

settore, prevalentemente terreni del ricoprimento Dora - Maira a cui sono sottoposti stratigraficamente, in val Chisone, materiali di età carbonifera in cui sono intrusi nuclei dioritici tardoercinici. Rocce del complesso mesozoico dei calcescisti e pietre verdi costituiscono una fascia continua sul lato occidentale del settore, in corrispondenza delle testate vallive. Assenza di cenosi xeroteromofile; pino silvestre pioniero nelle faggete, legato a questioni pedologiche e non climatiche; castagno e faggio molto rappresentati; lariceti abbastanza estesi che in parte hanno sostituito faggete e abetine. Queste valli sono, dal punto di vista avifaunistico, scarsamente caratterizzate. L'aumento delle precipitazioni fa scomparire, rispetto all'alta val Chisone ed alla val di Susa, gli elementi di clima continentale e mediterraneo. L'avifauna alpina è meno ricca di quella della valle di Susa, priva di quasi tutti gli elementi xerotermici ed anche di quelle specie legate alle conifere. La valle Po costituisce il limite meridionale di distribuzione della salamandra nera, presente con una ricca popolazione al Pian del Re.

² **Descrizione del settore geografico 2 17 0 - Prealpi cuneesi.** Sono i contrafforti delle vallate alpine, a ridosso della Pianura Padana. Si tratta di aree fortemente condizionate da attività antropiche e, per l'esposizione, dalle condizioni climatiche che risultano più variabili, meno stabili delle zone interne o di pianura (valori medi annui di 1.000 mm per le precipitazioni e di 11 °C per le temperature, rispettivamente leggermente superiori e inferiori a quelli della vicina pianura). Gneiss e micascisti del ricoprimento ercinico del Dora - Maira caratterizzano il Settore delle Prealpi Torinesi e Cuneesi, fino all'imbocco della val Maira. All'estremità settentrionale delle Prealpi Torinesi affiorano prasiniti, anfiboliti e peridotiti; nuclei di dioriti, intruse durante l'orogenesi alpina, caratterizzano il versante della bassa val Chisone. Del Carbonifero, ma sottostanti la più antica copertura del Dora - Maira, affiorano, in val Lemina, nella bassa val Chisone ed al M.te Bracco, paragneiss, micascisti e filladi carboniose. A Sud di Dronero affiorano materiali del complesso dei calcescisti e pietre verdi (calcescisti, serpentiniti, prasiniti, calcari e dolomie). L'evoluzione pedogenetica (testimoniata da suoli erosi e troncati che mettono a giorno orizzonti profondi, situazione particolarmente evidente sulle pietre verdi; ma anche sugli scisti nel cuneese si hanno regosuoli) ed i fenomeni di alterazione, sono accentuati per motivi climatici e per la relativa tranquillità di queste aree che non hanno subito per molto tempo l'azione dei fenomeni morfogenetici che altrove hanno costantemente ringiovanito le forme del paesaggio. Se il limite esterno di questi settori è legato al passaggio con la pianura (gli alti terrazzi ed i complessi anfiteatri morenici), quello interno dipende dall'instaurarsi di forme di vegetazione più tipicamente montane. Queste hanno genericamente una evidente impronta atlantica con elementi riferibili alla classe *Nardo - Callunetea*, per la notevole diffusione che assumono il brugo e la *Genista tinctoria*, specie che caratterizzano e ricolonizzano i terreni fortemente dilavati e degradati dall'attività antropica (deforestazione, pascolo, incendi). Ad elementi della serie submediterranea della roverella (sbocchi delle valli Grana, Varaita, Chisone, Susa) e della rovere, che è più diffusa, con infiltrazioni di formazioni legate alla serie dei boschi misti mesofili e della serie planiziale della farnia, si passa ad ambienti della serie del faggio che esige condizioni climatiche più stabili e moderatamente subatlantiche. Nel settore cuneese il castagno costituisce gran parte dei boschi della serie della rovere; nel torinese sono più forti le infiltrazioni dei boschi misti mesofili ed il castagno è assai meno importante ed esteso. *Campanula elatines* ed *Euphorbia gibellina* sono endemismi tipici di questa fascia prealpina con precipitazioni moderatamente elevate (1.000 ÷ 1.200 mm). L'avifauna è caratterizzata, soprattutto allo sbocco della val di Susa e nel pinerolese, dalla presenza di specie mediterranee: biancotto, occhiootto, sterpazzolina (nidificanti). Ha probabilmente nidificato anche la bigia grossa. Rondone pallido e rondone maggiore nidificano a Saluzzo e a

5361 - Pianura cuneese settentrionale³

La suddivisione del bacino del Po nelle due porzioni sopra menzionate identifica non solo porzioni areali distinte dal punto di vista ambientale ed idrogeomorfologico, ma anche situazioni assai diverse dal punto di vista della gestione delle risorse idriche.

Sul reticolo idrografico della porzione montana sono presenti numerosi impianti idroelettrici ad acqua fluente che sottraggono cospicue portate ai corsi d'acqua. Le captazioni idriche interessano quasi tutto il corso del Po tanto che nei pressi di Paesana il fiume, che dovrebbe presentarsi con portate di una certa consistenza, alimentate da un bacino di oltre 200 km², assume, nei periodi di magra, l'aspetto di un torrente con pochissima acqua. Buona parte degli affluenti di destra nella porzione media e bassa della valle sono sfruttati per fini idroelettrici tanto da risultare frequentemente quasi asciutti. Sul reticolo idrografico della porzione di pianura sono presenti numerose opere per captazioni idriche per fini irrigui. Anche nella piana pertanto i corsi d'acqua appaiono frequentemente asciutti o con pochissima acqua.

Le sottrazioni d'acqua (prevalentemente per fini irrigui ed idroelettrici) costituiscono oggi il principale fattore di alterazione del reticolo idrografico del Po. Le conseguenze della riduzione delle portate naturali sono assai gravi per gli ecosistemi fluviali e sono state ampiamente trattate in letteratura

Pinerolo. A bassa quota nidificano: cincia dal ciuffo, gallo forcello e crociere. Buona presenza, in epoca riproduttiva, del frosone. Sono conosciuti alcuni colli di notevole importanza per il transito dei migratori (falco pecchiaiolo, colombaccio).

³ **Descrizione del settore geografico 5 36 1 - Pianura cuneese settentrionale.** Precipitazioni medie annue tra 700 e 800 mm, con valori medi del trimestre estivo tra 150 e 200 mm. Il complesso delle pianure cuneesi (settentrionale, Sud - occidentale, Sud - orientale), rispetto alle altre pianure piemontesi, registra minori escursioni termiche e temperature medie estive inferiori di 2 °C. I depositi alluvionali sono attuali e recenti con suoli di I e di II classe di capacità d'uso. Colture prevalenti sono i coltivi in rotazione ed i frutteti, verso Saluzzo. Frammenti di boschi ripari di salice ed estesi pioppeti lungo il Po, filari di robinia, ontano nero, salice, ecc... lungo le rogge, filari di salici capitozzati in corrispondenza di prati stabili presso Carmagnola, bosco relitto di farnia, carpino bianco, frassino, ciliegio, ecc (riferibile al querco-carpinetto) presso Caramagna (bosco del Merlino). Nel settore orientale i suoli umidi del paleoalveo del Tanaro, anche per le limitazioni imposte all'agricoltura, consentono la presenza di alcune specie di rilievo, prima fra tutte l'albanella minore. Si hanno notevoli densità di cannaiola verdognola in inculti con solidago e canna di palude. Nel bosco del Merlino e nel Parco di Racconigi si è mantenuta un'avifauna forestale piuttosto ricca (generi: *Certhia*, *Parus*, *Sitta*, *Picoides*, ecc...) nell'ambito della quale spicca la florida popolazione di *Columba cenas*. Sempre nel bosco del Merlino è localizzata, ma abbondante, *Rana latastei*, endemismo della pianura padano - veneta.

(FORNERIS ed Altri, 1989, 1990). Riassumendo le captazioni idriche possono comportare i seguenti problemi:

- 1 - diminuzione della capacità di autodepurazione delle acque;
- 2 - diminuzione del potere di diluizione e rischi di inquinamento;
- 3 - alterazione dei rapporti fra l'acqua in alveo e le falde circostanti;
- 4 - alterazione e trasformazione dei diversi microambienti acquatici;
- 5 - alterazione della struttura delle popolazioni idrofaunistiche;
- 6 - alterazione della produttività biologica;
- 7 - diminuzione del valore paesaggistico;
- 8 - compromissione delle attività ricreative.

I danni ambientali sugli ecosistemi fluviali conseguenti alle captazioni, costituiscono l'aspetto più importante del problema della gestione dei corsi d'acqua piemontesi e il bacino del Po, da questo punto di vista, non costituisce una eccezione (MARTINET, DUBOST, 1992). In genere la progettazione di sistemi idroelettrici, in passato, non prevedeva una attenta considerazione per le esigenze di tutela degli ecosistemi fluviali. Pertanto sono stati realizzati, nel tempo, numerosi impianti, ciascuno dei quali in grado di produrre impatti rilevanti, anche se per brevi tratti, la somma dei quali ha provocato situazioni complessivamente sempre più gravi, fino a diventare, a livello di interi bacini, non più compatibili con la conservazione della qualità delle acque correnti superficiali. Ancora attualmente sono numerose le nuove richieste di concessioni di derivazione idrica per fini idroelettrici, con lo scopo di sfruttare gli ultimi residui di deflussi naturali per incanalarli e produrre così energia. E' doveroso riconoscere tuttavia che la maggiore conoscenza dei fenomeni negativi dovuti alle sottrazioni d'acqua dai corsi naturali, ha indotto le Amministrazioni Pubbliche (in special modo la Provincia di Torino e la Regione Piemonte⁴) ad una maggiore cautela nel rilasciare concessioni di derivazioni idriche, anche se si è ancora lontani da una situazione di corretta gestione delle risorse.

⁴ In particolare vale la pena ricordare un importante documento elaborato dalla società **Risorse Idriche** per conto dell'Assessorato Tutela Ambiente della REGIONE PIEMONTE (1991) che riguarda le modalità di calcolo per la determinazione del cosiddetto **DMV** (Deflusso Minimo Vitale) che deve essere concesso immediatamente a valle delle opere di captazione idrica. Quel documento rappresentò una importante e significativa sintesi di un complesso lavoro durato quasi tre anni e che ha richieste la collaborazione di diversi specialisti di settore. Nel novembre 1993 **Risorse Idriche** presentò un aggiornamento in cui si introdusse il concetto di DMV modulato al fine di garantire una migliore "aderenza" delle portate rilasciate rispetto al regime idrologico naturale; inoltre si propose una metodologia di riferimento per la redazione di Dossier di compatibilità ambientale per i progetti di opere di derivazione idrica.

Ai non esperti la produzione di energia idroelettrica appare la meno inquinante e fondata su una risorsa rinnovabile; inoltre il fatto che essa è una fonte adatta per il controllo delle variazioni giornaliere di consumo, renderebbe auspicabile un incremento di tale sistema. Sono quindi assai numerose le motivazioni a favore di un ulteriore aumento della produzione idroelettrica, soprattutto in una regione quale il Piemonte, ricca di acqua e di montagne. Ciò spiega la notevole spinta, in particolare in questo ultimo decennio, alla costruzione di numerose centrali idroelettriche, alla risistemazione di vecchi impianti, all'incremento dei volumi d'acqua captati dagli impianti già esistenti.

In questo processo vengono favoriti i piccoli impianti secondo lo slogan *"piccolo è bello e meno inquinante"*. I grandi impianti, compresi quelli che prevedono i bacini artificiali, soprattutto quando proposti da enti quali l'ENEL, vengono quasi sempre osteggiati perché giudicati di elevato impatto. In tal modo fino ad oggi sono stati avversati, in via di principio, i progetti di sfruttamento delle risorse idriche basati sulla costruzione di serbatoi artificiali. La realizzazione di dighe, per esempio, diventa molto difficile e sulla base di questa posizione, che molti ritengono una forma di tutela dell'ambiente, vengono costruite numerose piccole centrali, con il risultato di un impatto complessivo maggiore, ma di una minore produzione di energia (FORNERIS ed Altri, 1990).

In questa situazione **è diventato importante quantificare le risorse idriche disponibili in natura e gli usi attuali (secondo i sistemi di sfruttamento esistenti e quelli auspicabili) e definire le "esigenze dei fiumi"**, per tentare di dare una risposta al quesito fondamentale circa la **compatibilità tra sfruttamento delle risorse idriche e tutela degli ambienti acquatici**. Tali valutazioni devono essere eseguite con il dettaglio consentito da analisi ambientali su scala territoriale che, in Piemonte, può essere a livello di bacino tributario del Po, del Tanaro, del Sesia. Lo stesso Po può ritenersi bacino a parte dalle sorgenti fino alla confluenza con il più importante affluente (il Pellice). Facendo riferimento alla recente esperienza acquisita con il *"Piano di Gestione delle Risorse Idriche del Bacino dell'Orco"* (C.R.E.S.T., 1994) e ad un recente documento di BADINO ed Altri (1994), è stata sviluppata una metodologia di analisi che è stata applicata al reticolo idrografico del fiume Po dalle origini alla confluenza con il Pellice in territorio cuneese⁵. Si è trattato di un complesso studio che ha riguardato i seguenti capitoli:

⁵ Tale metodologia è stata considerata come base fondamentale del capitolo d'appalto per la realizzazione dei **Piani d'uso delle acque** cioè *"studi e ricerche finalizzate alla definizione*

- 1 - determinazione sezioni di riferimento, elementi morfometrici e cartografia;**
- 2 - elementi climatici ed idrologici;**
- 3 - stima del carico antropico;**
- 4 - qualità chimica delle acque;**
- 5 - qualità biologica delle acque;**
- 6 - ittiofauna;**
- 7 - sintesi applicativa.**

Il primo capitolo è stato redatto (su commissione della Comunità Montana Valli Po, Bronda, Infernotto) nel 1995 dal C.R.E.S.T. Il secondo è stato realizzato, nello stesso anno, da RISORSE IDRICHÉ (per conto della Regione Piemonte). I capitoli 3 ÷ 6 sono stati completati, negli anni 1997/97, dal C.R.E.S.T. su finanziamento europeo (nell'ambito degli obiettivi 5b). Il presente documento costituisce la sintesi applicativa che, oltre ai riassunti degli studi precedenti, consente una classificazione degli ambienti fluviali considerati e formula ipotesi di gestione della risorsa idrica e dell'ittiofauna.

di linee di gestione delle risorse idriche dei bacini idrografici⁵ della Provincia di Torino"
(D.G.P. N. 128 - 182882/96 del 30/12/1996 e 61 - 55455/97 del 8/5/1997).

2 – DETERMINAZIONE DELLE SEZIONI DI RIFERIMENTO ED ELEMENTI MORFOMETRICI

Fra i principali obiettivi di uno studio delle caratteristiche ambientali di un bacino, finalizzato alla gestione e tutela delle risorse idriche superficiali, è il confronto fra le diverse variabili ambientali considerate, in modo da tentare la definizione di sintesi o di modelli di pratica utilizzazione. Si tratta, in sostanza, di compiere delle correlazioni fra i diversi parametri (morfometrici, idrologici, biologici, fisico - chimici,...) che vengono normalmente presi in esame per gli studi idrobiologici. Naturalmente un tale procedimento può essere attuato solo se quei parametri si riferiscono ad uno stesso ambiente.

Le caratteristiche ambientali di un corso d'acqua sono molto diverse, in rapido cambiamento, da monte a valle. Lungo un corso d'acqua conviene quindi considerare delle **sezioni di riferimento** in corrispondenza delle quali effettuare tutte le analisi, da quelle legate all'ambiente fisico (morfometria e idrologia) a quelle legate alla qualità delle acque e al patrimonio ittico.

Sulla carta in scala 1:25.000 Si sono individuate le sezioni in corrispondenza delle quali si sono effettuate campagne di rilevamento delle caratteristiche biologiche e fisico - chimiche delle acque; esse sono 16 (**fig. 1**) e precisamente:

- 1 - PO
- 2 - PO (01 della Carta Ittica)
- 3 - PO
- 4 - PO (02 della Carta Ittica)
- 5 - PO (03 della Carta Ittica)
- 6 - PO (04 della Carta Ittica)
- 7 - TOSSIET
- 8 - LENTA
- 9 - CROESIO
- 10 - BRONDA
- 11 - TORTO
- 12 - GHIANDONE (00/01 della Carta Ittica)
- 13 - GHIANDONE
- 14 - GRANA
- 15 - RIOSECCO (00/03 della Carta Ittica)
- 16 - CANTOGNO (00/05 della carta Ittica)

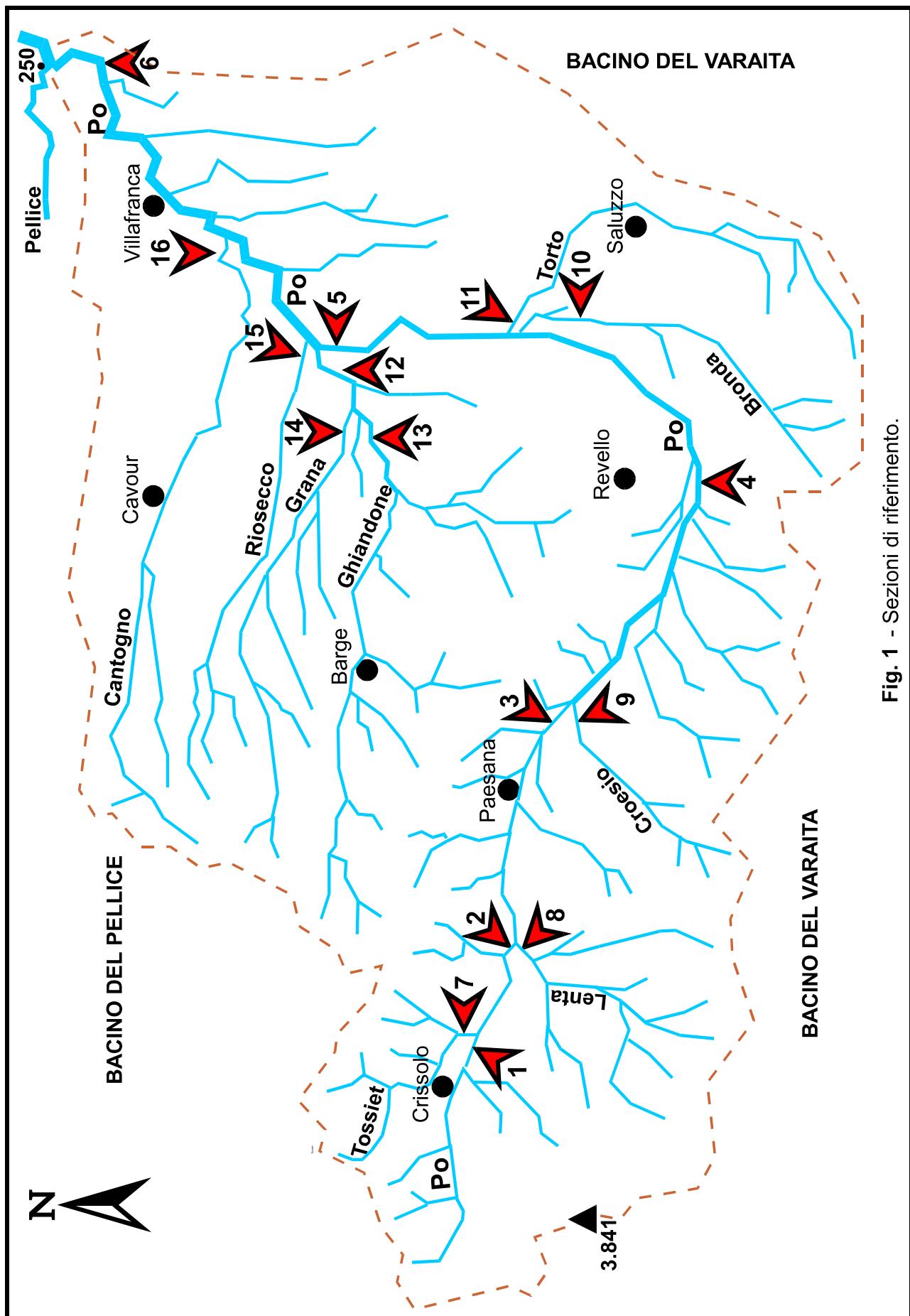


Fig. 1 - Sezioni di riferimento.

Delle sezioni sopra elencate 6 sono sull'asta fluviale del Po e 10 sugli affluenti, dei quali il Ghiandone con due sezioni, mentre per tutti gli altri ne è stata prevista una sola presso la confluenza con il corso principale. 7 sezioni sono coincidenti con quelle della Carta Ittica Regionale (REGIONE PIEMONTE, 1991)⁶; queste ultime erano state individuate utilizzando come base topografica la scala 1:100.000. Il passaggio ad una scala più dettagliata (1:25.000) ha permesso una migliore precisione nell'individuazione delle sezioni basata su criteri prevalentemente morfometrici. Sono quindi risultate 9 sezioni aggiuntive rispetto a quelle della Carta Ittica Regionale.

Ciascuna sezione è individuata in posizioni immediatamente a monte di confluenze significative ed in base ad incrementi sostanziali degli areali dei bacini imbriferi da monte a valle (Po e Ghiandone). Ogni sezione può ritenersi rappresentativa di tutto il tratto di asta fluviale a monte fino alla precedente sezione. Per i corsi d'acqua di limitata lunghezza è stata prevista una sola sezione in corrispondenza della foce; in questo caso essa viene ritenuta rappresentativa dell'ultimo tratto a valle (tre chilometri); ciò vale anche per la sezione più a monte dei corsi più lunghi (Po e Ghiandone).

Relativamente ad ogni sezione di riferimento sono stati determinati i principali parametri morfometrici; essi costituiscono una base utile di supporto e di interpretazione dei dati derivati dalle elaborazioni idrologiche e dai rilievi biologici e fisico - chimici (effettuati immediatamente a monte delle sezioni). Per ogni sezione vengono riportati i codici dei settori geografici nei quali è compreso l'areale del bacino sotteso alla sezione stessa. Per quanto riguarda le caratteristiche morfometriche dei bacini e delle aste fluviali si sono valutati i seguenti parametri (**tab. 1**):

- **altitudine massima** (m s.l.m.) del bacino;
- **altitudine mediana** (m s.l.m) ricavata con la curva ipsografica area/altitudine e con superfici determinate mediante planimettratura su base topografica in scala 1:25.000;
- **altitudine minima** (m s.l.m) o della sezione;
- **superficie** (km^2) totale del bacino sotteso alla sezione;
- percentuali delle superfici delle **fasce altimetriche** (rispetto a quella totale) comprese entro isoipse di particolare significato climatico e idrologico (come risultato da specifici studi regionali; DURIO ed Altri 1982)⁷;

⁶ Nel lavoro di individuazione delle sezioni di riferimento si è anche tenuto conto di quelle individuate nell'ambito dei "Censimenti dei Corpi idrici" (REGIONE PIEMONTE 1980 ÷ 1992).

⁷ Per le Alpi occidentali risultano particolarmente significativi i seguenti limiti:

- la quota di 600 m rappresenta l'altitudine dello zero termico medio mensile di gennaio;

- **perimetro** (km) del bacino sotteso (mediante compasso ad apertura fissa pari a 3 mm su base topografica in scala 1:25.000);
- **indice di forma**⁸.
- **codice di tipologia**, codice numerico che deriva da un sistema di classificazione delle zone umide piemontesi nell'ambito della "Banca Dati Naturalistica Regionale" (DE BIAGGI ed Altri, 1987)⁹;
- **altitudini delle sorgenti** (m s.l.m) lo stesso dato per tutte le sezioni di uno stesso corso d'acqua;
- **lunghezza dell'asta** (km) fra la sezione considerata e quella immediatamente a monte per il Po e per il Ghiandone; per gli altri corsi d'acqua la lunghezza è quella compresa fra le sorgenti e l'unica sezione alla chiusura del relativo bacino;
- **dislivello** (m) fra la sezione considerata e quella immediatamente a monte per il Po e per il Ghiandone; per gli altri corsi d'acqua il dislivello è quello compreso fra le sorgenti e l'unica sezione alla chiusura del relativo bacino;
- **pendenza media** (%) dell'alveo, valutata per un tratto di tre chilometri immediatamente a monte della sezione; tale dato ha valore biologico ed è utile per la caratterizzazione dell'ambiente fisico rappresentativo della sezione;

-
- la quota 1.700 m rappresenta l'altitudine dello zero termico medio del trimestre invernale (dicembre - gennaio - febbraio);
 - la quota 2.700 m rappresenta l'altitudine dello zero termico medio annuo;
 - la quota 3.100 m rappresenta il limite climatico delle nevi persistenti.

⁸ Un elemento sintetico per la quantizzazione della conformazione planimetrica del bacino è l'**indice di forma** (I_g) che esprime il rapporto tra il perimetro del bacino e la circonferenza racchiudente la stessa area di quest'ultimo:

$$I_g = P : (2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A})$$

dove **P** (km) è il perimetro ed **A** (km^2) è l'area del bacino. Tanto più questo rapporto si avvicina ad 1, tanto maggiore è l'approssimazione dell'areale ad una forma circolare e quindi caratterizzata da minori tempi di concentrazione delle acque di deflusso superficiale (TONINI, 1966).

⁹ In particolare le tipologie individuata per il bacino del Po sono le seguenti:

103101: *acque correnti a regime nivoglaciale permanenti* (il regime idrologico è fortemente influenzato dallo scioglimento delle nevi e delle lingue di ablazione dei ghiacciai; il suo andamento segue più il regime termico di quello pluviometrico).

103201: *acque correnti a regime nivopluviale permanenti* (il regime idrologico pur notevolmente influenzato da quello pluviometrico, risulta fortemente condizionato anche dallo scioglimento delle nevi durante il disgelo alla fine della primavera e all'inizio dell'estate).

103311: *acque correnti a regime pluviale di tipo sub-litoraneo occidentale permanenti*. (il regime idrologico medio può essere infatti assimilabile, come forma, a quello pluviometrico, caratterizzato dal massimo principale in primavera, dal massimo secondario in autunno, dal minimo principale in inverno e dal minimo secondario in estate).

- **portata media annua** (m^3/sec); si tratta di valori naturali stimati; in realtà l'insieme delle captazioni idriche (sia per sottrazioni d'acqua, sia per contributi) altera notevolmente i regimi idrologici normali.
- **indice fisico di produttività** che si ottiene considerando poche variabili morfometriche ed idrologiche in una sintesi rappresentativa dell'ambiente fisico della sezione¹⁰;
- **tempo di corriavazione** (ore) relativo al bacino sotteso alla sezione¹¹.

¹⁰ PEROSINO e SPINA (1987) al Secondo Convegno Nazionale A.I.I.A.D. (Associazione Italiana Itiologi d'Acqua Dolce) tenuto a Torino il 5 - 7 giugno 1987, hanno presentato un modello basato su variabili morfometriche ed idrologiche per descrivere, in modo sintetico, le caratteristiche ambientali di un corso d'acqua ed in grado di fornire indici proporzionali alla produttività biologica. Tale modello si basa sulla considerazione che *portata*, *pendenza dell'alveo*, *altitudine mediana del bacino* (rappresentativa della temperatura delle acque) sono tra le più importanti variabili condizionanti la biologia delle acque correnti. Pertanto indicando con **D** l'**indice fisico di produttività secondo la portata** **Q** (m^3/sec) per una determinata sezione si ha:

$$D = 3 + \log Q$$

Indicando con **A** l'**indice fisico di produttività secondo l'altitudine mediana H del bacino imbrifero** (m s.l.m.) a monte della sezione si ha:

$$A = \frac{10}{\sqrt[3]{H}}$$

Indicando con **F** l'**indice fisico di produttività secondo la pendenza media P (%) dell'asta fluviale** a monte di una determinata sezione si ha:

$$F = \frac{1}{\sqrt[3]{P}}$$

I valori dei tre suddetti indici (**D**, **A** ed **F**) possono essere utilizzati per il calcolo di un **indice fisico globale** **I_{pf}** definito dal prodotto delle tre precedenti formulazioni ($I_{pf} = D \cdot A \cdot F$) Dall'esame dei valori rappresentati sulle schede indicate nelle porzioni più monte del bacino gli ambienti possono essere classificati come spiccatamente reofili; mentre verso valle si hanno situazioni di transizione fra ambienti reofili e limnofili. In linea di massima gli ambienti caratterizzati da $I_{pf} < 2$ sono classificabili come zone a trota fario; gli ambienti con I_{pf} compresi fra 2 e 5 sono tipici della zona ittica a trota marmorata/temolo; per valori superiori si hanno zone a Ciprinidi reofili (FORNERIS, PEROSINO, 1992).

¹¹ Il tempo di corriavazione è definito come quello necessario perché una particella d'acqua possa giungere dal punto più lontano del bacino considerato, fino alla sezione di chiusura (TONINI, 1966) ed è determinabile, secondo GIANDOTTI, con la seguente formulazione:

$$T = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{Z}}$$

dove **S** è l'area del bacino (km^2), **L** è la lunghezza del corso d'acqua dalle origini alla sezione di chiusura (km) e **Z** è la differenza (m) tra l'altitudine mediana e quella alla sezione di chiusura.

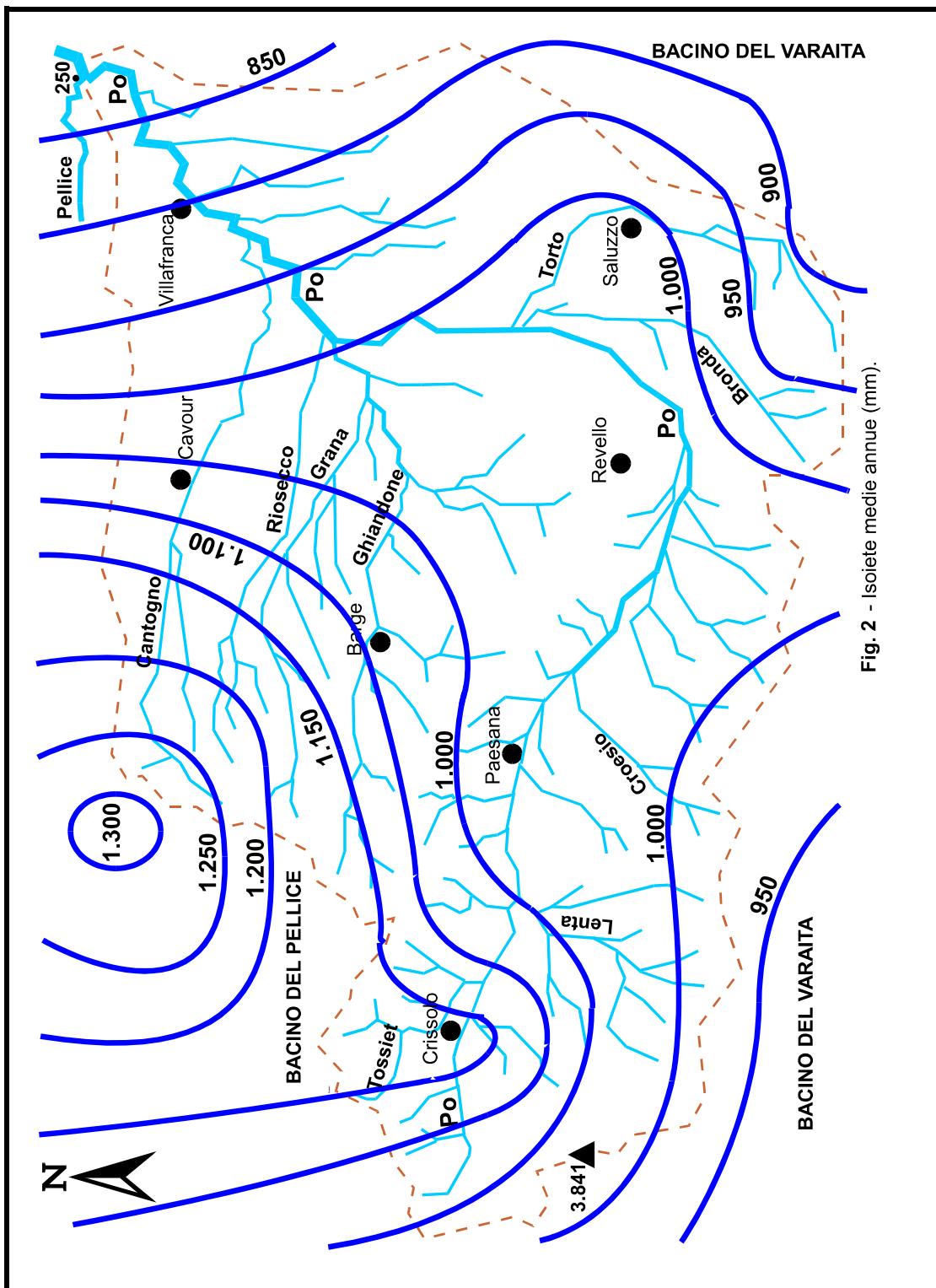


Fig. 2 - Isoietae medie annue (mm).

		sezioni															
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
		dati bacini imbriferi															
altitudine massima	m s.l.m.	3.841	3.841	3.841	3.841	3.841	3.841	2.721	3.241	2.385	1.165	1.165	2.375	2.375	1.601	1.250	1.276
altitudine sezione	m s.l.m.	1.135	810	524	375	256	245	1.135	810	524	278	270	256	259	259	255	250
altitudine mediana	m s.l.m.	2.165	1.975	1.800	1.555	1.170	840	1.990	1.885	1.315	555	495	625	750	600	395	400
area totale	km ²	36,7	67,8	149,5	193,1	306,0	632,3	19,0	51,5	16,5	31,2	37,2	133,2	78,9	31,8	32,8	63,3
area > 3.100 m	%	1,1	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
area 3.100 ÷ 2.700 m	%	7,3	4,1	3,0	2,3	1,5	0,7	0,5	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
area 2.700 ÷ 1.700 m	%	79,4	68,1	52,4	42,4	26,7	13,4	73,0	60,4	21,1	0,0	0,0	2,1	3,5	0,0	0,0	0,0
area 1.700 ÷ 600 m	%	12,2	27,2	41,2	41,9	31,8	22,4	26,5	35,8	75,5	27,2	13,6	28,5	37,5	26,1	8,7	5,8
area < 600 m	%	0,0	0,0	13,1	13,1	39,8	63,4	0,0	0,0	3,4	72,8	86,4	69,4	59,0	73,9	91,3	94,2
perimetro	km	25,3	36,0	58,3	75,4	112,5	124,0	19,6	33,0	20,1	31,1	35,5	58,9	50,6	34,6	35,0	45,9
indice di forma		1,18	1,23	1,34	1,53	1,81	1,39	1,27	1,30	1,40	1,57	1,64	1,44	1,61	1,73	1,72	1,63
		dati aste fluviali															
altitudini sorgenti	m s.l.m.	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.700	2.200	800	1.050	1.200	1.200	1.275	1.050	1.025
lunghezza asta	km	10,5	3,8	8,4	7,3	17,5	17,5	8,0	13,0	9,0	13,5	19,3	2,5	20,9	17,4	17,9	25,4
dislivello	m	1.465	325	286	149	119	11	1.465	1.890	1.676	522	780	3	941	1.016	795	775
pendenza media	%	8,8	10,2	2,7	3,3	0,3	0,1	3,3	9,7	7,5	0,6	0,5	0,1	0,3	0,3	0,4	0,1
Cod. tipologia 103...		101	201	201	201	201	201	201	201	201	311	311	311	311	311	311	311
portata media annua	m ³ /sec	1,2	2,1	4,3	5,7	7,2	11,9	0,6	1,3	0,3	0,4	0,4	2,3	1,4	0,6	0,5	1,0
indice produttività		1,2	1,2	2,1	2,2	5,5	9,2	1,5	2,1	1,2	3,8	4,1	8,5	5,2	4,9	5,0	8,8
tempo corriavone	ore	1,6	2,0	2,9	3,6	5,8	10,1	1,3	1,8	1,3	3,4	4,4	5,3	3,8	3,3	5,2	7,1

Tab. 1 – Morfometria dei bacini e delle aste fluviali caratteristica delle sezioni di riferimento **S1 ÷ S16**. Sezioni del **Po** (S1 ÷ S6), del **Tossiet** (S7), del **Lenta** (S8), del **Croesio** (S9), del **Bronda** (S10), del **Torto** (S11), del **Ghiandone** (S12) ed (S13), del **Grana** (S14), del **Riosecco** (S15) e del **Cantogno** (S16).

3 – ELEMENTI CLIMATICI ED IDROLOGICI

L'analisi climatica ed idrologica è finalizzata alla definizione dei regimi dei corsi d'acqua del reticolo idrografico del Po ai fini della valutazione quantitativa delle risorse idriche, del loro uso e della loro tutela. Purtroppo, nel bacino in esame ha operato una sola stazione idrometrica, più precisamente a Crissolo, posta a 1.250 m s.l.m. e con un bacino sotteso di appena 36,7 km² (SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1935 ÷ 1973,1980); Pur avendo tale stazione effettuato rilevazioni per un periodo di osservazione significativo (39 anni), non risulta sufficiente a rappresentare l'intero bacino del Po sotteso alla confluenza con il Pellice; essa quindi può essere considerata utile per descrivere l'idrologia soltanto della porzione montana del reticolo idrografico; in particolare si è ritenuto significativo effettuare un semplice confronto (seppure corretto) fra gli areali sottesi alla sezione di Crissolo e quelli alle sezioni sul Po S1 ed S2, sul Tossiet (S7) e sul Lenta (S8) i cui bacini presentano analoghe caratteristiche morfometriche (**tab. 1**).

I dati ottenuti da misure effettuate da stazioni idrometriche disposte più a valle sul Po risultano insufficienti (serie storica di Cardè troppo breve) o poco significativi (quella di Meirano sottende un bacino, 4.885 km², di dimensioni non confrontabili con quella, S6 = 632 km², dell'areale sotteso alla confluenza con il Pellice). I dati rilevati dalle stazioni idrometriche dei bacini adiacenti sono poco adatte; quella di Rore sul Varaita presenta una serie storica poco estesa e molto vecchia; quella di Rossana, sullo stesso corso d'acqua, risente pesantemente delle captazioni idriche a monte; la stazione di S. Martino è rappresentativa del bacino del Chisone, con caratteristiche climatiche e morfometriche assai diverse da quelle del bacino in oggetto; sul Pellice, infine, non hanno operato stazioni idrometriche.

Questa mancanza di riferimenti diretti è ancora più sensibile per le stazioni del medio corso del Po e degli affluenti di pianura, pressoché sconosciuti dal punto di vista idrologico. I valori di portata stimati per tutte le sezioni considerate (**S3 ÷ S16, tab. 1**) derivano quindi dall'applicazione di metodi tradizionali in funzione delle caratteristiche climatiche, morfologiche e fisiografiche delle aree di interesse. Alcuni riscontri con la letteratura esistente, con altri studi e con le conoscenze acquisite nel campo dell'idrologia dalla società RISORSE IDRICHE s.r.l. (Torino) hanno permesso di "tarare" queste applicazioni. In definitiva i valori idrologici di riferimento sono quelli riportati nelle **tabb. 2 e 3**, stimate con le formule di regionalizzazione (SIMPO; in REGIONE PIEMONTE,1989; a partire dalla conoscenza dell'andamento delle precipitazioni medie annue; **fig. 2**).

Per ciascuna sezione di riferimento (**S1** ÷ **S16**) si sono determinate le seguenti caratteristiche:

- **afflusso meteorico medio annuo (A, mm)**; è la precipitazione media annua rappresentativa del bacino sotteso alla sezione;
- **deflusso meteorico medio annuo (D, mm)**; è la quantità media annua d'acqua che defluisce attraverso la sezione ed espressa come altezza di una lama uniformemente distribuita sul bacino sotteso;
- **coefficiente di deflusso medio annuo (D/A)**; è il rapporto fra i precedenti valori di afflusso e di deflusso¹².
- **portata media annua (Q, m³/sec);**
- **portate di durata caratteristiche (q₁₀ ... q₃₅₅, m³/sec)**; sono le portate medie annue (per valori pari o superiori) disponibili in alveo per almeno 10, 91, 182 e 355 giorni all'anno. La q₃₅₅ può anche essere considerata come portata di magra normale e viene frequentemente assunta come riferimento base per la determinazione dei cosiddetti deflussi minimi vitali (PEROSINO, 1989).
- **portata di piena (m³/sec)**; è stata stimata per tutte le sezioni considerate per diversi tempi di ritorno (T_r = 50, 100 e 200 anni).
- **deflusso minimo vitale (DMV, m³/sec)**; determinato per tutte le sezioni di riferimento secondo la metodologia indicata dalla REGIONE PIEMONTE (1991) sulla base del D.G.R. 74-45166 del 26/4/1995 di cui alla L.R. 5 del 13/4/1994; le sezioni S4 ÷ S6 del corso del Po, S12 ed S13 del Ghiandone, S16 del Cantogno (zone ittiche a marmorata e/o temolo) ed S8 del Lenta sono state considerate come zone in cui sono presenti (anche potenzialmente) popolazioni ittiche di elevato interesse naturalistico (per cui si prevede un coefficiente maggiorativo K_C = 1,25); le sezioni S1 del Po ed S8 del Lenta è stata considerata come zona di elevata sensibilità ambientale (per cui si prevede un coefficiente K_A = 1); per le sezioni S1 ÷ S3 del Po ed S7 del Tossiet inoltre è stato assegnato un K_C = 1,1 (in quanto con altitudini mediane dei bacini sottesi superiori a 1.600 m s.l.m.).

¹² I bacini idrologici italiani sono stati classificati in relazione al coefficiente di deflusso medio annuo (Pallucchini, 1934) nel modo seguente:

- bacini alpini con D/A > 0,70 (costituiscono la maggior parte dei fiumi piemontesi);
- bacini dell'Appennino settentrionale e centrale, versante ligure padano e adriatico con D/A = 0,50 ÷ 0,70 (fanno parte di questa categoria anche i corsi d'acqua che, in Piemonte, sono alimentati da bacini interamente impostati in collina e/o in pianura);
- bacini dell'Appennino centrale, versante tirrenico, dell'Appennino meridionale e delle isole con D/A = 0,30 ÷ 0,40 (poco frequenti in Piemonte).

		S	A	D	D/A	Q		q ₁₀	q ₉₁	q ₁₈₂	q ₂₇₄	q ₃₅₅
		km ²	Mm	mm		m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	m^{3}/s	m^{3}/s	m^{3}/s	m^{3}/s
Po	S1	37	1.093	1.093	1,00	1,28	34,6	4,42	1,55	0,89	0,57	0,35
Po	S2	68	1.112	1.012	0,91	2,18	32,1	5,45	1,85	1,12	0,70	0,41
Po	S3	150	1.057	951	0,90	4,52	30,2	16,2	5,95	3,07	1,40	0,75
Po	S4	193	1.042	930	0,89	5,69	29,5	19,8	7,47	3,91	1,87	0,94
Po	S5	306	1.023	742	0,73	7,20	23,5	24,3	9,44	5,03	2,50	1,29
Po	S6	632	1.021	596	0,58	11,9	18,9	38,1	15,6	8,53	4,58	2,52
Tossiet	S7	19	1.156	1.040	0,90	0,63	33,1	1,58	0,54	0,32	0,21	0,12
Lenta	S8	52	1.003	882	0,88	1,45	27,9	3,65	1,25	0,74	0,49	0,25
Croesio	S9	17	992	631	0,64	0,34	20,0	1,52	0,47	0,22	0,07	0,02
Bronda	S10	31	989	448	0,45	0,44	14,2	1,87	0,60	0,29	0,09	0,03
Torto	S11	37	945	384	0,41	0,45	12,2	1,88	0,61	0,29	0,10	0,04
Ghiand.	S12	133	1.063	541	0,51	2,28	17,1	8,46	3,04	1,55	0,65	0,29
Ghiand.	S13	79	1.062	570	0,54	1,43	18,1	5,57	1,92	0,96	0,38	0,16
Grana	S14	32	1.099	572	0,52	0,58	18,1	2,44	0,78	0,38	0,13	0,05
Riosec.	S15	33	1.081	497	0,46	0,52	15,8	2,19	0,70	0,34	0,11	0,04
Cantog.	S16	63	1.061	481	0,45	0,96	15,2	3,82	1,29	0,64	0,24	0,09

Tab. 2 – Idrologia dei bacini sottesi alle sezioni di riferimento (**S1** ÷ **S16**) individuate sul reticolo idrografico del Po sotteso alla confluenza con il Pellice. Superfici (**S**), valori medi annui degli afflussi meteorici (**A**) e dei deflussi (**D**) e dei rispettivi coefficienti di deflusso (**D/A**). Valori medi annui delle portate (**Q**) e di quelle caratteristiche di durata (**q₁₀** ÷ **q₃₅₅**).

Le portate del DMV per le sezioni di riferimento **S1** ÷ **S16** risultano quindi le seguenti:

1 - PO	242 l/sec
2 - PO	240 l/sec
3 - PO	446 l/sec
4 - PO	608 l/sec
5 - PO	910 l/sec
6 - PO	1.906 l/sec
7 - TOSSIET	70 l/sec
8 - LENTA	227 l/sec
9 - CROESIO	20 l/sec
10 - BRONDA	26 l/sec
11 - TORTO	31 l/sec
12 - GHIANDONE	233 l/sec
13 - GHIANDONE	125 l/sec
14 - GRANA	36 l/sec
15 - RIOSECCO	30 l/sec
16 - CANTOGNO	78 l/sec

		50	100	200
Po	S1	306	338	367
Po	S2	433	477	519
Po	S3	827	913	994
Po	S4	890	982	1.070
Po	S5	998	1.105	1.206
Po	S6	1.419	1.572	1.717
Tossiet	S7	156	172	187
Lenta	S8	344	379	412
Croesio	S9	132	145	158
Bronda	S10	148	164	179
Torto	S11	111	124	136
Ghiandone	S12	464	513	559
Ghiandone	S13	356	365	428
Grana	S14	127	142	154
Riosecco	S15	101	110	122
Cantogno	S16	156	173	189

Tab. 3 – Portate di piena (m³/sec) stimate per diversi tempi di ritorno (**50**, **100** e **200** anni) per i bacini sottesi alle sezioni di riferimento (**S1** ÷ **S16**) individuate sul reticolo idrografico del Po sotteso alla confluenza con il Pellice.

Le campagne di rilevamento delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche effettuate nel periodo 21 ÷ 29 luglio 1997, nei giorni 27 e 28 dicembre 1997 ed i campionamenti supplementari relativi alla qualità biologica delle acque ed al censimento dell'ittiofauna hanno permesso di verificare anche le portate istantanee nei momenti dei prelievi mediante lo strumento HYDRO - BIOS KIEL (KIEL - Holtenau - Germany) caratterizzato da un livello di precisione intorno a ± 5 l/sec fino a misure di portate di 100 l/sec, $\pm 10 \div 70$ l/sec fino a misure di 1 m³/sec e al 10 % per portate superiori; si tratta di un livello di precisione e di affidabilità ampiamente sufficiente per valutazioni generali e soprattutto di carattere biologico - ambientali. Sulla base di quanto rilevato si ritiene opportuno descrivere, seppure in modo sommario, le situazioni più eclatanti.

- Il Grana si presenta con alveo completamente asciutto nell'intero corso di pianura, fin quasi alla confluenza con il Ghiandone; soltanto nel tratto terminale scorre una portata minima che ha permesso comunque il campionamento
- Nell'alveo del Cantogno, presso la confluenza con il Po, si è riscontrata una portata quasi venti volte quella attesa naturale; si tratta di acqua inutilmente derivata dal bacino del Pellice, non utilizzata e quindi scaricata nel Po utilizzando il Cantogno alla stregua di un collettore. Non si è ritenuto opportuno caratterizzare l'ambiente dell'alto Cantogno in quanto totalmente stravolto dall'apporto di acque dal bacino adiacente.
- Il Ghiandone risulta con alveo prosciugato a valle di Barge, fino alla confluenza con il Candellero; a valle riceve il contributo di numerosi collettori irrigui e di risorgive che portano il valore della portata alla confluenza con il Po ad oltre 2.000 l/sec, quasi tre volte quella naturale. In questo caso viene derivata inutilmente acqua del Po, che non viene utilizzata e viene scaricata in un altro bacino. La notevole portata del tratto di valle del Ghiandone è stata frequentemente interpretata come contributo di numerose risorgive; più probabilmente si tratta di acqua del Po.
- Per il Torto valgono più o meno le stesse considerazioni espresse per il Cantogno. In questo caso il corso d'acqua viene utilizzato come collettore di quelle prelevate dal Varaita. L'elevato carico antropico di questo bacino determina gravi alterazioni della qualità delle acque. Succede così che a momenti con portate quasi nulle alla confluenza con il Po si alternano fasi idrologiche con deflussi molto elevati; si tratta delle acque del Varaita inutilmente derivate dal suo bacino, inquinate e quindi scaricate nel Po utilizzando il Torto come vero e proprio collettore.
- Il Bronda risulta completamente prosciugato a valle di Pagno. Nel tratto prossimo alla confluenza del Po presenta portate molto variabili; da pochi

litri al secondo a valori decisamente superiori, dovuti al contributo di acque (quasi sempre di cattiva qualità) provenienti dal bacino del Torto e quindi, in ultima analisi, dal bacino del Varaita.

- I principali tributari dell'alto Po (Tossiet, Lenta Croesio) presentano, alle sezioni terminali portate ridotte rispetto a quelle naturali. Essi sono tutti utilizzati, nel loro medio corso, per fini idroelettrici e con portate residue quasi sempre inferiori alle portate di 355 giorni.
- La situazione peggiore è quella relativa al Po. Attualmente, anche nei periodi estivi non caratterizzati da siccità, l'alveo del fiume risulta prosciugato da Sanfront fino alla confluenza con il Bronda (quasi 15 km),¹³ mentre per lunghi tratti risulta con portate decisamente inferiori alle portate di magra eccezionali. Si ritiene di escludere l'ipotesi di perdite per infiltrazione nel sub - alveo; in realtà l'assenza di acqua è dovuta alle captazioni idriche per fini irrigui.

La situazione sopra descritta non sembra rappresentativa di quella "normale" estiva. Infatti nel 1997 le precipitazioni (scarse nell'inverno e nell'inizio della primavera) sono risultate superiori al normale fino alla prima decade di luglio. Si ritiene quindi che, in ulteriore assenza di precipitazioni (come sarebbe normale), la situazione potrebbe peggiorare rispetto a quanto descritto, diventando simile a quanto succede nella maggior parte degli anni. Bisogna sottolineare inoltre che nell'inverno, le disponibilità idriche sono normalmente inferiori, con conseguenze ancora più gravi.

Il problema della gestione delle risorse idriche condiziona la composizione e distribuzione delle comunità ittiche. La mancanza di continuità longitudinale a causa degli alvei in secca, impedisce le migrazioni per fini trofici e riproduttivi, con gravi ripercussioni soprattutto nei confronti delle specie caratterizzate da maggior vagilità quali la trota marmorata ed il temolo. Altre specie, di minor interesse alieutico, ma importanti indicatori ecologici, quale lo scazzone, presentano una distribuzione molto variabile e fortemente condizionata dalle alterazioni dei regimi idrologici che, nei periodi di magra, esaltano gli effetti di inquinanti di varia natura.

¹³ Circa 200 m a monte della confluenza con il Bronda, in corrispondenza della riva sinistra del Po, alcune piccole sorgenti consentono la ricomparsa di acque nell'alveo. Si forma così un "ruscello" (~ 35 l/sec) con acque pulite e con fauna acquatica relativamente abbondante (vedere specifici rapporti di settore). Il Bronda contribuisce con una portata molto scarsa; così a valle della confluenza, nel luglio 1997, è stata misurata una portata di appena 45 l/sec, ma con acque di cattiva qualità a causa degli apporti del piccolo tributario. Procedendo ulteriormente verso valle contributi diversi consentono un incremento di portata fino ad arrivare a 1.200 ÷ 1.500 l/sec presso la località "Pesci vivi".

4 - CARICO ANTROPICO

Il Po, da monte a valle, raccoglie acque dal territorio contribuente e, con esse, un insieme di sostanze (molte delle quali presenti come soluti e rilevabili con le analisi chimiche) che derivano dal bacino imbrifero, "dilavate" dal suolo o di origine più "profonda" (i soluti presenti nelle acque di risorgiva) in funzione dei litotipi predominanti. Vale il concetto generale che **la qualità delle acque in corrispondenza di una determinata sezione dipende dalla qualità globale dell'ecosistema costituito dal territorio del bacino imbrifero sotteso alla sezione stessa**; pertanto non soltanto in funzione delle caratteristiche geomorfologiche, idroclimatiche, pedologiche e vegetazionali, ma anche antropiche; infatti *tutte le attività umane che insistono nel bacino imbrifero producono prodotti di rifiuto che influiscono sulla qualità delle acque correnti superficiali*.

I nutrienti (principalmente i sali di azoto e di fosforo) e le particelle di sostanze organiche contribuiscono allo sviluppo di forme vegetali che favoriscono la produttività biologica ed al limite si possono manifestare processi di eutrofizzazione con effetti negativi sulla qualità delle acque. Ciò è più evidente per le zone umide ad acque stagnanti, ma è valido anche per quelle ad acque correnti, anche se il rapporto "concentrazione dei nutrienti/produttività" è meno diretto, reso più complesso dall'estrema variabilità del regime idrologico e dal fatto che tali sostanze non entrano a far parte integrante del corpo idrico (come invece si verifica nei laghi) ma vengono convogliate velocemente a valle (FORNERIS ed Altri, 1989 e 1990).

Un sistema di valutazione approssimativo (ma comodo e rapido) per stimare i carichi di nutrienti provenienti dagli areali contribuenti una determinata zona umida (un lago o un corso d'acqua in corrispondenza di una data sezione) è quello di considerare un solo elemento, il fosforo, come rappresentativo dell'insieme di tutti i nutrienti in virtù del fatto che esso è quasi sempre l'elemento limitante non solo negli ambienti acquatici (DIXON, 1968; CHIAUDANI, VIGHI, 1974 ÷ 1982; IRSA, 1977, 1980). Negli studi sull'eutrofizzazione viene normalmente considerato il "**fosforo totale**", cioè la somma di quello legato in composti chimici inorganici (sali più o meno solubili come essenzialmente fosfati) con quello legato in composti organici (perché potenzialmente disponibile con la decomposizione delle sostanze organiche in cui è compreso). In questo lavoro, per la stima del carico naturale ed antropico sul bacino, è stato utilizzato il metodo della valutazione del **carico di fosforo totale** (C.R.E.S.T., 1988 ÷ 1994).

CALDERONI ed Altri (1976 e 1978) hanno stabilito a 0,07 ÷ 0,11 kg/ha/anno il rilascio dei suoli naturali nelle zone montane italiane. In uno studio sull'eutrofizzazione dei bacini lacustri italiani CHIAUDANI e VIGHI (1982) hanno stabilito un valore di cessione pari a 0,1 kg/ha/anno del suolo indipendentemente dal tipo e grado di utilizzazione e ritenuto valido per terreni inculti; tale valore è stato ritenuto rappresentativo anche della situazione del bacino imbrifero del Lago di Candia in uno studio sull'eutrofizzazione dello stesso (DURIO ed Altri, 1983). Pertanto anche **per i suoli naturali compresi entro il bacino imbrifero del Po si è ritenuto considerare una cessione di fosforo totale pari a 0,1 kg/ha/anno.**

Per il suolo coltivato alcuni Autori sostengono che solo il 50 % dei fertilizzanti sia utilizzato dai vegetali coltivati; la parte restante viene perso dal terreno per lo scorrimento delle acque (fenomeno ampiamente facilitato dal sistema di irrigazione a spargimento) e per infiltrazione. Per la situazione italiana è stato valutato dall'I.R.S.A (Istituto di Ricerca Sulle Acque) un rilascio teorico medio nazionale pari a circa 0,2 ÷ 1 kg/ha/anno. Sulla base di ricerche successive lo stesso IRSA, in considerazione delle notevoli diversità tra le situazioni che si presentano in Italia e quindi delle difficoltà nelle stime dei carichi, ha ritenuto ragionevole proporre una **cessione dai suoli coltivati pari a 0,6 kg/ha/anno**, valore che è stato applicato anche per il bacino del Po.

Il contributo procapite di fosforo totale attribuibile alla popolazione residente, in accordo con vari Autori (VOLLENWEIDER, 1969 ÷ 1979; OGLESBY ed Altri, 1973; IRSA, 1977) veniva considerato, fino alla fine degli anni '70, pari a 1,28 kg/anno così ripartito: 0,58 metabolico più 0,70 da detersivi; quest'ultimo valore è successivamente diminuito per le leggi in materia che limitano l'uso di tale composto (MARCHETTI, 1987). Oggi pertanto il **carico procapite di fosforo totale viene valutato pari a 0,8 kg/ha/anno**, di cui solo il 50 % raggiunge le acque superficiali (CHIAUDANI, VIGHI, 1982; MARCHETTI 1987). Ad esso va aggiunto un valore di **0,5 kg/ha/anno di fosforo totale per ciascuno degli addetti nell'industria** (MARCHETTI, 1987) del quale metà raggiunge le acque superficiali.

Il carico dovuto alle attività zootecniche è stato stimato tenendo conto delle quantità di fosforo totale mediamente contenuto nelle deiezioni degli animali considerati secondo il loro peso medio (MARCHETTI, 1987). Di esso il 95 % circa viene utilizzato come concime sui suoli coltivati (e quindi rientra nel dato relativo alla loro cessione di fosforo totale), mentre il restante 5 % giunge direttamente nelle acque superficiali (MARCHETTI, 1987).

Il carico totale è quindi dovuto alla seguente somma:

- **Cv: carico civile** (50 % di 0,8 kg/anno procapite); rappresenta l'impatto dell'insieme degli scarichi civili dovuti alla presenza di persone che vivono e producono rifiuti (scarichi domestici) su un determinato territorio; ai residenti bisogna aggiungere le presenze turistiche;
- **Ci: carico industriale** (50 % di 0,5 kg/anno per addetto industriale) dato che buona parte dei prodotti di rifiuto delle attività industriali sono riconducibili ad una equivalente quantità di fosforo totale;
- **Cz: carico zootecnico** (5 % del fosforo totale prodotto con le deiezioni) che rappresenta l'impatto dovuto agli allevamenti; ovviamente esso dipende dalla qualità e quantità degli animali;
- **Ca: carico dovuto all'agricoltura** (0,6 kg/ha/anno) è la cessione di fosforo totale dovuto ai suoli coltivati;
- **Cn: carico naturale** (0,1 kg/ha/anno) è la cessione di fosforo totale dovuto ai suoli naturali; teoricamente se il bacino del Po fosse per nulla antropizzato, questo dato risulterebbe l'unico di cui tenere conto.

Per la determinazione dei carichi su una determinata porzione di territorio è necessario disporre dei seguenti dati:

- numero di residenti;
- numero di turisti (e valore medio di giorni/anno di permanenza);
- numero di addetti alle attività industriali;
- specie e quantità degli animali allevati;
- superficie suolo naturale (in genere boschiva);
- superficie suolo coltivato.

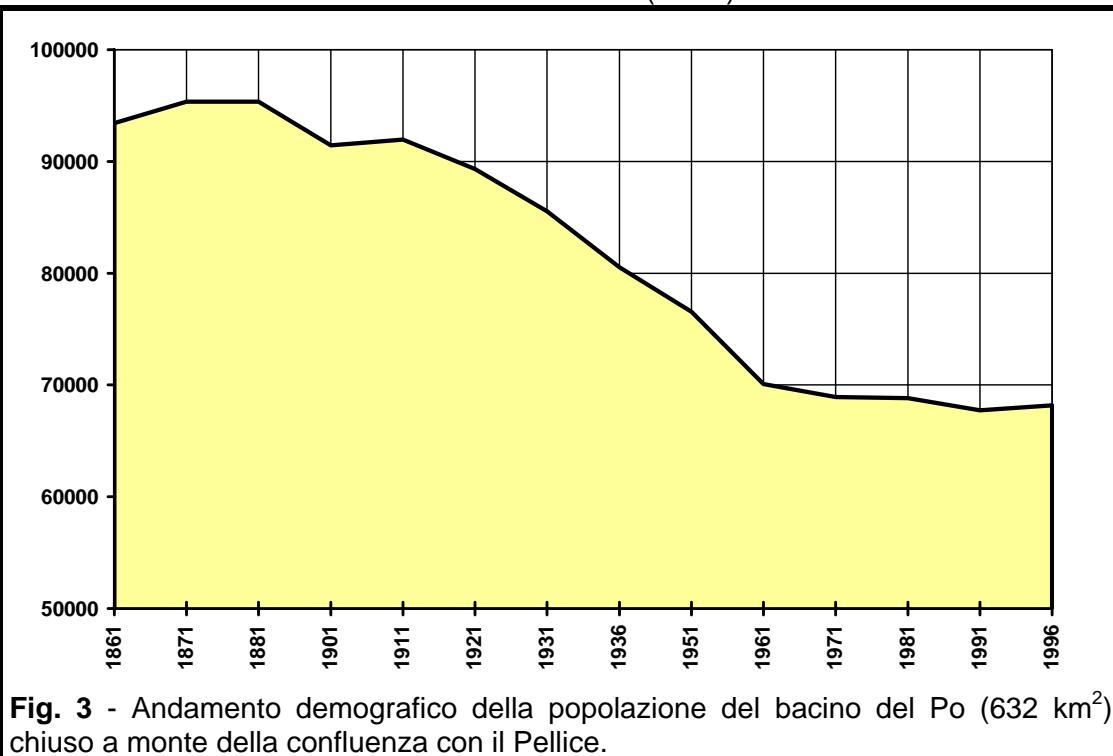
La stima del carico antropico richiede quindi un'analisi territoriale di tipo socio - economico che porti, come risultato minimo, a fornire i dati relativi alle variabili sopra descritte. Come si può osservare il metodo della stima del carico

Anno	Popolazione comune di Oncino	Popolazione comune di Manta	Popolazione residente nel bacino
1861	1481	1520	93424
1871	1630	1639	95365
1881	1643	1645	95344
1901	1699	1540	91442
1911	1634	1813	91962
1921	1527	1848	89327
1931	1205	1926	85528
1936	917	1894	80523
1951	565	1932	76548
1961	376	1765	70090
1971	282	1821	68922
1981	192	3036	68811
1991	129	3243	67743
1996	117	3298	68169

Tab. 4 – Andamenti demografici di un comune montano (Oncino), di un comune di pianura (Manta) e dell'intero bacino del Po (632 km²) chiuso a monte della confluenza con il Pellice.

di fosforo totale tiene conto dell'insieme delle caratteristiche naturali ed antropiche del territorio comprendendo non solo quelle naturali, ma anche le principali attività umane, oltre che del peso dovuto alle popolazioni residente e fluttuante con il turismo.

L'analisi socio - economica del bacino imbrifero del Po è stata effettuata con l'elaborazione di dati disponibili su base comunale. Si è fatto essenzialmente riferimento al S.I.T.A. (Sistema Informatico Territoriale Ambientale - Pianificazione Territoriale della REGIONE PIEMONTE - C.S.I./Piemonte) con integrazioni ottenute dal "Progetto per la Pianificazione delle Risorse Idriche del Territorio Piemontese" (REGIONE PIEMONTE, 1980). La maggior parte dei dati sono riferiti al 1981 ed ai successivi aggiornamenti. Per il censimento generale dell'agricoltura l'aggiornamento del S.I.T.A. è del 1990, mentre per i dati demografici è stata compiuta una indagine presso tutti i comuni interessati dalla ricerca (quelli compresi del tutto o solo in parte entro i limiti del bacino del Po) per avere a disposizione il numero di residenti come risulta dalle anagrafi del 1996 (in **tab. 4** sono riportati i dati relativi al bacino del Po e a due comuni, uno montano e l'altro di pianura, presi come esempi; la **fig. 3** illustra l'andamento demografico del bacino). Per quanto attiene infine alle presenze turistiche si è fatto riferimento ai dati elaborati dalla REGIONE PIEMONTE (1984).



Una prima elaborazione è stata effettuata valutando il carico di fosforo totale sui territori dei singoli comuni considerati interamente, sia quelli del tutto compresi entro il bacino del Po, sia quelli compresi parzialmente (**tabb. 5 e 6**).

COMUNE	Carico civile (Cv)	Carico industriale (Ci)	Carico zootecnico (Cz)	Carico agricolo (Ca)	Carico naturale (Cn)	Carico totale (Ct)	Carico unitario (Cu)
Rifreddo	450	38	2254	214	29	2986	423
Envie	797	61	5182	1074	65	7179	289
Saluzzo	6292	939	8131	4162	48	19571	256
Moretta	1618	275	3458	1323	4	6679	281
Villafranca Piemonte	1937	182	7938	2431	43	12531	247
Scarnafigi	734	87	4864	1694	16	7396	244
Manta	1319	142	686	609	15	2772	230
Torre San Giorgio	281	49	489	280	3	1102	214
Revello	1666	217	6443	2577	80	10982	209
Carde'	441	37	2387	1027	12	3903	201
Sanfront	1280	116	5282	738	196	7612	191
Verzuolo	2413	615	601	1189	46	4863	189
Campiglione Fenile	482	82	870	578	5	2017	185
Cavour	2114	202	4003	2674	12	9005	185
Villanova Solaro	320	53	1488	811	11	2682	177
Barge	3090	336	4435	3271	250	11383	137
Bibiana	1181	102	861	757	51	2951	154
Castellar	95	4	143	163	5	409	120
Gambasca	176	11	324	109	32	651	114
Martiniana Po	366	28	557	229	86	1267	99
Bagnolo Piemonte	2558	239	1518	1324	172	5811	93
Paesana	1604	164	1833	799	245	4645	80
Pagno	206	18	111	162	55	552	65
Brondello	186	6	71	145	72	480	49
Crissolo	189	19	251	0	53	510	10
Ostana	50	4	51	30	22	157	9
Oncino	70	2	122	32	91	317	7

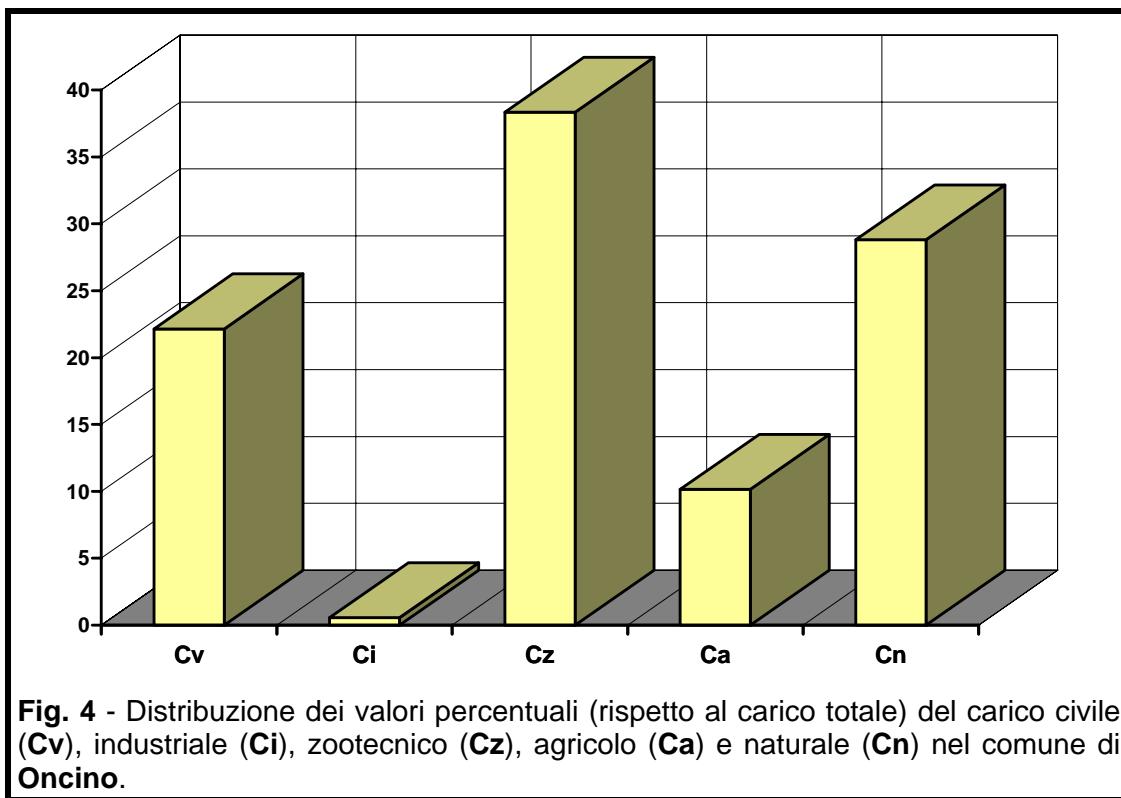
Tab. 5 - Carico di fosforo totale (kg/anno) valutato su ciascun comune del bacino imbrifero del Po dovuto alla popolazione residente ed alle presenze turistiche (Cv), alle attività industriali (Ci), alla zootecnia (Cz), all'agricoltura (Ca) ed alla cessione dei suoli naturali (Cn). Il carico totale (Ct) viene espresso anche come valore unitario (Cu) di superficie comunale (Kg/anno/km²); rispetto a quest'ultimo l'elenco dei comuni viene riportato in ordine decrescente.

COMUNE	Carico civile (% Cv)	Carico industriale (% Ci)	Carico zootecnico (% Cz)	Carico agricolo (% Ca)	Carico naturale (% Cn)
Rifreddo	15,1	1,3	75,4	7,2	1,0
Envie	11,1	0,8	72,2	15,0	0,9
Saluzzo	32,2	4,8	41,5	21,3	0,2
Moretta	24,2	4,1	51,8	19,8	0,1
Villafranca Piemonte	15,5	1,5	63,3	19,4	0,3
Sanfront	16,8	1,5	69,4	9,7	2,6
Scarnafigi	9,9	1,2	65,8	22,9	0,2
Manta	47,6	5,1	24,7	22,0	0,6
Revello	15,2	2,0	58,6	23,5	0,7
Torre San Giorgio	25,5	4,4	44,4	25,4	0,3
Verzuolo	49,7	12,6	12,4	24,4	0,9
Cardè'	11,3	0,9	61,2	26,3	0,3
Campiglione Fenile	23,9	4,1	43,1	28,7	0,2
Cavour	23,5	2,2	44,5	29,7	0,1
Bibiana	40,0	3,4	29,3	25,6	1,7
Gambasca	27,0	1,6	49,6	16,8	5,0
Villanova Solaro	11,9	2,0	55,5	30,2	0,4
Martiniana Po	28,9	2,2	44,0	18,1	6,8
Barge	27,1	3,0	39,0	28,7	2,2
Paesana	34,5	3,5	39,5	17,2	5,3
Bagnolo Piemonte	44,0	4,1	26,1	22,8	3,0
Pagno	37,3	3,3	20,0	29,4	10,0
Castellar	23,2	0,9	34,9	39,9	1,1
Brondello	38,8	1,2	14,7	30,3	15,0
Crissolo	37,0	3,6	49,1	0,0	10,3
Oncino	22,1	0,6	38,3	10,2	28,8
Ostana	32,0	2,7	32,3	19,0	14,0

Tab. 6 - Carico di fosforo totale (% rispetto al totale) valutato su ciascun comune del bacino imbrifero del Po dovuto alla popolazione residente ed alle presenze turistiche (**Cv**), alle attività industriali (**Ci**), alla zootecnia (**Cz**), all'agricoltura (**Ca**) ed alla cessione dei suoli naturali (**Cn**).

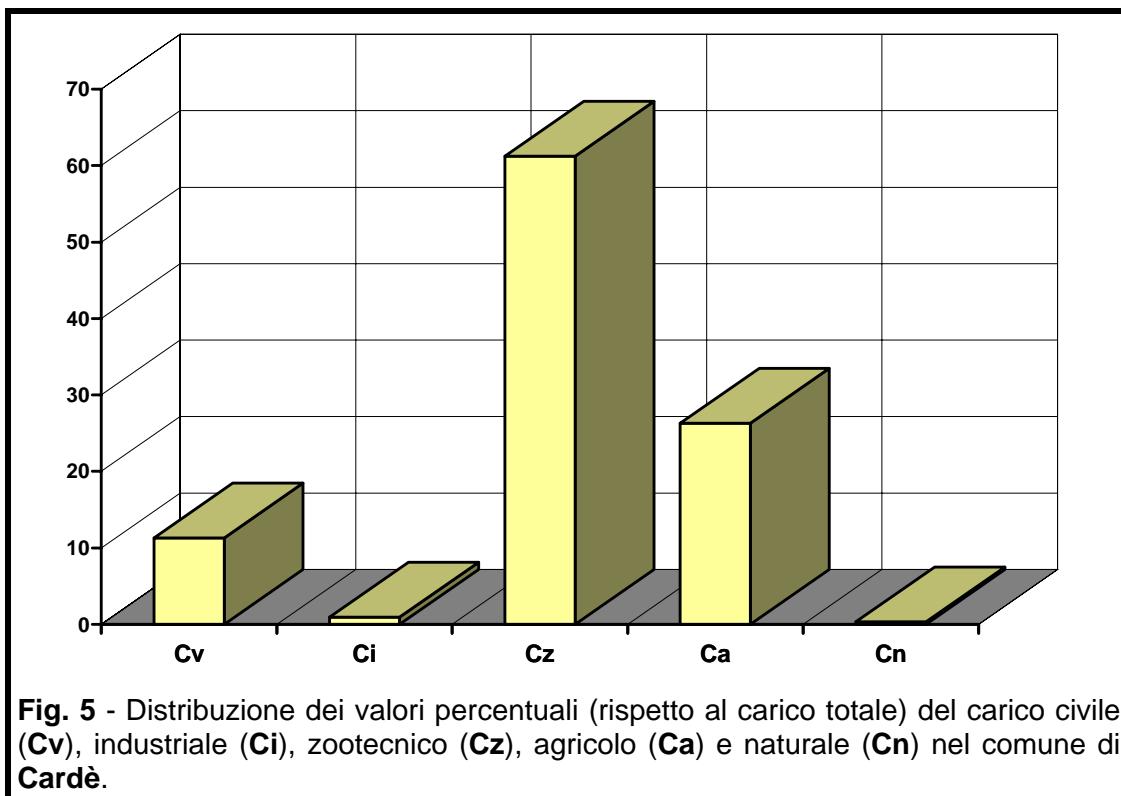
Nella maggior parte dei casi è il carico zootecnico la componente più importante rispetto al valore totale. In particolare per Rifreddo ed Envie si registra oltre il 70 %; Villafranca Piemonte, Sanfront, Svarnafigi e Cardè presentano valori pari a 50 ÷ 60 %; il carico zootecnico di Moretta, Revello e Villanova Solaro supera il 50 %. Verzuolo (49,7 %), Manta (47,6 %), Bagnolo Piemonte (44,0 %) e Bibiana (40,0 %) presentano i più elevati valori percentuali di carico civile. Il carico industriale quasi mai è rilevante; soltanto Verzuolo presenta un dato significativo, con il 12,6 %, mentre tutti gli altri comuni sono caratterizzati da valori inferiori al 5 %. Il carico agricolo più

elevato è riscontrabile a Castellar, con quasi il 40%; soltanto altri due comuni (Brondello e Villanova Solaro) presentano carichi superiori al 30%; la maggior parte dei valori sono compresi entro il 20 ÷ 30% e sono in massima parte distribuiti nel basso bacino del Po; in montagna i valori si abbassano decisamente fino al limite dello 0% a Crissolo. Infine il carico naturale risulta, in generale, piuttosto basso, sia perché la cessione dei suoli è alquanto modesta per sua natura, sia perché, soprattutto verso la pianura, diminuiscono le aree poco o nulla antropizzate; queste sono invece assai più diffuse in montagna; infatti i più elevati carichi naturali si riscontrano per i comuni (Brondello, Crissolo, Oncino Ostana) che presentano i più bassi carichi unitari. A titolo di esempio nelle **figg. 4 ÷ 6** sono illustrate le distribuzioni percentuali dei diversi carichi relativi ai comuni di Oncino (caratterizzato dal più elevato carico naturale), Cardè (con un elevato carico zootecnico) e Verzuolo (i più elevati carichi civile e industriale).



Il **Carico unitario (Cu)** è il rapporto tra il carico totale (C_t) e la superficie del territorio comunale espressa in km^2 . L'utilità del carico unitario può essere spiegata con un esempio. Saluzzo presenta il più elevato carico totale $C_t = 19.571$ kg/anno, quasi sette volte superiore a quello di Rifreddo con 2.986 kg/anno; ciò vorrebbe dire che l'insieme degli impatti sul primo

Comune è molto più rilevante rispetto al secondo. In realtà la superficie comunale di Saluzzo è più grande di quella di Rifreddo; quindi per un confronto attendibile conviene esprimere il carico totale in rapporto alla superficie unitaria; in tal modo la situazione si rovescia; infatti si ottiene un valore $Cu = 256 \text{ kg/anno/km}^2$ di Saluzzo, il 40 % inferiore a quello (423 kg/anno/km^2) di Rifreddo. Quindi il valore di Cu è quello più rappresentativo per ordinare i Comuni in senso decrescente rispetto al contributo di carico totale di fosforo rappresentativo dell'insieme dei fenomeni naturali ed antropici presenti sul territorio.



In particolare Rifreddo si distingue dagli altri (soprattutto per l'elevato carico zootecnico), ma sono numerosi i comuni con Cu elevati (superiori a 200 kg/anno/km^2): Envie, Saluzzo, Moretta, Villafranca Piemonte, Scarnafigi, Manta, Torre San Giorgio, Revello e Cardè. Sono territori molto antropizzati con elevati carichi civili (Manta, Verzuolo, Bibiana, Bagnolo Piemonte), agricoli (Villanova Solaeo, Castellar, Brondello) e zootecnici (Rifreddo, Envie, Sanfront, Scarnafigi, Villafranca Piemonte, Cardè), risultando poco significativi quelli industriali (con l'unica eccezione di Verzuolo).

Valori inferiori a 100 kg/anno/km^2 si riscontrano per Martiniana Po,

Bagnolo Piemonte, Paesana, Pagno e Brondello. Per essi ad esclusione di Bagnolo Piemonte (con carico civile pari al 44,0 %) la componente più rilevante è dovuto alla zootecnia ($Cz = 20 \div 45 \%$) ed in buona parte ai suoli agricoli ($Ca = 20 \div 30 \%$). Si tratta infatti di territori meno antropizzati con carichi civili incrementati soprattutto dalle presenze turistiche e con valori molto bassi di carico industriale. Decisamente bassi risultano i carichi unitari di Crissolo (10 kg/anno/km²), Ostana (9 kg/anno/km²) ed Oncino (7 kg/anno/km²).

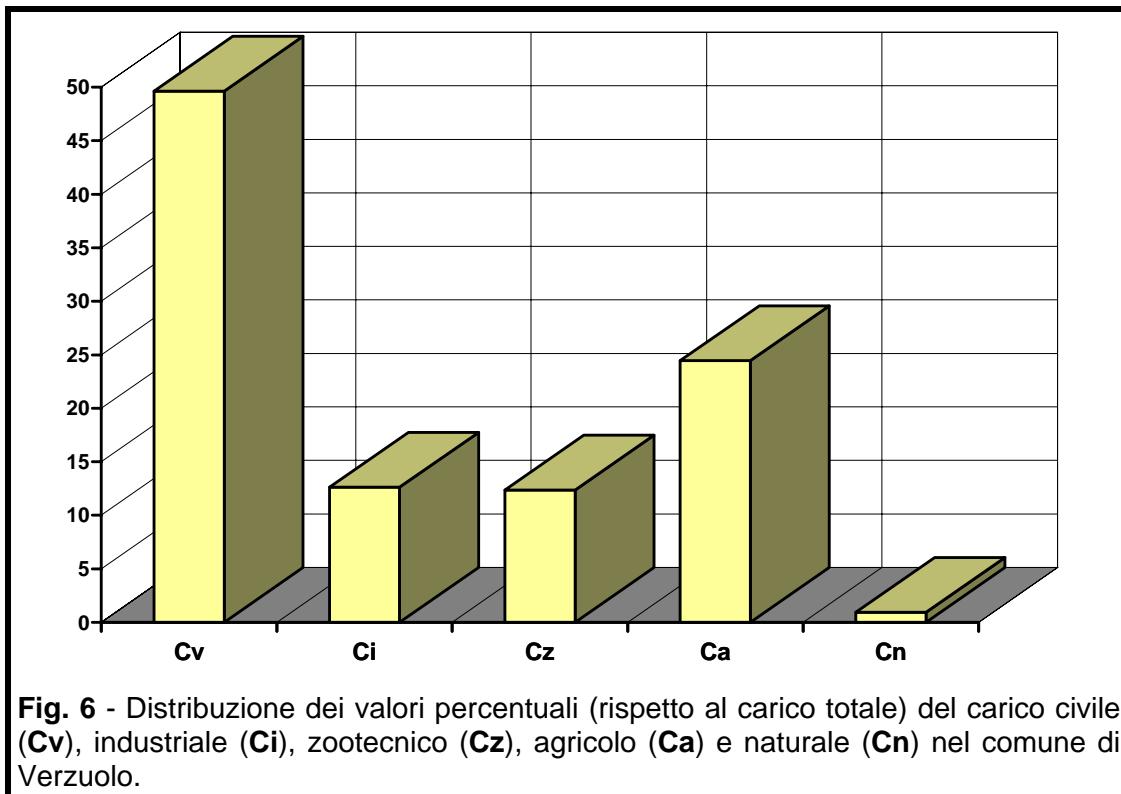


Fig. 6 - Distribuzione dei valori percentuali (rispetto al carico totale) del carico civile (**Cv**), industriale (**Ci**), zootecnico (**Cz**), agricolo (**Ca**) e naturale (**Cn**) nel comune di Verzuolo.

I diversi valori parziali di carico di fosforo, calcolati in riferimento ai diversi territori comunali, sono stati stimati anche per i territori costituenti i bacini imbriferi sottesi alle diverse sezioni di riferimento 1 \div 16 (**tabb. 7 e 8**). Questo lavoro è finalizzato alla determinazione del livello di qualità delle acque del reticolo idrografico del Po; pertanto i valori di carico totale di fosforo si sono riferiti in funzione delle portate medie annue stimate in corrispondenza delle diverse sezioni di riferimento (**tab. 2**); in pratica il rapporto tra il carico totale annuo (espresso in mg o in μg) e il volume medio annuo d'acqua (espresso in m³ o in litri) che passa attraverso la sezione di riferimento (la portata media annua moltiplicata per il numero di secondi in un anno). Il rapporto **CT/Q** che così si ottiene esprime la "teorica"

concentrazione media annua di fosforo totale che si dovrebbe riscontrare nelle acque in corrispondenza di quella sezione.

SEZIONI	S	Q	Cv	Ci	Cz	Ca	Cn	Ct	Cu	Ct/Q
01-Po	37	1,2	142	14	188	0	39	383	8	10
02-Po	68	2,1	239	23	301	30	75	668	20	10
03-Po	150	4,3	1914	188	2256	861	411	5630	106	41
04-Po	193	5,7	4186	381	10673	2153	754	18146	933	99
05-Po	306	7,2	18100	2297	33531	13808	1361	69097	2334	298
06-Po	632	11,9	27015	3338	51197	22515	1571	105636	3615	275
07-Tossiet	19	0,6	60	6	75	7	19	167	5	9
08- Lenta	52	1,3	70	2	122	32	91	317	7	8
09-Croesio	17	0,3	433	42	1067	231	66	1839	41	190
10-Bronda	31	0,4	1116	121	1137	887	137	3398	259	263
11-Torto	37	0,4	6663	1105	5955	3879	74	17675	507	1370
12-Ghiandone	133	2,3	4423	455	10766	4798	341	20782	573	280
13-Ghiandone	79	1,4	2960	296	8287	3364	240	15147	385	335
14-Grana	32	0,6	1130	115	1191	919	85	3439	46	178
15-Riosecco	33	0,4	1332	129	1051	857	94	3463	51	268
16-Cantogno	63	1,0	3065	296	4411	3127	63	10961	376	340

Tab. 7 - Superficie bacini imbriferi (**S**; km^2) sottesi alle diverse sezioni di riferimento (01 ÷ 16) e relative portate medie annue (**Q**; m^3/sec). Carico di fosforo totale (kg/anno) dovuto alla popolazione residente ed alle presenze turistiche (**Cv**), alle attività industriali (**Ci**), alla zootecnia (**Cz**), all'agricoltura (**Ca**) ed alla cessione dei suoli naturali (**Cn**). Il carico totale (**Ct**) viene espresso anche come valore unitario di superficie di bacino sotteso (**Cu** = Ct/S ; $\text{Kg}/\text{anno}/\text{km}^2$) e come rapporto rispetto alla portata media annua (**Ct/Q** | $\mu\text{g}/\text{l}$ = mg/m^3).

Occorre subito ribadire che il rapporto CT/Q non è un valore che ha la pretesa di rappresentare realmente il livello di eutrofizzazione delle acque. Le concentrazioni reali di fosforo totale e di altri nutrienti sono il risultato dell'interazione di un insieme molto complesso di fattori ambientali naturali ed antropici che non può essere rappresentato da un modello molto semplice come quello adottato. Tuttavia il CT/Q si rivela utile perché permette un confronto fra diverse porzioni di territorio fondato su un solo tipo di espressione. Soprattutto risulta molto valido il confronto con il volume rappresentato dai deflussi. A questo proposito è interessante determinare la concentrazione media teorica di fosforo totale nelle acque in corrispondenza di una ipotetica sezione il cui bacino sotteso risulti per nulla antropizzato. Con una simile ipotesi si considera unicamente il carico naturale $\text{Cn} = \text{Ct}$ pari a 0,1 $\text{kg}/\text{ha}/\text{anno} = 10 \text{ kg}/\text{km}^2/\text{anno}$ ($10^{10} \mu\text{g}/\text{km}^2/\text{anno}$); se tale valore viene rapportato con la portata media annua specifica dell'intero bacino del PO alla sezione 6 (18,8 $\text{l}/\text{sec}/\text{km}^2$ moltiplicato 31.536.000 secondi in un anno), si

ottiene $CT/Q = 16,9 \mu\text{g/l}$, che esprime la concentrazione di fosforo totale teoricamente presente nelle acque del reticolo idrografico del Po in assenza di antropizzazione.

SEZIONI	Carico civile (% C_v)	Carico industriale (% C_i)	Carico zootecnico (% C_z)	Carico agricolo (% C_a)	Carico naturale (% C_n)
01-Po	37,0	3,6	49,1	0,0	10,3
02-Po	35,8	3,4	45,1	4,5	11,2
03-Po	34,0	3,3	40,1	15,3	7,3
04-Po	23,1	2,0	58,8	11,9	4,2
05-Po	26,2	3,3	48,5	20,0	2,0
06-Po	25,5	3,2	48,5	21,3	1,5
07-Tossiet	35,8	3,4	45,1	4,5	11,2
08-Lenta	22,1	0,6	38,3	10,2	28,8
09-Croesio	23,5	2,3	58,1	12,5	3,6
10-Bronda	32,8	3,6	33,5	26,1	4,0
11-Torto	37,7	6,3	33,7	21,9	0,4
12-Ghiandone	21,3	2,2	51,8	23,1	1,6
13-Ghiandone	19,5	2,0	54,7	22,2	1,6
14-Grana	32,9	3,3	34,6	26,7	2,5
15-Riosecco	38,6	3,7	30,3	24,7	2,7
16-Cantogno	28,0	2,7	40,2	28,5	0,6

Tab. 8 - Distribuzioni percentuali dei diversi tipi di carichi (**C_v**, **C_i**, **C_z**, **C_a** e **C_n**) rispetto a quello totale (**C_t**) per i diversi bacini sottesi alle sezioni di riferimento (01 ÷ 16) considerate.

Questo dato è particolarmente interessante; rappresenta una situazione teorica senza impatti dovuti alle attività umane. Alcuni bacini potrebbero teoricamente presentare valori anche leggermente inferiori alla decina con la semplice ipotesi di presenza di terreni particolarmente poveri, scarsamente soggetti ad alterazione chimica e con suoli poco sviluppati e/o caratterizzati da portate specifiche più elevate. Il limite inferiore generico del rapporto Ct/Q può quindi essere ritenuto dell'ordine delle unità di $\mu\text{g/l}$ di fosforo totale, mentre nel caso specifico del bacino del Po è compreso nell'intervallo $10 \div 20 \mu\text{g/l}$. Facendo alcuni esempi, è risultato oltre 16 t/anno il carico complessivo di fosforo totale del bacino (circa 500 km^2) della Dora Riparia a monte di Pont Ventoux (C.R.E.S.T., 1990); sul Sesia, con un bacino di analoghe dimensioni, è stato stimato un carico di circa 10 t/anno (C.R.E.S.T., 1988); sul Pellice, con un bacino di circa 250 km^2 , è stato riscontrato un carico di 31 t/anno (FORNERIS ed Altri, 1990); sul Ceronda, alla confluenza con lo Stura di Lanzo, presso Venaria (182 km^2), è stato stimato un carico di oltre 130 t/anno (FORNERIS, PEROSINO, 1990). Il

carico del Po alla foce è di circa 25.000 t/anno (IRSA, 1977; MARCHETTI, 1987). Le concentrazioni sono risultate pari a di 30 $\mu\text{g/l}$ per il Sesia a Borgosesia, 50 $\mu\text{g/l}$ per la Dora Riparia a Pont Ventoux, 150 $\mu\text{g/l}$ per il Pellice, 600 $\mu\text{g/l}$ per il Ceronda e 500 $\mu\text{g/l}$ per il Po alla foce.

FORNERIS ed Altri (1990) affermano che i contributi medi annui su unità di superficie "P" dei bacini piemontesi variano, grosso modo, da $5 \cdot 10^8$ l/anno/km² (pianura orientale) a $1,5 \cdot 10^9$ l/anno/km² (Alpi Nord-orientali). La situazione ipotetica naturale con impatti antropici praticamente nulli prevede una carico di fosforo totale "Cp" dovuto unicamente alla cessione dei terreni inculti che, come sopra citato, è stata valutata in 0,1 kg/ha/anno = 10^{10} $\mu\text{g/km}^2/\text{anno}$. Pertanto il rapporto "Cp/Q" può variare da minimi di 5 a massimi di 20 $\mu\text{g/l}$ di concentrazione media annua teorica di fosforo totale nelle acque in ecosistemi fluviali i cui bacini non sono sottoposti ad impatti antropici significativi. Secondo i suddetti Autori potrebbero essere ritenuti bacini soggetti a carichi antropici di una certa rilevanza quelli che risultano con rapporto "Cp/Q" entro lo stesso ordine di grandezza e comunque non superiore a 100 $\mu\text{g/l}$. Tutti i bacini per i quali vengono stimati valori di ordine di grandezza superiori sono da ritenere soggetti ad un elevato carico antropico; all'interno di questa ultima categoria potrebbero essere distinti quelli con rapporti "Cp/Q" leggermente superiori al valore rappresentativo del bacino del Po (assunto come medio di una situazione ambientale molto alterata). Quindi in linea di massima per i bacini maggiormente antropizzati, caratterizzati dai massimi livelli di alterazione della qualità delle acque, si potrebbero riscontrare concentrazioni teoriche medio annue di fosforo totale dell'ordine delle migliaia di $\mu\text{g/l}$.

I dati rappresentati nelle **tabb. 7 e 8** sono stati riportati sulle **figg. 7 ÷ 9**, tutte con la stessa ascissa rappresentante le sezioni di bacini sottesi a quelle **1 ÷ 6** sull'asta fluviale del Po. In **fig. 7** è stato raffigurato l'andamento dei valori assoluti (kg/anno) dei carichi di fosforo delle diverse origini (**Cv, Ci, Cz, Ca e Cn**); i singoli valori sono cumulati e la linea che rappresenta Cn raffigura anche il carico totale Ct. In **fig. 8** gli stessi carichi vengono espressi percentualmente rispetto al totale; in questo caso ciascuno di essi è rappresentato da una fascia anziché da una linea; con questo diagramma si è ottenuto l'appiattimento dei valori assoluti (troppo diversi fra loro da monte a valle) e l'esaltazione delle differenze fra i diversi tipi di contributi al carico totale. In **fig. 9** viene semplicemente riportato l'andamento della concentrazione teorica media annua di fosforo totale nelle acque del Po da monte a valle. Valgono pertanto le seguenti osservazioni:

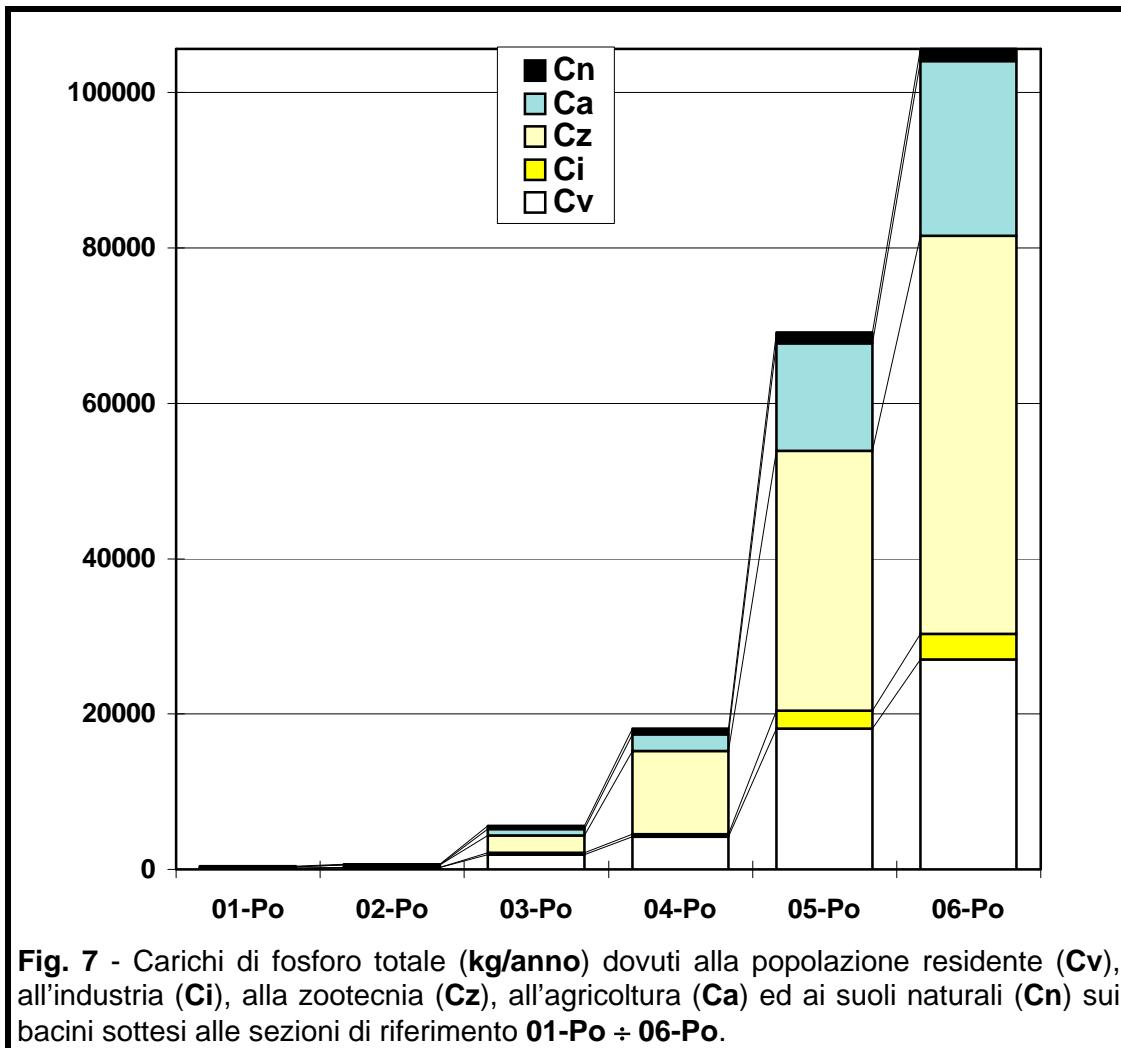


Fig. 7 - Carichi di fosforo totale (kg/anno) dovuti alla popolazione residente (Cv), all'industria (Ci), alla zootecnia (Cz), all'agricoltura (Ca) ed ai suoli naturali (Cn) sui bacini sottesi alle sezioni di riferimento 01-Po ÷ 06-Po.

- I bacini che presentano i più bassi valori di Ct/Q (inferiore a 10 $\mu\text{g/l}$) sono il Tossiet ed il Lenta. Si tratta di corsi d'acqua alimentati da bacini scarsamente antropizzati e che pertanto potrebbero consentire il mantenimento di una elevata qualità delle acque superficiali; entrambi sono in parte condizionati da un carico zootecnico intorno al 40 %, ma si tratta di una percentuale su un carico totale assai modesto, tanto che, per esempio, il Tossiet presenta un carico unitario pari a 167 kg/anno/km², il più basso rispetto all'intero bacino del Po. Il Lenta è in parte condizionato da un carico civile significativo (35,8 %), valore che diventerebbe pari alla metà in assenza del turismo. Questi due bacini inoltre sono anche quelli che presentano le maggiori percentuali di carico naturale. Tutti gli altri tributari del Po presentano valori relativamente elevati di concentrazione teorica media annua di fosforo totale (oltre 150 $\mu\text{g/l}$).

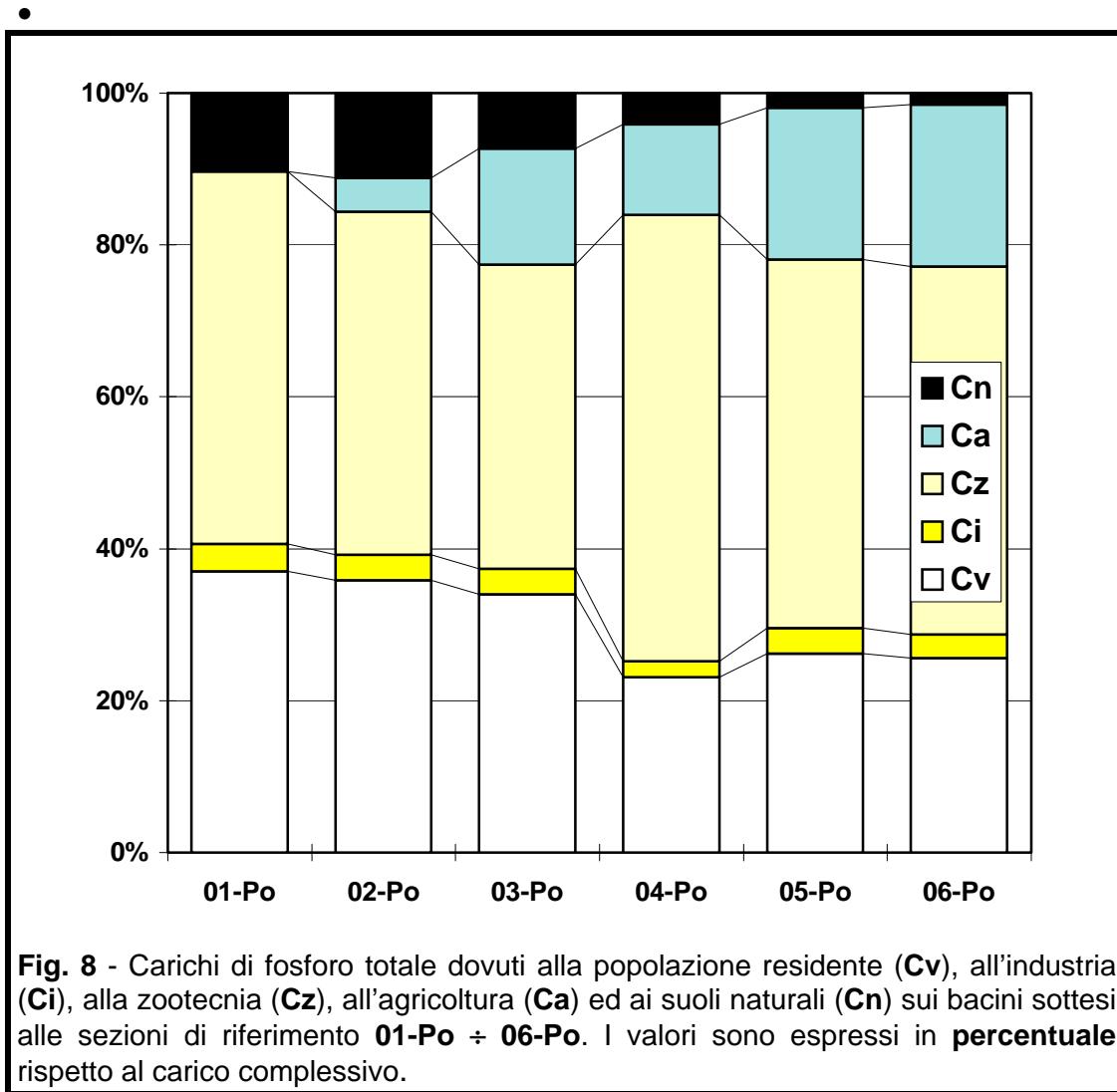
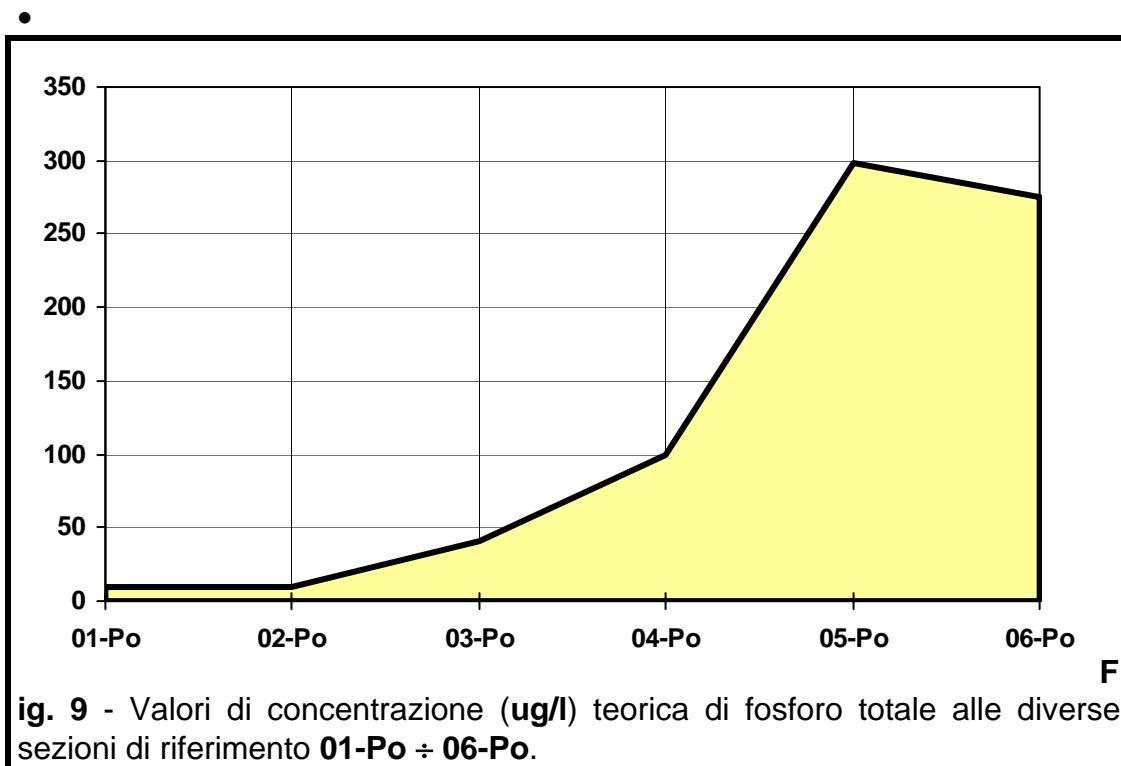


Fig. 8 - Carichi di fosforo totale dovuti alla popolazione residente (**Cv**), all'industria (**Ci**), alla zootecnia (**Cz**), all'agricoltura (**Ca**) ed ai suoli naturali (**Cn**) sui bacini sottesi alle sezioni di riferimento **01-Po** ÷ **06-Po**. I valori sono espressi in percentuale rispetto al carico complessivo.

- Il bacino che presenta il più elevato valore di concentrazione teorica media annua di fosforo totale è il Torto (sezione 11; confluenza con il Po nel Comune di Saluzzo) con ben 1.370 µg/l. Questo elevato valore è da attribuire al fatto che il territorio contribuente è quasi totalmente impostato sulla pianura, con carichi notevoli per la popolazione residente e per le attività zootecniche e con valori significativi anche del carico agricolo (fra tutte le sezioni considerate risulta il più basso carico naturale nel bacino del Po). Il Cantogno e il Ghiandone presentano concentrazioni teoriche medie annue di fosforo totale superiore a 300 µg/l, valore da ritenersi rappresentativo di un carico abbastanza elevato. Da segnalare infine il Bronda ed il Riosecco caratterizzati da valori superiori a 200 µg/l, mentre al

di sotto di tale limite si trovano il Croesio ed il Grana.



- Il corso del Po presenta valori Ct/Q pari a $10 \mu\text{g/l}$ fino alla confluenza con il Lenta; quest'ultimo contribuisce con acque di buona qualità, tanto che immediatamente a valle la concentrazione teorica di fosforo totale aumenta di poco ($41 \mu\text{g/l}$, presso la sezione 3) e ciò nonostante l'attraversamento del territorio comunale di Paesana che pure presenta una carico complessivo non trascurabile. Verso valle la situazione tende a peggiorare con aumento dei valori fino a quasi $100 \mu\text{g/l}$ presso la sezione 4; si tratta tuttavia di un valore ancora modesto rispetto al deterioramento spiccato che caratterizza il corso di pianura, dove la concentrazione teorica media annua di fosforo totale raggiunge valori vicini a $300 \mu\text{g/l}$.
- In linea di massima nella porzione montana del bacino prevalgono i carichi dovuti alle attività zootecniche ed ai suoli naturali, mentre il carico industriale è sempre su valori trascurabili. Verso la pianura (da Paesana) si conferma la consistenza del contributo dovuto alla zootecnia e assumono maggiore importanza i carichi agricolo e civile.

5 – QUALITÀ CHIMICA DELLE ACQUE

I campionamenti relativi alla qualità fisica e chimica delle acque presso le sezioni S1 ÷ S16 (**fig. 1**) sono stati effettuati con una prima campagna nel periodo 21 ÷ 29 luglio 1997. La seconda campagna è stata effettuata nei giorni 27 e 28 dicembre 1997. La scelta dei periodi sopra indicati deriva dalla necessità di effettuare i prelievi in condizioni di magra idrologica, sia per la facilitare le operazioni “su campo”, sia per meglio mettere in evidenza eventuali situazioni di stress ambientali che, normalmente, si manifestano più facilmente quando minori portate garantiscono, in modo meno efficace, i processi di autodepurazione più direttamente legati al fattore “diluizione”. Durante la prima campagna inoltre, presso le sezioni di riferimento previste, sono state effettuate misure di portata (**tab. 9**) mediante lo strumento HYDRO - BIOS KIEL (KIEL - Holtenau - Germany) caratterizzato da un livello di precisione intorno a ± 5 l/sec fino a misure di portate di 100 l/sec, $\pm 10 \div 70$ l/sec fino a misure di $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ e al 10 % per portate superiori; si tratta di un livello di precisione e di affidabilità ampiamente sufficiente per valutazioni generali e soprattutto di carattere biologico - ambientali.

sezioni	fiumi	comuni	località	m s.l.m.	Q	q_{355}	DMV
S1	Po	Crissolo	Cortili	1.135	70	350	242
S2	Po	Paesana	Boschetto	810	350	410	240
S3	Po	Sanfront	P.te Rocchetta	524	280	750	446
S4	Po	Martiniana	P.te Martiniana	375	370	940	608
S5	Po	Cardè	Le Budre	256	1.900	1.290	910
S6	Po	Villafranca	Fontana Amici del Po	245	4.500	2.520	1.906
S7	Tossiet	Crissolo	Marchetti	1.135	40÷69	120	70
S8	Lenta	Oncino	Boschetto	810	310	250	227
S9	Croesio	Sanfront	Croesio	524	20÷30	20	20
S10	Bronda	S. Anna	S. Anna	278	30÷40	30	26
S11	Torto	Saluzzo	Villa Roccabiglieri	270	5	40	31
S12	Ghiandone	Barge	Le Budre	256	2.350	290	233
S13	Ghiandone	Barge	confl. Grana	259	1.300	160	125
S14	Grana	Barge	C.na Thorosana	259	20	50	36
S15	Riosecco	Barge	C.na Belvedere	255	25÷30	40	30
S16	Cantogno	Villafranca	P.te Prov. Vardè-Vill.	250	1.700	90	78

Tab. 9 - Elenco stazioni presso le quali sono state effettuati campionamenti relativi alla qualità fisica e chimica delle acque. Sono anche riportate le misure di portata (Q; l/sec) effettuate durante la campagna del 21÷29 luglio 1997 e, per confronto, le portate di durata di 355 giorni (q_{355} ; l/sec) e del deflusso minimo vitale (DMV; l/sec) desunte dal **cap. 3**.

I prelievi dei campioni d'acqua nei corpi idrici considerati (**fig. 1**) sono stati effettuati con la bottiglia di Ruttner, in corrispondenza del filone centrale della corrente, alla profondità di 10 ÷ 15 centimetri. Nelle stazioni di prelievo in cui è stato impossibile il campionamento secondo le modalità indicate (per esempio portata troppo elevata come nel caso del Po a Villafranca) si è operato in modo da mantenere la rappresentatività del prelievo effettuato. A prelievo effettuato le bottiglie venivano sigillate e conservate al buio in un contenitore refrigerato fino al momento delle analisi in laboratorio. Alcune valutazioni (pH, temperatura, conducibilità e ossigeno dissolto) venivano effettuate direttamente sul corso d'acqua con appositi strumenti portatili e precisamente:

- pH Meter della HANNA Instruments HI 9025
- Konductivity Meter della HANNA Instruments HI 8733
- Oxygen Meter della HANNA Instruments HI 9143

In sintesi, considerando anche i parametri determinati in laboratorio, per ogni campione d'acqua relativo a ciascuna delle sedici sezioni di riferimento considerate, si sono determinate le seguenti variabili chimiche:

- **temperatura**: influenza su tutte le cinematiche e sulla solubilità dei gas;
- **pH**: dipende dai soluti presenti in acqua e dalle attività degli organismi;
- **conducibilità**: funzione della composizione salina;
- **ossigeno**: in quanto le variazioni di tale gas respiratorio possono dipendere in modo diretto da impatti più o meno gravi;
- **BOD e COD**: atti a definire la "domanda" di ossigeno per processi chimici e biologici;
- **bilancio ionico**: essenzialmente cloruri, solfati, sodio, potassio, calcio e magnesio;
- **azoto**: ammoniaca, nitriti, nitrati e azoto organico;
- **fosforo**: solubile e totale, fattore limitante della maggior parte dei processi di eutrofizzazione.
- **metalli pesanti**: rame, nichel, zinco, piombo, cromo ed arsenico.

Tutti i risultati delle analisi di laboratorio effettuati sui 32 campioni rilevati nelle due campagne del 21 ÷ 29 luglio e del 27 ÷ 28 dicembre 1997 sulle 16 sezioni di riferimento considerate, sono riportati sulle **tabb. 10 e 11**.

PH. Risultano valori compresi entro l'intervallo 6 ÷ 9, indicato dal D.L. 130/92 per l'idoneità alla vita dei pesci. I valori debolmente acidi (6,4 ÷ 6,8) riscontrati per il Riosecco, il Grana ed il Ghiandone, sono probabilmente da attribuirsi ad

un maggiore carico organico (a tali sezioni corrispondono i più elevati valori di COD e BOD), conseguenza dell'immissione di canali irrigui scorrenti su aree con forte carichi agricolo e zootecnico.

CONDUCIBILITÀ. Parametro in relazione con il livello di mineralizzazione delle acque. Si sono riscontrati valori abbastanza elevati, ma entro i limiti di accettabilità relativi ad acque non inquinate.

TEMPERATURA. Neppure in piena estate è stato raggiunto il valore 21,5 °C, quale limite più restrittivo indicato dal D.L. 130/92.

OSSIGENO. Si sono riscontrati sempre valori ampiamente superiori ai limiti indicati dal D.L. 130/92 (50 % di saturazione).

CLORURI. I dati oscillano da minimi di 10 ÷ 20 mg/l per la testata del bacino del Po a massimi di 40 ÷ 60 mg/l per la porzione di pianura.

SOLFATI. I dati oscillano da minimi inferiori a 10 mg/l per il Po a Paesana e per il Tossiet, a massimi superiori a 40 mg/l per il Po a Crissolo e per il Riosecco. Si segnala il valore di 56 mg/l riscontrato in estate sul Po a Cardè.

AMMONIACA. Il D.L. 130/92 indica il valore imperativo di 1 mg/l quale concentrazione massima per l'idoneità delle acque alla vita dei pesci, mentre l'approvvigionamento idrico potabile di classe 3 (D.P.R. 515/82) pone il limite superiore di 4 mg/l. Nel bacino del Po sono risultati minimi inferiori a 0,1 mg/l e massimi relativamente elevati sul basso corso del Po e sul Bronda.

NITRITI. Il D.L. 130/92 fissa in 0,88 e 1,77 mg/l i limiti imperativi per le acque salmoniche e cipriniche. I nitriti risultano in concentrazioni inferiori 0,01 mg/l nell'alto bacino del Po. Presso le altre sezioni risultano in concentrazioni inferiori ai limiti suddetti. Solo sul Bronda si è riscontrato un valore elevato (1,4 mg/l).

NITRATI. Le concentrazioni sono risultate inferiori a 10 mg/l nell'alto bacino del Po. Il corso principale ed i suoi affluenti nella porzione di pianura presentano invece valori più elevati, in genere superiori a 20 mg/l, fino ai massimi di 46 mg/l nell'inverno sul Ghiandone e 59 mg/l sul Grana nel dicembre. E' possibile verificare un chiaro incremento dei valori sul corso del Po (**fig. 10**) dalle origini verso valle, in stretta correlazione con l'incremento dei carichi descritto in **tab. 7**.

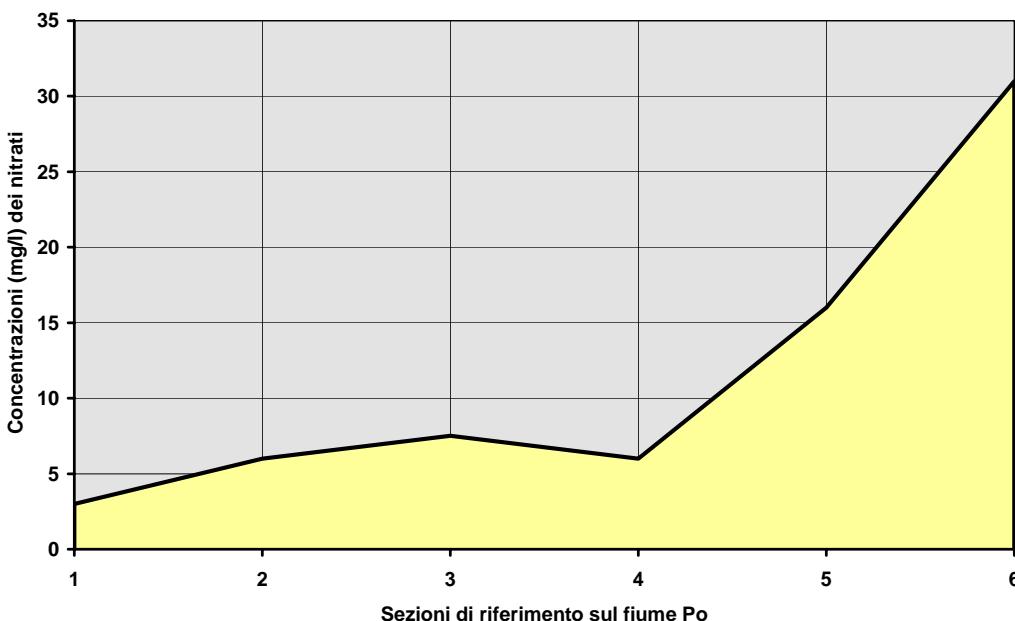


Fig. 10 - Andamento delle concentrazioni dei nitrati (medie di dati ottenuti dalle due campagne di rilevamento) lungo il corso del fiume Po.

AZOTO ORGANICO. Esso risulta quasi sempre assi modesto. Sono da segnalare il Bronda (0,3 mg/l in dicembre) ed il Po a Cardè (0,3 mg/l nello stesso mese) e a Martiniana (0,6 mg/l nella stessa campagna).

FOSFATI. Quasi tutti i valori sono risultati modesti (inferiori a 0,5 mg/l). Sono da segnalare il Bronda (con 0,9 mg/l in luglio), il Torto (con 1,5 mg/l nello stesso mese) ed il Po a Cardè con ben 17,2 mg/l (nella stessa campagna).

FOSFORO TOTALE. La tab.7 riporta i valori teorici determinati sulla base delle stime dei carichi che dovrebbero essere correlati con quelli ottenuti sperimentalmente con le analisi di laboratorio. Tuttavia, come già rilevato, le derivazioni idriche sconvolgono l'idrologia del bacino tanto che, in molti corsi naturali scorre acqua proveniente da altri bacini. In ogni caso è possibile (fig. 11) evidenziare un certo riscontro in quanto i valori misurati, relativi alle sezioni che sottendono bacini meno antropizzati sono più bassi. Nei corsi d'acqua di pianura, invece, si riscontrano valori superiori e, come atteso, ancora più elevati (superiori ai limiti del D.L. 130/92) sul Bronda e sul Torto.

CALCIO, MAGNESIO, SODIO E POTASSIO. Non si riscontrano andamenti particolari o correlazioni con altri parametri ambientali o con situazioni di alterazione. Si tratta comunque di valori complessivamente elevati, coerentemente con quelli riscontrati per la conducibilità.

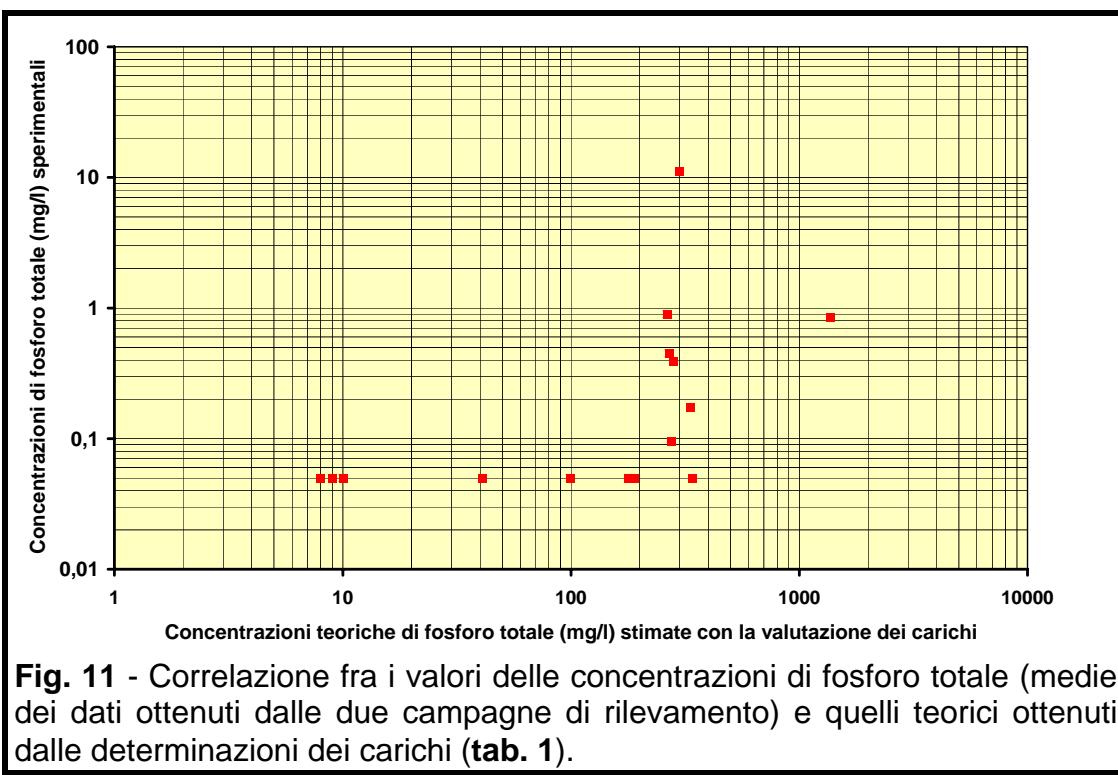


Fig. 11 - Correlazione fra i valori delle concentrazioni di fosforo totale (medie dei dati ottenuti dalle due campagne di rilevamento) e quelli teorici ottenuti dalle determinazioni dei carichi (**tab. 1**).

METALLI PESANTI. Sono da escludere situazioni di inquinamento dovute ai metalli pesanti monitorati, spesso presenti solo ai limiti della rilevabilità analitica. Fa eccezione lo zinco con valori spesso superiori al limite di 300 $\mu\text{g/l}$ (limite indicato dal D.L. 130/92 per le acque salmonicole) o addirittura 400 $\mu\text{g/l}$ (limite indicato dal D.L. 130/92 per le acque ciprinicole). Il dato più elevato (510 $\mu\text{g/l}$) si è riscontrato sul Cantogno. Anche il rame, seppure in misura inferiore, costituisce una eccezione; esso si trova in concentrazioni superiori al limite indicato dal D.L. 130/92 presso la maggior parte delle sezioni. Si tratta di una situazione che richiederebbe un approfondimento.

Utilizzando gli criteri indicati dalla REGIONE PIEMONTE (1992) per la classificazione della qualità chimica delle acque in funzione degli usi e sulla base dei valori riportati nelle **tabb. 10** e **11**, si è proceduto alla classificazione della qualità chimica dei corpi idrici nelle classi A ÷ B (**tabb. 12** e **13** e **fig. 12**).

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
pH		8,1	8,0	7,0	8,7	7,3	7,2	7,7	8,0	7,3	7,9	8,5	7,2	6,7	6,4	6,8	6,8
conducibilità	µS/cm ²	455	291	270	250	607	512	175	275	288	323	475	485	508	380	255	255
temperatura	°C	10,4	13,2	14,2	17,5	17,5	17,7	10,6	12,2	12,4	16,5	18,4	15,5	13,5	16,0	14,5	14,5
ossigeno	mg/l	10,2	10,1	9,7	7,8	11,1	10,1	10,8	9,6	10,6	8,9	9,8	10,5	9,5	8,1	7,9	7,9
ossigeno	% satur.	101,3	106,5	99,9	86,4	121,5	99,2	107,4	99,8	105,9	94,6	110,6	110,6	99,1	87,1	81,4	81,4
cloruri	mg/l	13	21	19	28	42	34	18	23	26	48	37	34	41	39	38	38
solfati	mg/l	11	9	14	11	56	27	13	29	18	24	29	31	23	18	53	53
ammoniaca	mg NH ₄ ⁺ /l	< 0,1	< 0,1	0,2	0,4	0,37	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,8	0,5	0,3	0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1
nitriti	mg NO ₂ ⁻ /l	< 0,01	< 0,01	0,04	< 0,01	0,04	0,03	0,02	< 0,01	0,02	0,54	0,12	< 0,01	0,04	0,01	0,18	0,18
nitrati	mg NO ₃ ⁻ /l	4	7	10	8	14	29	14	5	9	26	23	30	35	48	27	27
azoto organico	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
fosforo solubile	mg/l	< 0,1	< 0,01	< 0,1	< 0,1	17,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,9	1,5	0,37	< 0,1	< 0,1	0,5	0,5
fosforo totale	mg P ₂ O ₅ /l	< 0,1	< 0,01	0,1	< 0,1	21,8	0,18	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,2	1,6	0,48	< 0,1	< 0,1	0,8	0,8
calcio	mg/l	37,2	19,2	14,4	15,6	32,8	28,1	12,4	20,0	22,0	29,6	32,0	49,2	22,8	26,0	32,0	32,0
magnesio	mg/l	3,6	6,0	6,5	3,3	4,5	5,1	3,8	7,9	3,9	4,2	4,3	10,8	12,0	8,9	9,6	9,6
sodio	mg/l	11,5	7,3	6,8	6,6	17,2	12,9	6,9	7,4	7,4	8,1	12,0	11,6	12,8	9,5	11,4	11,4
potassio	mg/l	1,7	1,1	1,0	1,4	3,6	0,9	1,4	1,6	1,6	1,5	1,2	1,1	0,9	1,3	0,8	0,8
cromo	µg/l	9	6	< 1	< 1	2	< 1	< 1	3	< 1	< 1	4	< 1	< 1	3	3	
nichel	µg/l	60	26	4	< 1	9	83	18	9	6	7	19	9	19	8	8	8
piombo	µg/l	4	< 1	3	< 0,1	4	14	8	< 1	12	20	5	3	< 1	< 1	4	4
rame	µg/l	8	< 1	23	0,1	20	70	1	< 1	71	45	6	18	31	54	7	7
zinco	µg/l	320	410	38	440	480	340	260	300	310	490	450	369	240	390	430	430
arsenico	µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
COD	mg O ₂ /l	11	10	9	8	24	28	7	8	11	29	22	36	14	33	37	37
BOD	mg O ₂ /l	-	-	-	-	7	5	-	-	-	4	1	3	1	4	6	6

Tab. 10 - Risultati delle analisi fisiche e chimiche delle acque relative ai campionamenti effettuati sulle sezioni di riferimento **S1** ÷ **S16** nella campagna del 21 ÷ 29 luglio 1997 (analisi effettuate e certificate - N. 1015/97 - dal Laboratorio "Cesare Battisti" di Chieri - Torino).

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
pH		7,9	7,6	7,4	7,8	7,3	7,3	7,7	7,7	7,4	7,9	8,2	6,8	6,9	6,5	6,6	6,9
conducibilità	µS/cm ²	386	280	218	238	409	373	182	270	238	347	361	405	382	298	307	395
temperatura	°C	4,0	3,5	6,8	3,9	5,8	8,6	4,0	2,0	3,9	5,2	5,0	8,0	7,2	7,5	4,0	8,0
ossigeno	mg/l	10,7	12,1	11,8	13,2	10,2	10,1	10,4	12,6	13,2	12,8	14,9	9,7	10,1	9,1	8,5	10,9
ossigeno	% satur.	96	102	106	107	83	89	93	100	107	106	123	81	87	79	67	97
cloruri	mg/l	10	18	15	32	43	28	16	28	34	39	45	35	54	59	48	42
solfati	mg/l	48	20	7	23	41	21	4	23	30	18	36	22	28	11	15	4
ammoniaca	mg NH ₄ ⁺ /l	0,3	< 0,1	3,2	0,9	0,7	< 0,1	0,1	0,7	< 0,1	0,4	0,6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,3	< 0,1
nitriti	mg NO ₂ ⁻ /l	< 0,01	< 0,01	0,1	1,2	0,3	0,4	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1,4	0,7	0,1	0,2	< 0,01	0,8	< 0,1
nitrati	mg NO ₃ ⁻ /l	2	5	5	4	18	33	3	7	7	23	11	36	46	59	26	18
azoto organico	mg/l	< 0,1	< 0,1	0,2	0,6	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	0,6	< 0,1
fosforo solubile	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,4	< 0,1	0,3	0,2	< 0,1	0,1	< 0,1
fosforo totale	mg P ₂ O ₅ /l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,5	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,6	0,1	0,3	0,2	< 0,1	0,1	< 0,1
calcio	mg/l	44,3	20,2	19,3	18,4	40,5	36,2	20,1	22,6	29,2	31,4	33,4	56,2	27,9	28,0	38,5	37,3
magnesio	mg/l	4,1	7,1	6,8	3,9	6,7	6,2	4,1	7,8	3,7	3,0	4,0	12,2	10,5	8,7	14,3	7,8
sodio	mg/l	9,2	6,9	5,7	5,9	16,4	11,8	4,6	6,9	6,3	8,6	10,9	16,0	14,3	8,8	9,5	13,6
potassio	mg/l	1,0	0,9	1,0	1,1	3,1	1,1	0,9	1,4	1,3	0,9	1,1	1,4	1,0	0,9	0,8	1,9
cromo	µg/l	12	9	4	6	3	6	3	7	3	4	4	6	9	8	11	5
nichel	µg/l	22	38	14	50	17	25	10	2	18	20	7	25	24	22	9	6
piombo	µg/l	1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
rame	µg/l	64	78	62	43	36	28	50	< 1	30	62	182	9	8	60	60	8
zinco	µg/l	290	420	480	400	330	430	380	470	360	410	440	470	370	410	410	400
arsenico	µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
COD	mg O ₂ /l	14	10	17	10	35	33	28	15	27	14	8	46	55	72	72	19
BOD	mg O ₂ /l	-	-	-	1	6	3	-	-	8	-	-	12	20	24	24	3

Tab. 11 - Risultati delle analisi fisiche e chimiche delle acque relative ai campionamenti effettuati sulle sezioni di riferimento **S1** + **S16** nella campagna del 27 e 28 dicembre 1997 (analisi effettuate e certificate - N. 1004/97 - dal Laboratorio "Cesare Battisti" di Chieri - Torino).

A	Approvvigionamento idrico potabile di classe 1 (D.P.R. 515/82).
B	Approvvigionamento idrico potabile di classe 2 (D.P.R. 515/82). Acque idonee alla vita dei pesci (valori più restrittivi del D.L. 130/92).
C	Approvvigionamento idrico potabile di classe 3 (D.P.R. 515/82). Acque idonee alla vita dei pesci (valori meno restrittivi del D.L. 130/92).
D	Acque idonee alla vita dei pesci (valori meno restrittivi del D.L. 130/92), all'uso irriguo e industriale (assenza di tossicità).
E	Acque di pessima qualità idonee all'uso industriale.

Tab. 12 - Classificazione del giudizio di qualità delle acque in funzione dell'uso secondo la REGIONE PIEMONTE (1992).

La testata del bacino si presenta in classe "A". Presso Sanfront si passa alla classe "B", mentre il tributario Croesio si trova in classe "C". Le acque del Po vengono quindi in gran parte derivate per alimentare la rete irrigua mentre, verso valle, con il contributo di acque dal bacino residuo, quando non vengono del tutto captate, all'altezza di Revello l'acqua ritorna in classe "A". A valle della confluenza con il Bronda e con il Torto, le acque del Po possono essere classificate nella categoria "B" mentre nel tratto terminale (Cardè e Villafranca) si passa alla classe "C".

Gli affluenti del tratto di pianura del Po presentano acque classificabili in categorie inferiori. Infatti, ad eccezione della classe "C" del Cantogno, il Grana, il Riosecco ed il Ghiandone, nei tratti di pianura si presentano in classe "D", cioè acque non più adatte al trattamento per usi potabili delle prime tre categorie, ma almeno idonee alla vita dei pesci (valori meno restrittivi del D.L. 130/92), all'uso irriguo e industriale (assenza di tossicità); tale situazione, probabilmente, è dovuta ai canali irrigui (che sottraggono acque più "pulite" dai corpi idrici naturali e che restituiscono acque di minore qualità) scorrenti su aree caratterizzate da elevati carichi agricolo e soprattutto zootecnico.

Sez.	corso d'acqua (località)	qualità
01	Po a Crissolo	A
02	Po a Paesana	A
03	Po a Sanfront	B
04	Po a Martiniana	A
05	Po a Cardè	B
06	Po a Villafranca	C
07	Tossiet (Crissolo)	A
08	Lenta (Oncino)	A
09	Croesio (Sanfront)	C
10	Bronda (Saluzzo)	D
11	Torto (Saluzzo)	C
12	Ghiandone (Barge)	D
13	Ghiandone (Barge)	D
14	Grana (Barge)	D
15	Riosecco (Barge)	D
16	Cantogno (Villafranca)	C

Tab. 13 - Classi di qualità chimica delle acque secondo lo schema di classificazione descritto in **tab. 12**.

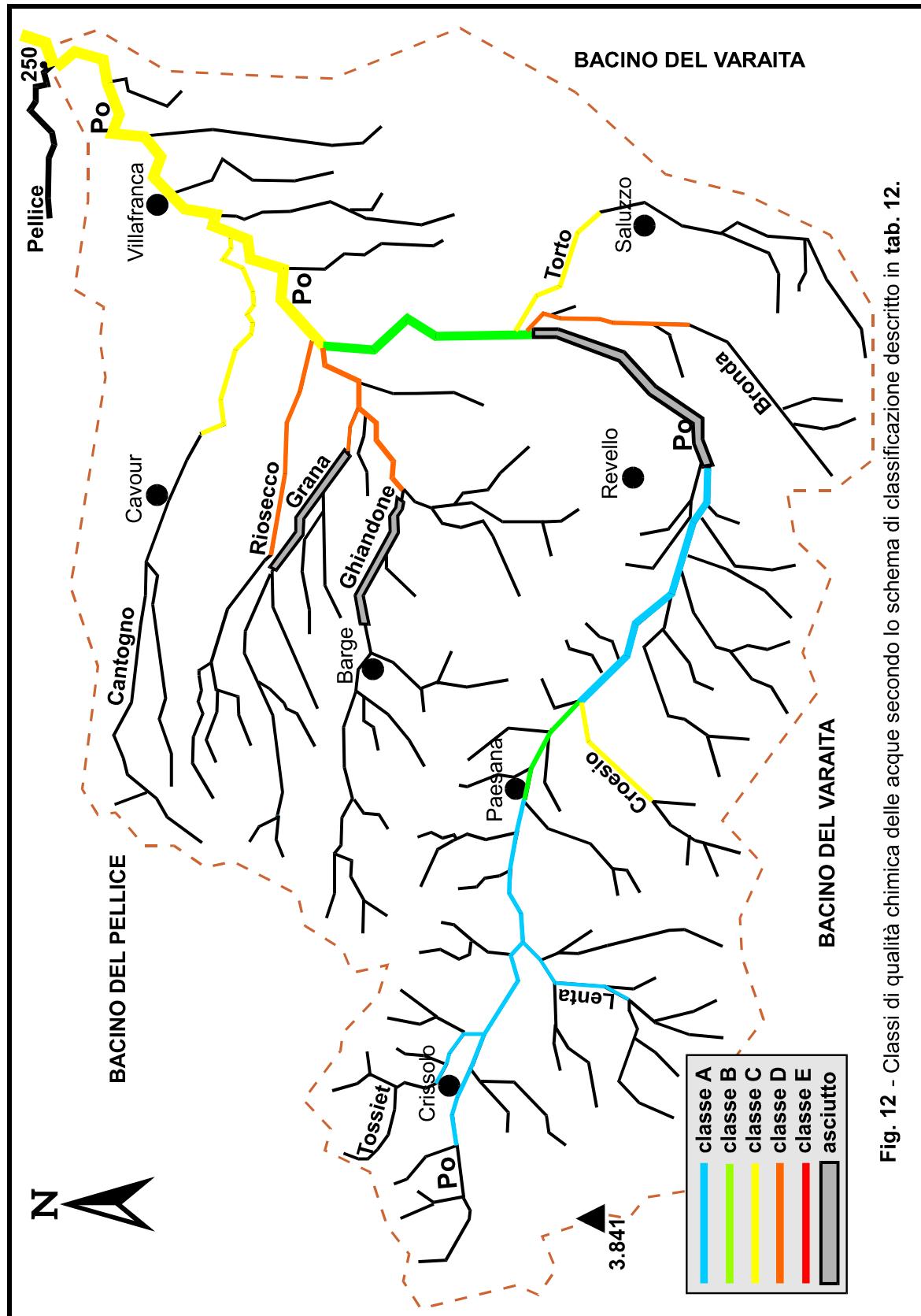


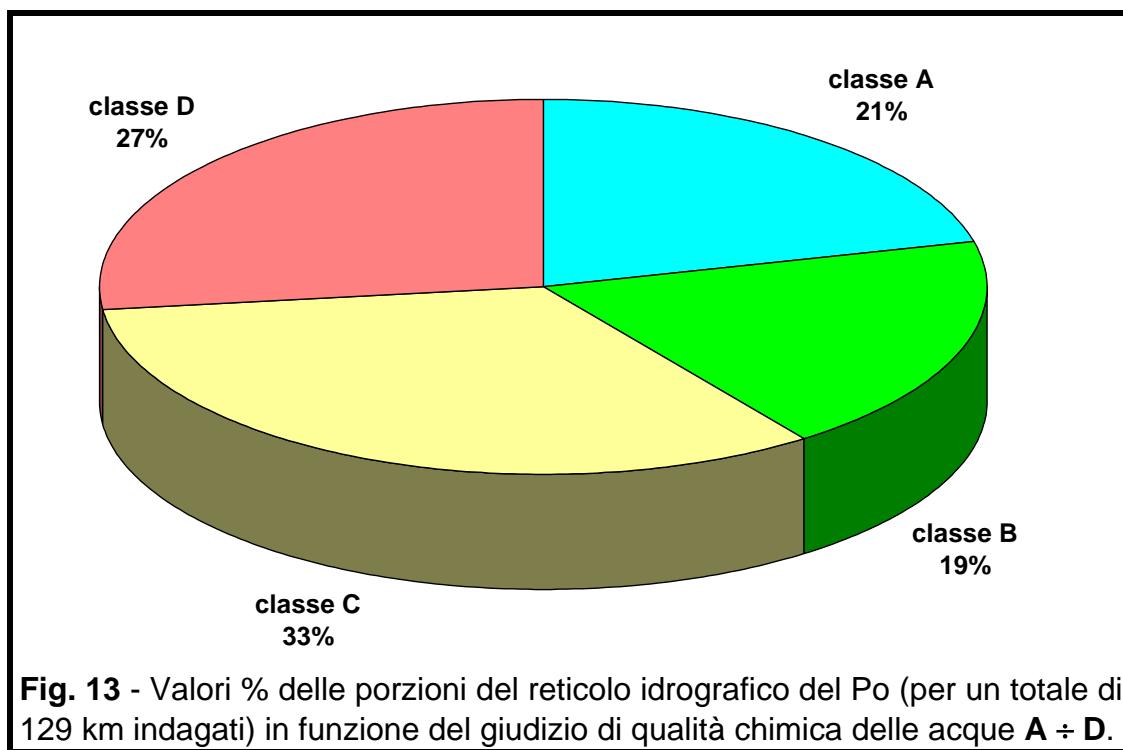
Fig. 12 - Classi di qualità chimica delle acque secondo lo schema di classificazione descritto in tab. 12.

Sulla base delle lunghezze dei corsi d'acqua compresi tra due sezioni consecutive e della metà di quelle relative agli affluenti rappresentati da una sola sezione alla chiusura dei bacini sottesi, si sono calcolate le somme delle stesse lunghezze relative alle diverse classi A + D (tab. 14). Di ciascun valore parziale si sono calcolate le percentuali rispetto al totale della rete idrografica indagata (129 km). La fig. 13 illustra la sintesi della elaborazione sopra descritta. Da essa si può dedurre quanta parte del reticolo idrografico del bacino del

Po è utilizzabile per fini che richiedono acque poco o nulla inquinate (A + B = 40 %). La percentuale più elevata è quella relativa alla classe C (33 %), che può definirsi ancora una situazione relativamente buona, almeno dal punto di vista naturalistico. Una buona percentuale (27 %) si trova in classe D, cioè con acque caratteristiche di ambienti che non presentano gravi alterazioni, ma che richiedono molta attenzione in quanto sono presenti sintomi di un aggravamento che deve essere mantenuto sotto attento controllo.

classi	(km)	(%)
A	26,1	21
B	25,9	19
C	42,5	33
D	34,5	27
totali	129,0	100

Tab. 14 - Sommatorie delle lunghezze dei corsi d'acqua del reticolo idrografico del Po (sul totale di 129 km indagati) divise in base al giudizio di qualità chimica delle acque A + D.



6 – QUALITÀ BIOLOGICA DELLE ACQUE

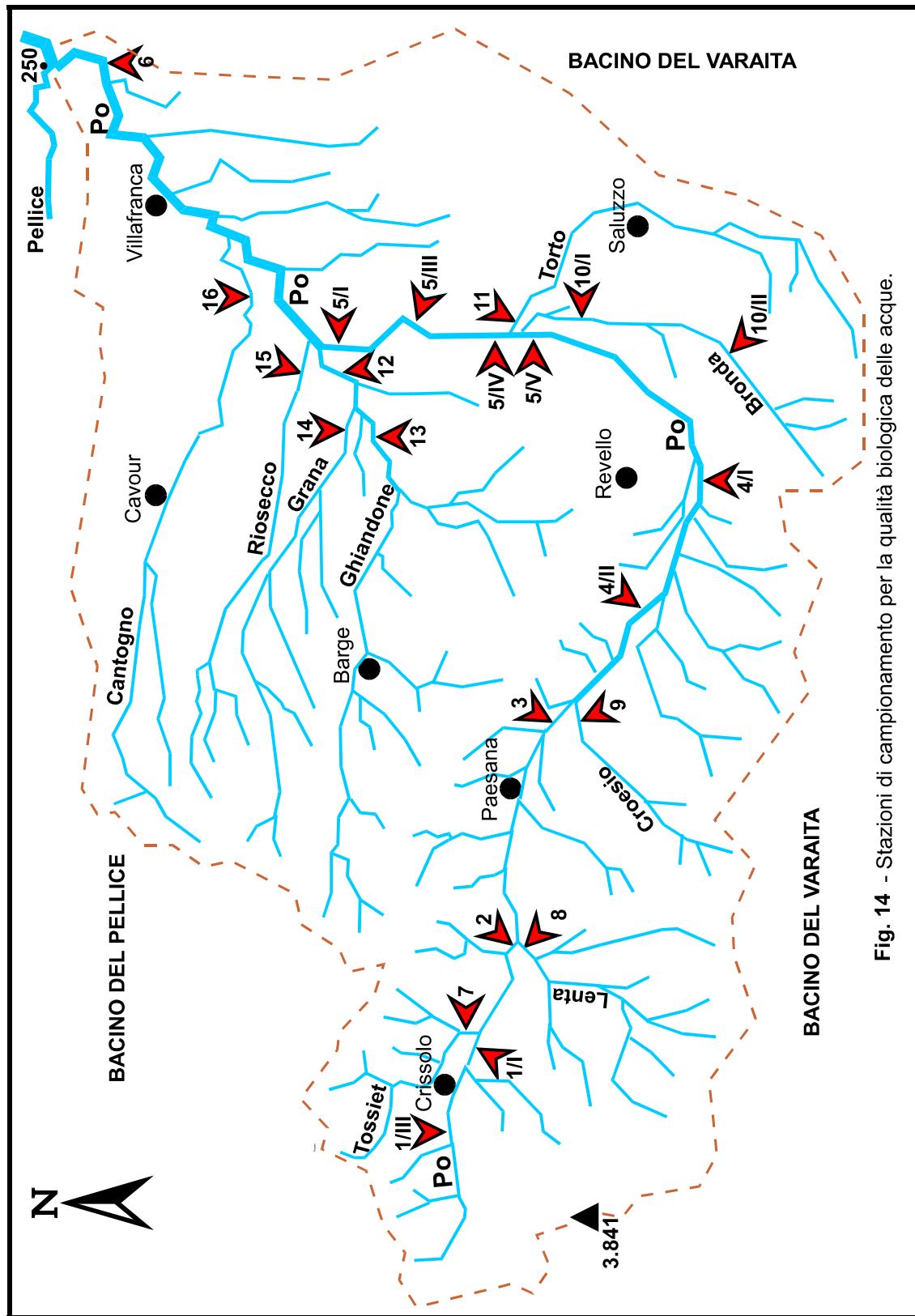
Il progetto del presente studio prevedeva il campionamento, mediante il metodo I.B.E. (GHETTI, 1986 e 1997; GHETTI, BONAZZI, 1980 e 1981) di 6 stazioni sull'asta del Po e di 1 stazione per i 9 tributari, 5 di sinistra (Tossiet, Ghiandone, Grana, Riosecco, Cantogno) e 4 di destra (Lenta, Croesio, Bronda, Rio Torto) per un totale di 16 stazioni. Quelle sul Po risultavano variamente distanziate nel tratto compreso tra Crissolo e Villafranca, mentre quelle sugli affluenti erano poste a livello delle sezioni di chiusura dei bacini. Durante lo svolgimento della **prima campagna** (21 ÷ 29 luglio 1997) sono emerse alcune situazioni che hanno portato ad inserire due stazioni supplementari: sul Po a monte di Crissolo, presso la località Pian Melzé (1-III) e sul Bronda, presso l'abitato di Pagno (10-II).

sez.	fiume	comune	località	m s.l.m.
01-I	Po	Crissolo	Cortili	1.135
01-III	Po	Crissolo	Pian Melzé	1.700
02	Po	Paesana	Boschetto	810
03-I	Po	Sanfront	P.te Rocchetta	524
04-1	Po	Martiniana	P.te Martiniana	375
04-II	Po	Sanfront	P.te Revello-Sanfront	440
05-I	Po	Cardè	Le Budre	256
05-III	Po	Saluzzo	Pesci Vivi	260
05-IV	Po	Revello	valle confl. Bronda	278
05-V	Po	Revello	monte confl. Bronda	280
06	Po	Villafranca	Fontana Amici del Po	250
07-I	Tossiet	Crissolo	Marchetti	1.135
08-I	Lenta	Oncino	Boschetto	810
09-I	Croesio	Sanfront	Croesio	524
10-I	Bronda	S. Anna	S. Anna	278
10-II	Bronda	Pagno	Pagno	380
11	Torto	Saluzzo	Villa Roccabiglieria	270
12-I	Ghiandone	Barge	Le Budre	256
13-I	Ghiandone	Barge	confl. Grana	259
14	Grana	Barge	C.na Thorosana	259
15-I	Riosecco	Barge	C.na Belvedere	255
16	Cantogno	Villafranca	P.te Prov. Vardè-Vill.	250

Tab. 15 - Elenco stazioni di campionamento relativi alla qualità biologica delle acque (due campagne di campionamento).

Dopo l'analisi dei campioni relativi alla prima campagna, sono emerse alcune situazioni di dubbio significato. Si è stabilito di effettuare una **seconda campagna** (18 novembre 1997) sul fiume del Po, inserendo 4 nuove sezioni tra Sanfront (4-II) e Stafarda (loc. *Pesci vivi*, 5-III). Tra le suddette stazioni scorre un segmento del Po interessato da captazioni idriche responsabili del prosciugamento del corso d'acqua a valle del ponte di Martiniana ma anche, in determinati periodi, già a valle del ponte fra Revello e Sanfront. Tra le stazioni 4-II e 5-III sono stati effettuati altri due campionamenti di controllo (5-V e 5-IV) a monte ed a valle delle confluenze del Bronda e del Rio Torto.

ni 4-II e 5-III sono stati effettuati altri due campionamenti di controllo (5-V e 5-IV) a monte ed a valle delle confluenze del Bronda e del Rio Torto.



La motivazione di tali aggiunte nella seconda campagna risiede nel fatto che a livello della staz. 4-I, nella prima campagna, l'alveo era consistentemente bagnato mentre il campione aveva indicato una situazione di grave alterazione ambientale. Tornando sul medesimo punto per la verifica biologica, nel novembre '97, l'alveo era asciutto e di conseguenza si è attivata prima una ricerca dei punti di scomparsa dell'acqua (staz. 4-II) e successivamente di ripristino del flusso naturale, ciò che avviene in corrispondenza della staz. 5-V per effetto di una modesta risorgiva. Constatando che tale stazione 5-V si trovava poco a monte della confluenza del Bronda e del Rio Torto, si è proceduto al prelievo di un campione a valle di tali confluenze (staz. 5-IV) per indagarne l'effetto biologico sul Po. Constatata già sul campo la differenza qualitativa rispetto alla stazione precedente, circa 500 metri più a monte, si è attribuito lo stato di apparente compromissione delle acque del Po (confermato dalle analisi di laboratorio) al tributo negativo dei due affluenti. Su tale ipotesi, si è stabilito di effettuare un ultimo campionamento di verifica della capacità autodepurativa del fiume circa 3 chilometri più a valle (staz.5-III) ottenendo un dato di sostanziale conferma della ormai stabile compromissione delle acque del Po di pianura.

Sezione	Corpo idrico	Indice V.&T.	Indice E.B.I.	Indice I.B.E.	Classe di Qualità	Colore cartografico
01-I	Po	10	11	11	I	azzurro
01-III	Po	10	10	10	I	azzurro
02	Po	10	11	11	I	azzurro
03-I	Po	10	11	11	I	azzurro
04-1	Po	6	6	6	III	giallo
04-II	Po	8	8	8	II	verde
05-I	Po	8	8	8	II	verde
05-III	Po	8	8	8	II	verde
05-IV	Po	8	8	8	II	verde
05-V	Po	10	10	10	I	azzurro
06	Po	8	8	8	II	verde
07-I	Tossiet	10	10	10	I	azzurro
08-I	Lenta	10	10	10	I	azzurro
09-I	Croesio	10	10	10	I	azzurro
10-I	Bronda	5	5	5	IV	arancio
10-II	Bronda	10	10	10	I	azzurro
11	Torto	4	4	4	IV	arancio
12-I	Ghiandone	7	8	8	(III)- II	verde
13-I	Ghiandone	10	9	9	(I) - II	verde
14	Grana	10	10	10	I	azzurro
15-I	Riosecco	6	6	6	III	giallo
16	Cantogno	8	7	7	(II) - III	giallo

Tab. 16 - Elenco stazioni di campionamento relative alla qualità biologica delle acque. Sono riportati gli indici biotici, le classi di qualità e il colore cartografico.

Nel complesso sono state effettuate determinazioni analitiche biologiche in 22 stazioni di campionamento, come riepilogato nella **tab.15** e rappresentato in **fig. 14**. La **tab. 16** mostra i risultati delle analisi biologiche

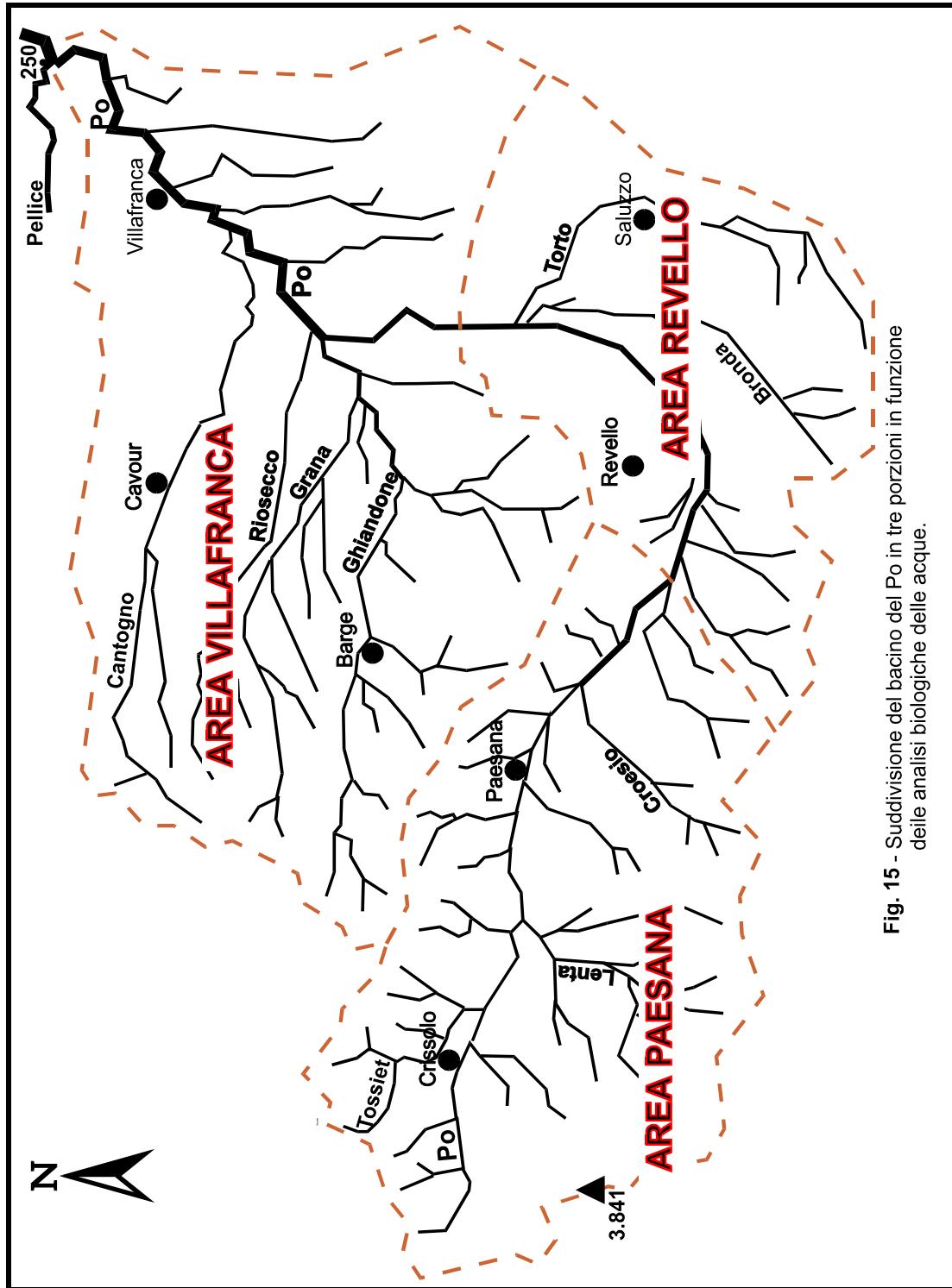


Fig. 15 - Suddivisione del bacino del Po in tre porzioni in funzione delle analisi biologiche delle acque.

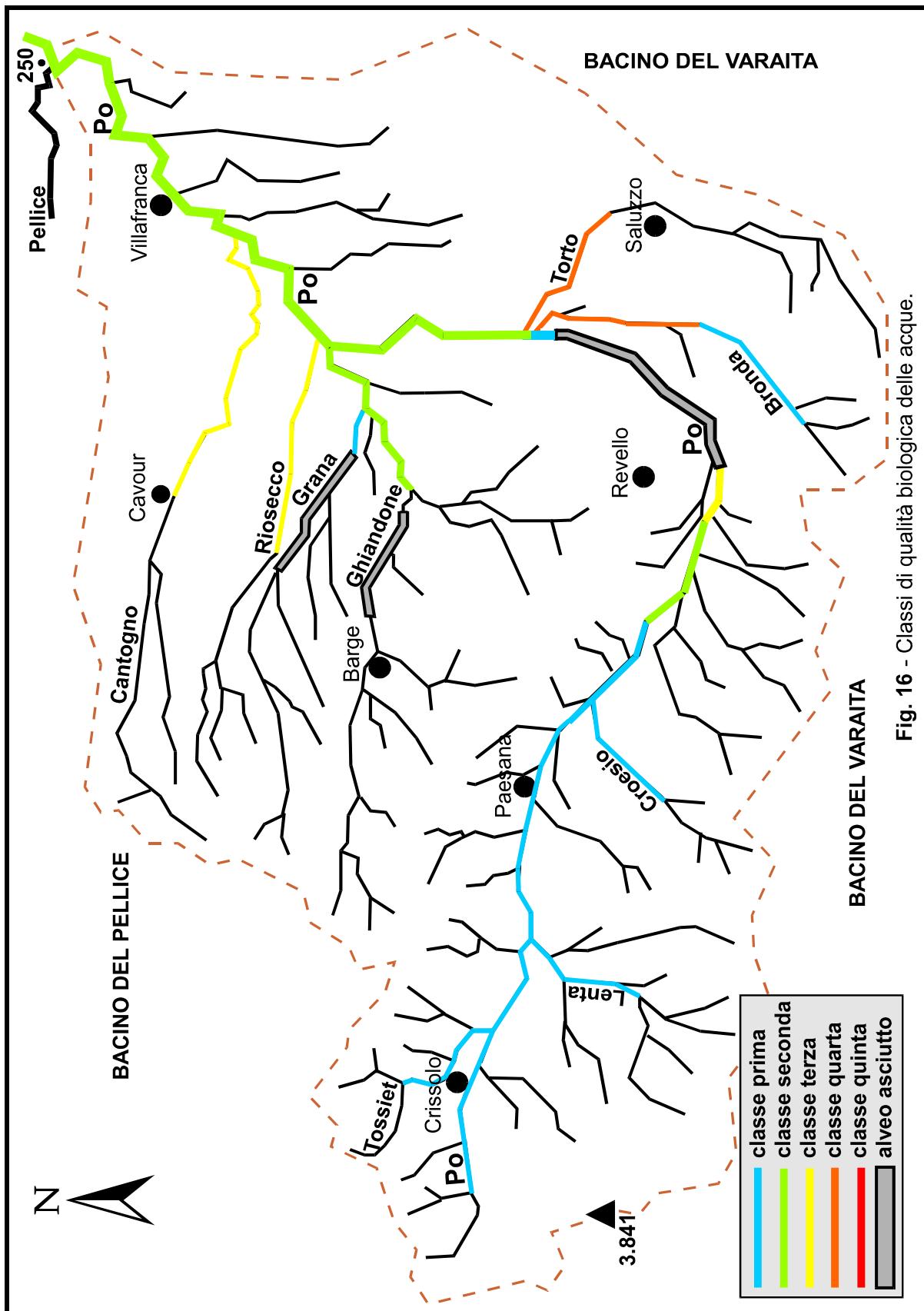


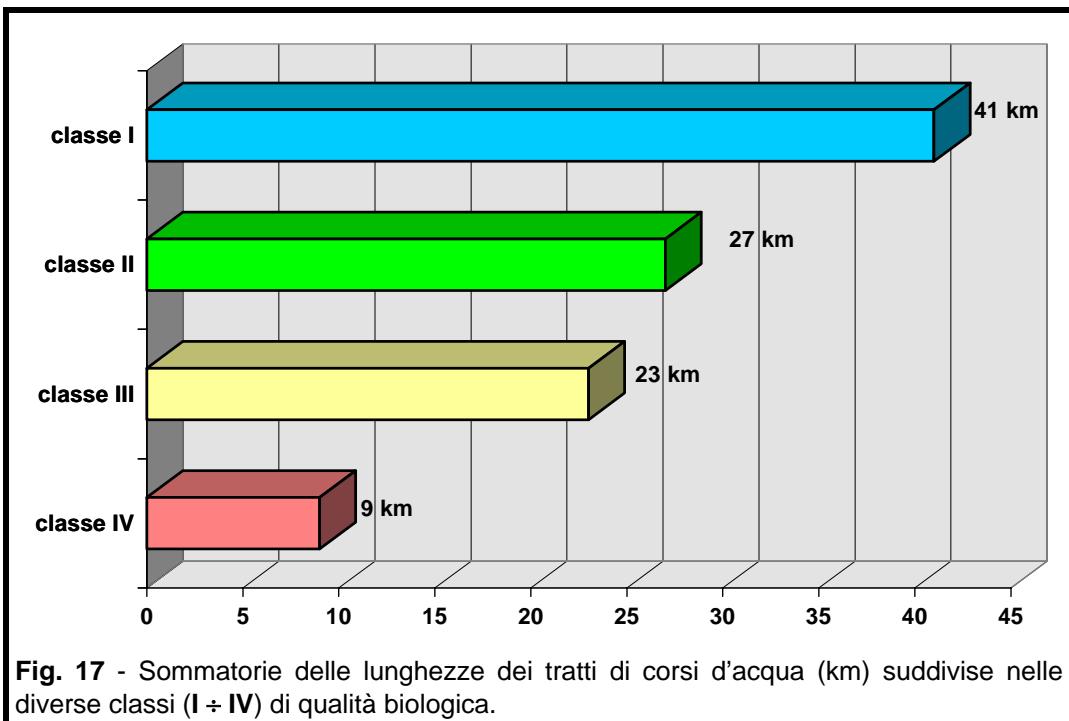
Fig. 16 - Classi di qualità biologica delle acque.

espressi in indici biotici e in relative classi di qualità. Vengono qui esposti i risultati dei campionamenti sotto forma di **tre porzioni di bacino** (figg. 15 e 16): **“area “Paesana”**, **“area “Revello”** e **“area “Villafranca”**.

L'**area Paesana** è la parte montana del Bacino, con reticolo idrografico che ospita una fauna di fondo tipica di ambienti ristretti, con acque in prima classe di qualità, eccetto la zona di Sanfront, in seconda classe. L'**area Revello** si caratterizza per il passaggio da ambienti di elevata qualità a situazioni caratterizzate da graduale peggioramento allo sbocco in una pianura antropizzata (captazioni idriche per fini irrigui e contributo negativo degli affluenti alimentati da bacini con forti carichi). L'**area Villafranca** è rappresentata dal fiume Po stabile su un livello di qualità accettabile ed alimentato da alcuni affluenti con portate superiori a quelle naturali per il contributo di canali irrigui. Meno della metà (circa 40 %) della lunghezza totale dei corsi d'acqua del bacino del Po scorre in prima classe di qualità (tab. 16 e fig. 17). Nella porzione montana insistono alcune derivazioni per fini idroelettrici; dal punto di vista della qualità biologica delle acque non sono stati rilevati danni rilevanti. Circa il 27 % del reticolo idrografico è in seconda classe di qualità, mentre il rimanente 32 % di versa in pessime condizioni, tra la terza e la quarta classe di qualità

classi	(km)	(%)
I	41	41
II	27	27
III	23	23
IV	9	9
totali	100	100

Tab. 17 - Lunghezze dei corsi d'acqua del reticolo idrografico del Po (sul totale di 100 km indagati) suddivisi in base alla qualità biologica delle acque.



7 - ITTIOFAUNA

sezioni	fiumi	comuni	località	m s.m.
01-I	Po	Crissolo	Cortili	1.135
01-II	Po	Crissolo	Crissolo	1.310
01-III	Po	Crissolo	Pian Melze	1.700
02	Po	Paesana	Boschetto	810
03-I	Po	Sanfront	P.te Rocchetta	524
03-II	Po	Paesana	Erasca	580
03-III	Po	Paesana	La Gravera	602
03-IV	Po	Paesana	Calcinere	700
04-1	Po	Martiniana	P.te Martiniana	375
04-II	Po	Sanfront	P.te Revello-Sanfront	440
05-I	Po	Cardè	Le Budre	256
05-II	Po	Revello	Guado Staffarda	258
05-III	Po	Saluzzo	Pesci Vivi	260
05-IV	Po	Revello	valle confl. Bronda	278
05-V	Po	Revello	monte confl. Bronda	280
05-VI/1	Po	Revello	P.te S. Antonino	335
05-VI/2	Po	Revello	P.te S. Antonino	334
06	Po	Villafranca	Fontana Amici del Po	250
07-I	Tossiet	Crissolo	Marchetti	1.135
07-II	Tossiet	Crissolo	Timel	1.470
08-I	Lenta	Oncino	Boschetto	810
08-II	Lenta	Oncino	Caus	1.125
09-I	Croesio	Sanfront	Croesio	524
09-II	Croesio	Sanfront	Ciabot Garsia	700
10-I	Bronda	S. Anna	S. Anna	278
10-II	Bronda	Pagno	Pagno	380
11	Torto	Saluzzo	Villa Roccabigliera	270
12-I	Ghiandone	Barge	Le Budre	256
12-II	Ghiandone	Barge	P.te Statale 23	258
13-I	Ghiandone	Barge	confl. Grana	259
13-II	Ghiandone	Barge	Ciabot Benella	265
13-III	Infernotto	Barge	Case Carle	459
14	Grana	Barge	C.na Thorosana	259
15-I	Riosecco	Barge	C.na Belvedere	255
15-II	Riosecco	Bagnolo	Villaretto	360
16	Cantogno	Villafranca	P.te Prov. Vardè-Vill.	250
suppl	Gambasca	Gambasca	Billia	540
suppl	Albetta	Sanfront	Cava	609
suppl	Rifreddo	Rifreddo	Monastero	435
suppl	Giulian	Oncino	P.te per Oncino	1.125
suppl	Agliasco	Paesana	Ghisola	600
suppl	Pellice	Villafranca	confluenza Po	245

Tab. 18 - Elenco stazioni nelle quali sono state effettuati campionamenti relativi ittiofauna.

I campionamenti sulla ittiofauna del bacino del Po sono state condotti nei mesi di luglio e di ottobre 1997, su un totale di 41 stazioni (**tab. 18 e fig. 18**). Tutti i campionamenti dell'ittiofauna sono stati condotti con il sistema della pesca elettrica. Questa tecnica consente di pescare efficacemente in un ampio tratto di fiume ed in tempi brevi senza nuocere al pesce che può essere rilasciato subito dopo le operazioni di riconoscimento sistematico.

Dai dati ottenuti è possibile identificare, sul corso principale del Po, una zona "a trota marmorata e temolo" che si estende dalla confluenza con il Pellice fino alla confluenza con il Bronda. A monte, fino alla confluenza con il Croesio, a causa delle numerose derivazioni che prosciugu-

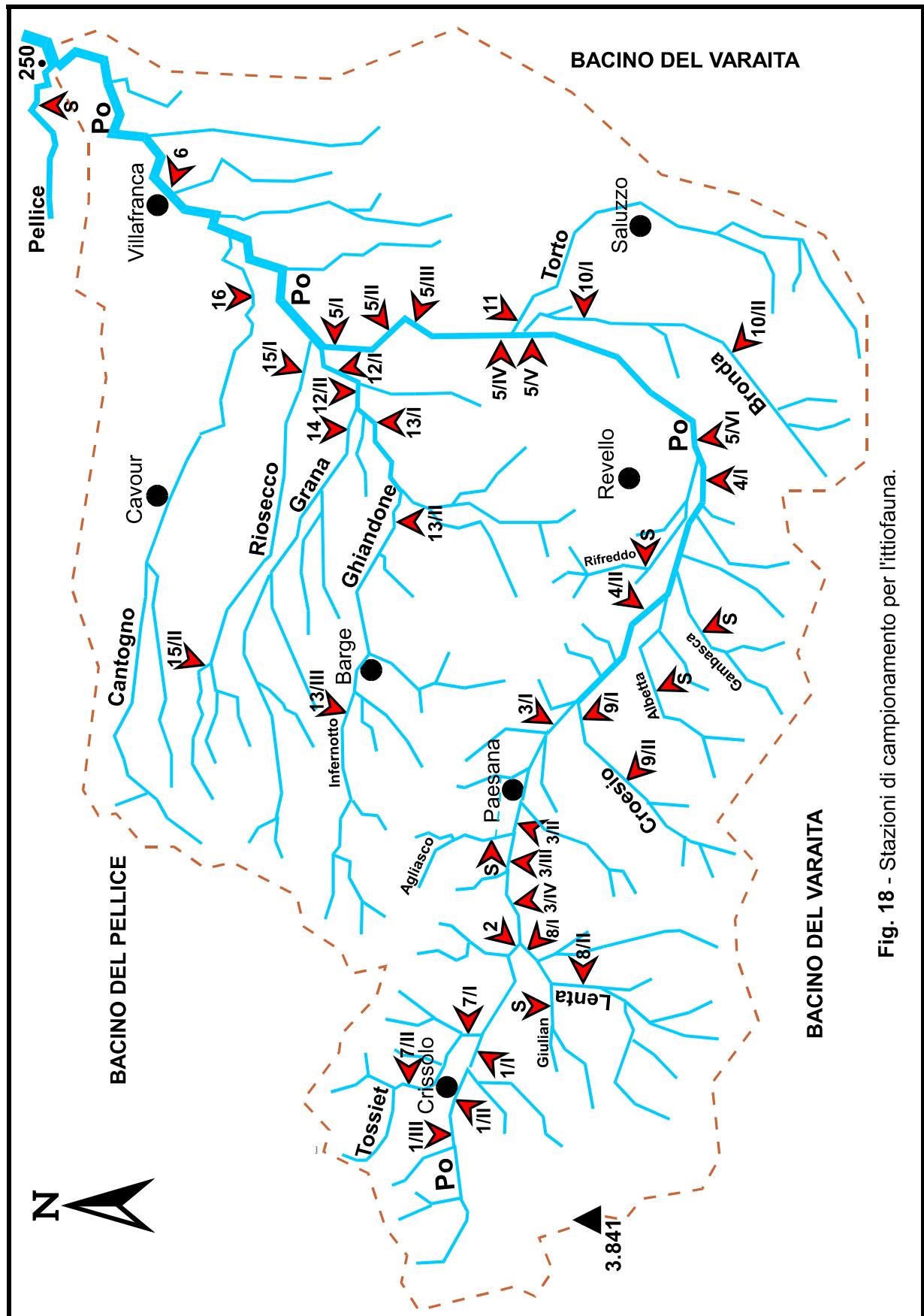


Fig. 18 - Stazioni di campionamento per l'ittiofauna.

gano il Po, non è possibile definire alcuna zona ittica. Nei pochi punti di questo tratto dove è stato possibile rinvenire un po' d'acqua ed effettuare un campionamento dell'ittiofauna, la comunità ittica è risultata essere composta da Salmonidi d'immissione e da Ciprinidi reofili di piccola taglia. La mancanza di trota marmorata e di temolo (presenti e talora abbondanti nelle stazioni a valle della confluenza con il Bronda), in un ambiente che potenzialmente potrebbe ospitarle entrambe, testimonia del gravissimo stato di disagio del corso d'acqua nel tratto pedemontano, dove le portate residue, già ridotte per le captazioni ad uso idroelettrico nel tratto montano, sono ulteriormente impoverite fino a determinare situazioni di asciutta totale dalle derivazioni ad uso irriguo (**tabb. 19 ÷ 21 e fig. 19**).

	Zona a trota fario	Zona a trota marmorata /temolo	Zona a Ciprinidi reofili
Po	Sorgenti - ponte Sanfront	Ponte Sanfront - valle	
Tossiet	Tutto il corso		
Lenta	Tutto il corso		
Giulian	Tutto il corso		
Agliasco	Tutto il corso		
Croesio	Tutto il corso		
Albetta	Tutto il corso		
Gambasca	Tutto il corso		
Rifreddo	Tutto il corso		
Bronda	Sorgenti - loc.Pagno		loc.Pagno – confl.Po
Torto			Tutto il corso
Ghiandone	Sorgenti - loc.Barge	Loc.Barge - confl. Po	
Grana di Barge	Sorgenti - loc.Bagnolo		Loc.Bagnolo – confl.Po
Riosecco	Sorgenti - loc.Bagnolo		Loc.Bagnolo – confl.Po
Cantogno		Loc.Cavour - confl. Po	
Pellice		Tutto il corso	

Tab. 19 - zone ittiche dei corsi d'acqua scorrenti all'interno della fascia protetta del Parco del Po.

A monte del ponte di Sanfront, fino all'abitato di Paesana, benché il corso d'acqua presenti caratteristiche di transizione tra ambienti a trota marmorata ed ambienti a trota fario, non è stata rinvenuto alcun esemplare di trota marmorata, ne' ibridi di questa con la trota fario. Al contrario è presente una bella comunità di trote fario, quasi completamente d'immissione. Questa zona si può considerare come il limite superiore alla distribuzione dei ciprinidi reofili. Rimane da verificare però se tale limite, così come per la trota marmorata ed in parte per il temolo, non sia piuttosto determinato dall'impossibilità ad accedere ai tratti superiori a causa degli sbarramenti e dei tratti in asciutta periodica. I torrenti laterali sfocianti nel Po in questo tratto sono zone a trota fario. Il ponte di Erasca, sulla strada provinciale, può essere

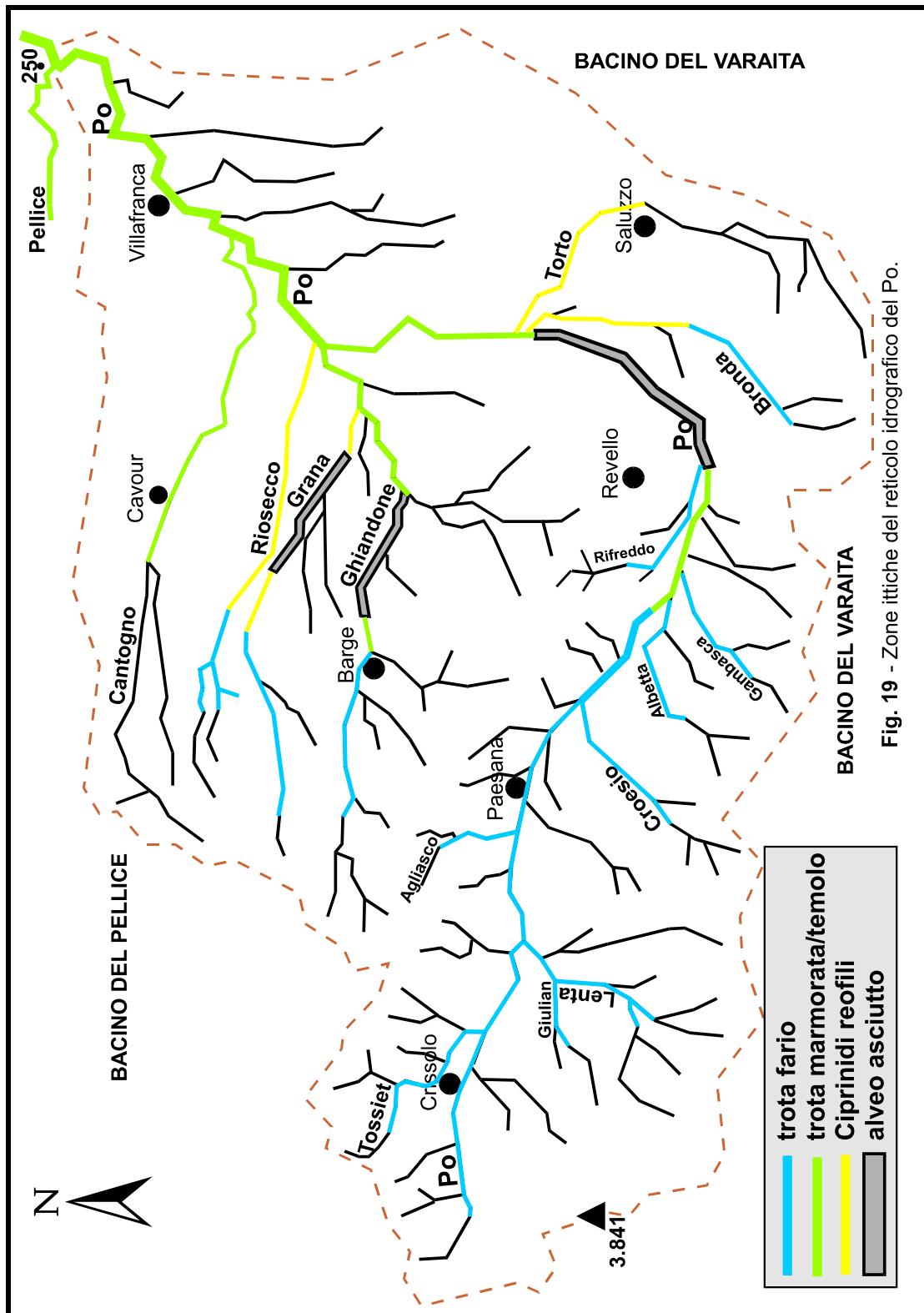


Fig. 19 - Zone ittiche del reticolto idrografico del Po.

considerato come il limite inferiore, nel Po, della zona a trota fario, che si estende a monte fino alle sorgenti ed interessa tutti gli affluenti di questo tratto. Unica specie accompagnatrice della trota fario, in questa zona, è lo scazzone, presente con distribuzione frammentaria e discontinua e con popolazioni ridotte e non strutturate.

Per quanto riguarda la zonazione ittica dei corsi d'acqua tributari planiziali del Po, i torrenti Bronda e Rio Torto sono zone a Ciprinidi reofili per tutto il loro decorso interessante il Parco, ma il tratto alto del Bronda (a monte di Pagno) può essere considerato zona a trota fario. Il torrente Ghiandone presenta habitat idoneo alla trota marmorata ed al temolo per tutto il tratto planiziale, fino a valle dell'abitato di Barge. Qui, così come accade per il Po, un tratto in asciutta totale e la presenza di alcuni sbarramenti impediscono l'espansione verso monte della trota marmorata. A monte di Barge il corso d'acqua, così come i suoi affluenti, è zona a trota fario. Il Grana di Barge presenta, nel tratto prossimo alla confluenza, caratteristiche simili al Ghiandone, ma il popolamento dominante è costituito da Ciprinidi reofili. Poche centinaia di metri a monte della confluenza il torrente è in asciutta totale, a causa di derivazioni irrigue. Il tratto montano (non campionato), a monte di Bagnolo, ha le caratteristiche di una zona a trota fario. Il Riosecco, nel tratto planiziale, è zona a Ciprinidi reofili. Il tratto a monte dell'abitato di Bagnolo ed i rami laterali sono zone a trota fario. Il torrente Cantogno ed il torrente Pellice, nei tratti considerati all'interno del Parco, sono zone a trota marmorata/temolo. Nel dettaglio, delle 41 stazioni campionate, 22 sono attribuibili a zone a trota fario, 15 a zone a trota marmorata e temolo, 4 a zone a Ciprinidi reofili.

La maggioranza di ambienti attribuibili alla zona a trota fario è motivata dal fatto che buona parte del territorio del Parco si sviluppa ad altitudini superiori ai 500 ÷ 600 m, considerati come zona limite della distribuzione di *Salmo (trutta) marmoratus*. Dall'analisi dei fenotipi delle trote fario rinvenute nei campionamenti, risulta che la maggior parte degli individui delle comunità di *Salmo [trutta] trutta* presenti nei corsi d'acqua del reticolo idrografico del Po cuneese (in molti casi l'intera popolazione del tratto di corso d'acqua esaminato) sono esemplari appartenenti al ceppo atlantico di trota fario. In base a queste considerazioni, l'ampio areale di distribuzione di *Salmo [trutta] trutta* risulterebbe quindi un artefatto, dovendo essere la reale distribuzione di questo Salmonide originariamente molto più limitata. E' infatti accertato, ad esempio, che la presenza di ittiofauna nei tratti superiori di alcuni corsi d'acqua con ostacoli naturali invalidabili è dovuta ad interventi antropici, essendo questi tratti originariamente privi di pesci.

Se l'areale della trota fario è stato artificialmente espanso, appaiono invece ridotti gli areali della trota marmorata e del temolo; ciononostante, il corso principale del Po ed alcuni dei suoi affluenti conservano la più bella ed incontaminata popolazione di trote marmorate dell'Italia Nord – occidentale: nel corso della campagna non sono stati catturati ibridi, nonostante la convivenza nello stesso ambiente delle 2 semispecie *Salmo [trutta] marmoratus* e *Salmo [trutta] trutta*. Questa situazione è forse unica nell'ambito dei corsi d'acqua delle Alpi occidentali, dove la simpatia tra i 2 Salmonidi provoca la presenza di individui con fenotipo intermedio. E' assai complesso dare una spiegazione a questo fenomeno, forse unico su tutto l'areale di distribuzione della marmorata. Probabilmente a favore di essa giocano la sua maggiore valenza ecologica, la presenza di una buona popolazione, con un contingente riproduttivo abbondante, la relativa facilità nel reperire ambienti idonei per la frega, sia sul Po, sia sui suoi affluenti, le misure di tutela della Provincia di Torino, che prevedono il divieto di immissione di trote fario nelle zone a trota marmorata/temolo ed il potenziamento delle popolazioni di marmorata con la fecondazione artificiale.

	1.1	1.2	1.3	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	6
trota fario	2	1	1	3	4	4	4	4	2	3		1	1	2	1	2	1
trota marmorata											3	3	2	2	1	1	3
trota iridea																	2
temolo													2				3
luccio																	1
vairone				2					2	2	3	4	4	4	3	2	4
cavedano											1	2	2	2	1		2
barbo comune										1	3	1	2	2			2
barbo canino										1	1		1	1			1
sanguinerola										2		2	3	3	4	3	2
carpa													1				
scardola										1	1		1	2	2		1
scazzone			1						1		3	3			1	4	
cobite comune												1					
cobite												1					

Tab. 20 - Specie ittiche e loro frequenza nel tratto di Po inserito nel territorio del Parco (legenda: 1= specie sporadica; 2= specie presente; 3=specie abbondante; 4= specie molto abbondante).

Analizzando nel dettaglio la distribuzione delle singole specie (**tabb. 20 e 21**), si può osservare come le specie ittiche attualmente presenti nel tratto di Po considerato siano 15. Di queste, 2 sole specie, la carpa e la trota iridea, sono alloctone e non originarie dell'area in questione. La trota fario è la specie più rappresentata. La trota marmorata, lo scazzone ed i Ciprinidi reofili risultano, in generale, abbastanza ben distribuiti.

	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	10.1	10.2	11	12.1	12.2	13.1	13.2	13.3	14	15.1	15.2	16	17	18	19	20	21	22
trota fario	3	2	3	3	3	3		2			2	1	1	3	2	1	2	1	3	3	3	4	1	3
trota marmorata										2	2	2	2		1			2					4	
temolo									1	1								2					3	
luccio										1	2	1			2	1		2					2	
vairone							2	3	1	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2				4	
cavedano									1		2	2	2		2	2							2	
barbo comune																							2	
barbo canino																							2	
sanguinerola										1				2	2								3	
carpa										1				1										
tinca														1										
scardola								1	1														1	
scazzone					1	3				3	3	3			3			3	1	1			4	
ghiozzo di fiume																							2	
cobite comune														2	2									
persico sole														1										
lampreda																							2	

Tab. 21 - Specie ittiche e loro frequenza negli affluenti del Po inseriti nel territorio del Parco ed extra Parco (legenda: 1=specie sporadica; 2= specie presente; 3=specie abbondante; 4= specie molto abbondante).

La distribuzione di *Cottus gobio*, è discontinua. La specie è presente dagli 810 m. s.l.m. della stazione 2, ai 250 m. s.l.m. della sezione 6 di chiusura; tuttavia, all'interno di un'area così vasta, distribuzione e consistenza numerica delle singole sottopolazioni sono probabilmente condizionati da fattori limitanti, sulla cui natura risulta difficile fare delle ipotesi. Certamente *Cottus gobio* sembra rivelarsi la specie più sensibile ad (apparentemente) modeste modificazioni degli habitats. Tuttavia risulta difficile, ad esempio, spiegare la sua scomparsa totale nella stazione 5.3, quando nella stazione 5.2, posta pochi chilometri a valle, la specie risulta abbondante. La mancanza di ostacoli quali dighe e sbarramenti che potrebbero limitare la diffusione dai tratti più a valle, dove risulta molto abbondante, ai tratti a monte della stazione 5.3, indicherebbe come non vi siano, allo stato attuale, le condizioni per una colonizzazione da parte dello scazzone di ampi ed accessibili tratti del fiume Po, in cui originariamente doveva essere presente. Poiché le indagini chimiche non hanno messo in luce situazioni di grave degrado dei tratti in questione, la causa va probabilmente ricercata in altre alterazioni, quali ad esempio le modificazioni del substrato, cui lo scazzone pare molto sensibile. Nei tratti montani, poi, la diminuzione dello scazzone è quasi sempre da correlare con la massiccia presenza di trote fario, specie se sostenuta da frequenti immissioni.

I Ciprinidi reofili caratteristici dei tratti pedemontani, quali vairone, sanguinerola, barbo canino, barbo comune e cavedano presentano una regolare distribuzione, sebbene solo nel caso del vairone e della sanguinerola siano state rinvenute popolazioni abbondanti e ben strutturate in quasi tutte le stazioni dove queste specie risultano presenti. Cavedano, barbo comune e canino, al contrario, sono presenti in alcune stazioni solo con sporadici esemplari. Di rilievo, in negativo, l'assenza della lasca. Questa specie risulta scomparsa dalla porzione più occidentale del Po.

Sono sporadiche le presenze del temolo, del luccio, delle 2 specie di cobiti, della trota iridea e della carpa. Queste specie sono state rinvenute, ad eccezione del temolo, in un'unica stazione. Di questo gruppo a diffusione più limitata, la carpa e la trota iridea si possono considerare accidentali. Accidentale è anche la presenza della scardola, nonostante sia stata rinvenuta in 6 stazioni, per la quale è ipotizzabile una recente immissione legata, probabilmente, allo svuotamento di alcuni bacini collinari ed all'immissione dell'ittiofauna raccolta nel Po.

Per quanto riguarda il temolo ed il luccio, il limitato rinvenimento delle 2 specie va considerato in modo differente: il temolo risulta sicuramente ben presente in questo tratto di Po, ma le sue forti attitudini gregarie e la sua tendenza agli spostamenti rendono difficoltosa la sua localizzazione.

Campionamenti effettuati recentemente in una risorgiva laterale sinistra del Po (Roggia del Mulino – Villafranca P.te) hanno dimostrato come questa specie possa passare in pochi mesi da densità di 0,3 ÷ 0,4 ind/m² a densità nulla (Pascale, dati pers.). Ben diverso il caso del luccio. Questa specie risulta in fortissima contrazione su tutto l'areale di distribuzione, a causa soprattutto delle alterazioni a carico delle aree riproduttive e di svezzamento degli stadi giovanili. La bassa diffusione del luccio nel tratto cuneese del Po è quindi un fenomeno che riguarda un ambito molto più ampio, ma non per questo dev'essere considerata poco preoccupante.

Per quanto riguarda gli affluenti del Po, la situazione si presenta, sostanzialmente, simile a quella del corso d'acqua principale. La **tab. 21** indica come la trota fario sia ancora la specie con la più ampia distribuzione, presente in 21 stazioni su 24. La frequenza delle altre specie appare inferiore, in particolare quella dei Ciprinidi reofili (barbo comune e canino, sanguinerola). Occorre ricordare come gran parte delle stazioni di campionamento poste sui laterali del Po siano ubicate a quote altimetriche elevate, in ambienti dove la comunità ittica è monospecifica o al massimo composta da 2 specie (trota fario o trota fario e scazzone).

Rispetto al corso d'acqua principale, appaiono meglio rappresentate, nei corsi d'acqua laterali, specie importanti quali luccio e temolo, presenti rispettivamente in 7 e 4 stazioni. In particolare, il luccio è presente in tutti i tributari di sinistra della zona pianiziale, con popolazioni mai abbondanti, ma con buona presenza di stadi giovanili. Negli stessi ambienti è presente *Salmo [trutta] marmoratus*, anch'essa con popolazioni non abbondanti, ma strutturate in più classi di età. Negli affluenti aumenta la presenza dello scazzone, presente in 10 stazioni, e del vairone, presente in 13 stazioni. Scompaiono specie quali il cobite mascherato e la trota iridea, ma compaiono 4 specie non rinvenute nel Po, ovvero il ghiozzo di fiume, la tinca, il persico sole e la lampreda padana, Petromizonide endemico del distretto padano - veneto. Di queste, il persico sole, alloctono, e la tinca si possono considerare accidentali. Anche nei tributari del Po la presenza della scardola, rinvenuta in 3 stazioni, può essere considerata accidentale.

8 – VALUTAZIONE GLOBALE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE

Il monitoraggio delle acque correnti si basa su un numero limitato di variabili ambientali, fra le più importanti nel condizionare la qualità delle acque. Le esperienze fin qui acquisite, con i "Censimenti dei corpi idrici" (REGIONE PIEMONTE, 1976 # # # 1992), il "M.A.R.I.U.S." (REGIONE PIEMONTE, 1988), il "....monitoraggio idrometrico inerente il reticolo idrografico piemontese" (REGIONE PIEMONTE, 1989), la "Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese" (REGIONE PIEMONTE, 1991), la "Carta Ittica del Bacino della Dora Baltea" (REGIONE AUTONOMA DELLA VALLE D'AOSTA, 1993) e con il "Piano di Gestione delle Risorse Idriche del Bacino dell'Orco" (C.R.E.S.T., 1994), hanno permesso di individuare i principali elementi di analisi per la determinazione della qualità complessiva di un corso d'acqua:

- **idrologia**
- **qualità chimica dell'acqua**
- **qualità biologica dell'acqua**
- **ittiofauna**
- **carico antropico**

Tenendo conto che nel considerare un numero limitato di variabili (per la complessità dei rapporti tra il fiume ed il suo bacino; BADINO ed Altri, 1991), si effettua una certa approssimazione, FORNERIS ed Altri (1990) hanno proposto un sistema di rapida applicazione per una classificazione della qualità idrobiologica di un corso d'acqua utile per le classificazioni dei corpi idrici, per i monitoraggi, per le valutazioni di impatto ambientale, ecc.... che si ritiene utile anche per il bacino oggetto del presente studio.

8.1 - Esigenza di modelli semplici

Alla luce delle precedenti considerazioni si deve riconoscere l'esigenza di modelli semplici, di applicazione rapida ed economica, che permettano di formulare giudizi sulla qualità idrobiologica di un determinato corso d'acqua. Si tratta di tradurre in indici matematici i risultati di indagini idrobiologiche, inseribili in un modello che porti, come risultato, ad un valore numerico

rappresentativo della qualità globale. Il modello di determinazione della qualità idrobiologica, finalizzato alla classificazione delle acque correnti naturali, al monitoraggio o alla valutazione degli impatti, deve avere tre importanti caratteristiche:

- applicabilità in diverse situazioni (adatto alle diverse tipologie ambientali; utile per i monitoraggi indipendentemente dalle dimensioni dei reticolli idrografici da indagare; utilizzabile come metodo di analisi di impatti);
- deve comprendere un numero non eccessivo di variabili di determinazione poco complessa che non comportino tempi e costi troppo elevati ed eccessivo impiego di personale tecnico;
- deve essere basato su metodologie di indagine collaudate.

Allo scopo di fornire un giudizio sulla qualità degli ecosistemi fluviali, si è ritenuto opportuno utilizzare $N_i = 5$ fattori considerati fondamentali, fra quelli più facili da indagare e fra i più rappresentativi delle condizioni ambientali che determinano la qualità di un corso d'acqua in corrispondenza di una o più **sezioni di riferimento**. Può anche risultare $N_i < 5$ (nel caso in cui uno o più di essi non sia determinabile), ma diminuisce il significato del giudizio di qualità che si ottiene. Tale modello deriva da esperienze precedenti (C.R.E.S.T., 1987, 1988 e 1990; CROSA, RAMUSINO, 1988; ECOPLAN, 1990) ed è già stato applicato, con buoni risultati, in alcune esperienze (C.R.E.S.T., 1990). I fattori considerati sono:

- A. fattore idrologia**
- B. fattore qualità chimica delle acque**
- C. fattore qualità biologica delle acque**
- D. fattore ittiofauna**
- E. fattore carico antropico**

L'obiettivo è quello di formulare una valutazione di qualità ambientale basata su *cinque livelli*: da **1** a **5** per ogni fattore. Il giudizio finale di qualità complessiva si ottiene dalla media dei giudizi espressi per ciascuno di essi.

8.2 - Fattore A: idrologia

E' il fattore più articolato, dato che l'alterazione del regime idrologico è la causa principale degli altri impatti. Esso risulta dall'esame di $N_q = 4$ variabili (anche in questo caso si possono verificare situazioni con $N_q < 4$) che sono:

- a) **portate medie annue (Q)**: *portata media annua naturale (Qn; in assenza di derivazioni e/o ritenzioni idriche) e portata media annua attuale (Qa; portata attuale ridotta a causa delle utilizzazioni idriche);*
- b) **portate di magra (q)**; *portata di magra naturale (qn; in assenza di captazioni idriche) e portata di magra attuale (qa; quella che si verifica per la presenza di captazioni);*
- c) **portate medie mensili** ed in particolare i valori più significativi del regime medio idrologico naturale e reale;
- d) **portate di piena** naturali e ridotte a causa delle sottrazioni idriche.

I valori di portata naturali sono stati determinati sulla base dello studio effettuato da Risorse Idriche (**cap. 3**). I dati di portata reali si sono ricavati sulla base delle osservazioni “in campo” in occasione delle campagne di rilevamento delle caratteristiche chimiche e biologiche effettuate nel bacino del Po (**capp 5 ÷ 7**).

Aa: portata media annua

Si esprime un giudizio fra 5 campi ($Aa = 1 \div 5$). La situazione migliore (Aa_1) è quella in cui la portata media annua attuale è coincidente o inferiore di non più del 10 % di quella

Aa₁ :	Qa pari al 90 ÷ 100 % di Qn con 0 % < S < 5 %
Aa₂ :	Qa pari al 65 ÷ 90 % di Qn con 5 % < S < 20 %
Aa₃ :	Qa pari al 25 ÷ 65 % di Qn con 20 % < S < 50 %
Aa₄ :	Qa pari al 1 ÷ 25 % di Qn con 50 % < S < 90 %
Aa₅ :	Qa pari al 0 ÷ 5 % di Qn con 90 % < S < 100 %

Qa : portata media annua attuale,

Qn : portata media annua naturale,

S : variazione % superficie di letto bagnato da Qn a Qa.

naturale. La situazione peggiore corrisponde alla sottrazione totale, o quasi, di acqua (Aa_5). I limiti sono stati posti in funzione delle variazioni delle superfici di letto bagnato; essi pertanto non coincidono con quelli relativi alle portate. La larghezza di alveo bagnato “**L**”, e quindi la superficie è stata considerata in funzione della portata “**Q**” secondo l'espressione $L = k \cdot Q^i$, dove “**k**” e “**i**” sono valori che dipendono dalle caratteristiche idrologiche specifiche del bacino e che dovrebbero essere determinate sperimentalmente. In prima approssimazione si è visto che i valori di “**i**” sono sempre intorno a 0,5 (MOSETTI, 1977). Pertanto il dato “**S**” (%) è stato espresso in funzione della portata “**Q**” con la seguente formulazione:

$$S (\%) = \frac{Qn^{0,5} - Qa^{0,5}}{Qn^{0,5}} \cdot 100$$

In linea di massima, tenuto conto che è proprio sulla superficie di fondo che si sviluppano le comunità di macroinvertebrati e che queste costituiscono componenti importanti del livello trofico del sistema acquatico, la valutazione della diminuzione della portata media annua può essere ritenuta significativa della diminuzione della produttività biologica.

Ab: portata di magra

Si esprime un giudizio sulla base della scelta fra 5 campi (Ab = 1 ÷ 5). Si tratta di una valutazione analoga alla precedente, ma basata sulla portata di magra normale. Essa può essere definita

Ab₁ :	Qa pari al 90 ÷ 100 % di Qn con 0 % < S 5 %
Ab₂ :	Qa pari al 70 ÷ 90 % di Qn con 5 % < S 15 %
Ab₃ :	Qa pari al 35 ÷ 70 % di Qn con 15 % < S 40 %
Ab₄ :	Qa pari al 5 ÷ 35 % di Qn con 40 % < S 80 %
Ab₅ :	Qa pari al 0 ÷ 5 % di Qn con 80 % < S 100 %

Qa: portata di magra normale attuale,

Qn: portata di magra normale naturale,

S : variazione % superficie di letto bagnato da Qn a Qa.

come la media dei valori minimi giornalieri annuali rilevati in un determinato periodo di osservazione o, meglio ancora, come la portata di magra caratterizzata da un tempo di ritorno pari a 2 anni (secondo la definizione di PEROSINO, 1989; con frequenza annuale del 50 %). La magra può essere considerato il momento più delicato e più vulnerabile del ciclo idrologico di un corso d'acqua. Nelle zone alpine italiane esso coincide con il periodo riproduttivo dei Salmonidi; inoltre viene a mancare l'effetto di diluizione garantito in altri periodi dell'anno, in diverse condizioni idrometeorologiche, da maggiori volumi d'acqua che favoriscono i processi autodepurativi. Per questi motivi i limiti fra i diversi livelli indicati in tabella sono leggermente più "severi" rispetto a quelli utilizzati considerando la portata media annua. Si tenga conto che si sono considerate le portate di magra normale; potrebbe verificarsi il caso in cui la portata di magra normale attuale non si discosti molto da quella naturale e quindi il giudizio potrebbe essere del tipo "Ab₁" o "Ab₂"; ma potrebbe verificarsi una situazione meteorologica eccezionale (e prevedibile con i normali sistemi di elaborazione statistica dei dati idrologici) per cui, di fronte ad una portata naturale corrispondente a un minimo storico, quella attuale potrebbe essere nulla o molto inferiore. Si tratta di una situazione eccezionale ma che deve essere prevista; in tal caso il giudizio si collocherebbe nei campi "Ab₄" o "Ab₅" indipendentemente dall'andamento della situazione media o normale.

Ac: regime idrologico medio

Si tratta di valutare la forma dell'attuale regime idrologico medio (andamento reale delle portate medie mensili) confrontandola con quella del regime naturale, indipendentemente dall'entità assoluta delle portate medie mensili (gli aspetti quantitativi dei volumi in alveo sono già considerati in "Aa" e "Ab"), ma in funzione del rapporto fra quelle più significative. Questa variabile è importante perché si potrebbero verificare casi in cui, pur non variando sostanzialmente i volumi medi annui in alveo, a causa di regolazioni di bacini artificiali, potrebbe essere modificato il regime quale alternanza stagionale di periodi di magra, morbida e piena alla quale le comunità aquatiche si sono adattate da tempi geologici. Facendo riferimento al bacino occidentale del Po, caratterizzato dal prevalere di regimi idrologici di tipo *pluviale*, *nivopluviale* e *nivoglaciale* (DE BIAGGI ed Altri, 1987), le portate medie mensili più significative possono essere ritenute quelle massime e minime annuali e/o stagionali:

Q_p: portata massima media mensile primaverile (regimi pluviali) o di tarda primavera e/o di inizio estate (regimi nivopluviali);

Q_e: portata minima media mensile estiva (regimi pluviali e nivopluviali) o massima annua media mensile estiva (regimi nivoglaciali);

Q_a: portata massima media mensile autunnale (regimi pluviali e nivopluviali);

Q_i: portata minima media mensile invernale (regimi pluviali e nivopluviali) o minima media mensile annua invernale (regimi nivoglaciali e nivopluviali).

Indicando con l'indice "**n**" le portate medie mensili naturali e con l'indice "**a**" quelle attuali, il *fattore di deformazione del regime idrologico medio* "**R**", può essere così espresso:

$$R = \frac{Qe_n}{Qi_n} \cdot \frac{Qi_a}{Qe_a} \cdot 100$$

per i regimi nivoglaciali, mentre per quelli pluviali e nivopluviali:

$$R = \left(\frac{Qp_n}{Qe_n} + \frac{Qa_n}{Qi_n} \right) : \left(\frac{Qp_a}{Qe_a} + \frac{Qa_a}{Qi_a} \right) \cdot 100$$

Il campo di variazione del fattore "R" viene delimitato dai valori estremi. Con $R = 100$ la forma del regime attuale è identica a quello naturale. La deformazione peggiore è rappresentata da $Q_{ia} = 0 \text{ m}^3/\text{sec}$

Ac₁:	$D = 81 \div 100$	$(101 \div 120)$
Ac₂:	$D = 61 \div 80$	$(121 \div 140)$
Ac₃:	$D = 41 \div 60$	$(141 \div 160)$
Ac₄:	$D = 21 \div 40$	$(160 \div 180)$
Ac₅:	$D = 0 \div 20$	(> 180)

(alveo asciutto) per cui il rapporto " Q_{a}/Q_{ia} " tende a infinito e tende a zero il valore "R" (analogo ragionamento per Q_{ea} che tende a zero). Vi sono casi particolari in cui non sono presenti captazioni (la portata media annua coincide con quella naturale), ma regolazioni che possono portare ad una diminuzione delle portate di morbida ed un aumento di quelle di magra; il valore "R" tende allora a diventare superiore a 100. Definito l'ambito di variabilità $0 > D < 100 (> 100)$, si sono scelti 5 campi. Nel caso "Ac₅" sono incluse anche le situazioni in cui, indipendentemente dai risultati ottenibili dal confronto fra le portate medie mensili stagionali, si hanno fluttuazioni giornaliere dovute a regolazioni idrauliche in quanto esse determinano gravi conseguenze sull'idrofauna (FORNERIS ed Altri, 1989 e 1990).

Ad: portate di piena

Le piene esercitano una azione molto importante sui fondali dei corsi d'acqua. L'annullamento di tali manifestazioni idrologiche comporta lo sviluppo eccessivo di vegetazione acquatica con trasformazione dei microhabitat e dei popolamenti sia dei macroinvertebrati bentonici, sia dell'ittiofauna. Inoltre verrebbe a mancare l'azione di rimozione dei detriti organici che si accumulerebbero con effetti negativi sull'ecosistema fluviale. Non bisogna dimenticare infine che le piene contribuiscono, grazie all'azione erosiva dell'acqua, soprattutto con il carico solido, a determinare le caratteristiche morfologiche dell'alveo e la granulometria dei fondali. Pertanto, valutando negativamente l'eliminazione delle piene in corsi d'acqua, si possono prevedere 5 campi:

- Ad₁:** sono sostanzialmente invariate le piene rispetto a quelle naturali;
- Ad₂:** forte riduzione delle piene primaverili o di autunnali (regimi nivopluviali e pluviali) e/o di quella estiva (regimi nivoglaciali);
- Ad₃:** forte riduzione sia delle piene primaverili, sia di quelle autunnali;
- Ad₄:** le piene si manifestano soltanto in occasione di manifestazioni idrometeorologiche particolarmente eccezionali;
- Ad₅:** totale assenza di fenomeni di piena.

In sintesi la determinazione del livello di qualità basato esclusivamente sul fattore "A" (idrologia), può essere così calcolato:

$$A = \frac{Aa_x + Ab_x + Ac_x + Ad_x}{N_a}$$

Dove "X" rappresenta il livello (da 1 a 5) per ciascuna variabile "Aa", "Ab", "Ac" e "Ad". Si ottiene quindi un valore da un minimo $A = 1$ (situazione attuale coincidente, dal punto di vista idrologico, a quella naturale) ad un massimo $A = 5$ (il massimo della alterazione delle caratteristiche idrologiche rispetto alla situazione naturale).

8.3 - Fattore B: qualità chimica delle acque

Tra tutti i fattori considerati, quello relativo alle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque è, senza dubbi, il più complesso, in funzione del tipo, del numero di rilevamenti e dei parametri necessari per ottenere risultati attendibili dalle analisi dei campioni prelevati in corrispondenza della sezione sul corso d'acqua. La condizione ideale è rappresentata da un grande numero di campionamenti (al limite in modo continuo) con il maggior numero di analisi (al limite tutti i parametri determinabili); ma ciò non è possibile per evidenti motivi. Ai nostri fini si ritiene di considerare i valori "peggiori" (più elevati) fra quelli ottenuti dalle analisi di laboratorio su campioni d'acqua prelevati in occasione delle due campagne effettuate nel bacino del Po (**cap. 5**) durante le situazioni idrometeorologiche nelle quali si "sospetta" la massima concentrazione dei parametri considerati (normalmente nei periodi di magra). Si ritiene di non considerare il valore medio in quanto poco significativo rispetto al numero di campionamenti. Un maggior numero di rilievi determinerebbe consistenti incrementi dei costi e dei tempi tali da non renderli più compatibili rispetto agli obiettivi delle analisi. La scelta di utilizzare i valori "peggiori" rispetto ai dati per i parametri considerati, non è in funzione di una ricerca di eventuali inquinamenti, ma deriva dalla constatazione che, in genere, la qualità media di un ambiente dipende non solo dall'insieme delle componenti che lo condizionano nel tempo e nello spazio, ma anche e soprattutto dal singolo elemento di peggiore qualità. Quindi la qualità media di un corpo idrico, considerando anche gli aspetti biologici, dipende, in modo importante, dalla situazione di maggior criticità rispetto ai parametri chimici.

Per quanto riguarda la scelta dei parametri fisico - chimici da considerare, si sono considerati quelli ottenuti dalle analisi chimiche effettuate sui campioni raccolti nelle due campagne di luglio e dicembre 1997 (**tabb. 10** e **11**). Alcuni dei parametri considerati sono stati utilizzati per formulare un giudizio $B = 1 \div 5$ sulla base di una classificazione proposta nell'ambito del "Piano di risanamento della Regione Lombardia", ripresa e adattata dalla REGIONE PIEMONTE (1992) in occasione dell'elaborazione dei dati del "Terzo censimento dei corpi idrici" effettuato nel periodo settembre 1989 \div dicembre 1990 ed ancora leggermente modificata come illustrato in **tab. 12**.

8.4 - Fattore C: qualità biologica delle acque

La determinazione del fattore "C" si basa essenzialmente sulla valutazione della qualità biologica delle acque espressa con il metodo dell'I.B.E. (WOODWISS, 1964, 1978, 1981; GHETTI, 1986 \div 1997; ICALPE, 1990) fondato sullo studio delle comunità di macroinvertebrati bentonici. Per descrivere, in modo completo e dettagliato, la qualità dell'acqua di un fiume, sono necessarie numerose rilevazioni relative alle variabili fisico - chimiche nelle diverse stagioni e in diverse situazioni idrologiche. Allo stesso modo dovrebbero essere utilizzati altri metodi di valutazione basati su caratteristiche biologiche per integrare i valori ottenuti con l'I.B.E (per es. gli indici saprobici o le analisi batteriologiche). Gli studi delle comunità ittiche e dei carichi antropici completano una valutazione generale sullo stato dell'ecosistema fluviale quale risultato dell'interazione di numerosi fattori ecologici.

Dovendo scegliere un solo metodo di facile e veloce applicazione, che porti a risultati utili, anche con una sola campagna di rilevamento, quello basato sull'I.B.E. è, senza dubbi, il migliore ed è oggi il più utilizzato. Tuttavia, come già discusso in una vasta letteratura, tale metodo, anche se molto utile per valutazioni provvisorie e generiche e adatto per il mappaggio della qualità biologica delle acque, non può essere assunto come unico e sicuro sistema di determinazione della qualità di un ecosistema fluviale. Piuttosto esso si presta bene per una valutazione integrata di più fattori, come previsto con il presente modello. Il metodo E.B.I. presenta inoltre il vantaggio di esprimere un risultato finale in cinque classi di qualità, in modo semplice e schematico; caratteristica questa che consente l'inserimento in modelli applicativi.

C₁ : prima	classe E.B.I. > 9	I.R. = 1	inquinamento assente
C₂ : seconda	classe E.B.I. = 8 - 9	I.R. = 2	inquinamento rilevabile
C₃ : terza	classe E.B.I. = 6 - 7	I.R. = 3	inquinamento evidente
C₄ : quarta	classe E.B.I. = 4 - 5	I.R. = 4	inquinamento grave
C₅ : quinta	classe E.B.I. < 5	I.R. = 5	inquinamento gravissimo

Nel caso di situazioni con alveo asciutto vale il fattore "B₅".

8.5 - Fattore D: ittiofauna

La valutazione dello stato dell'ittiofauna può fornire indicazioni sulla qualità biologica delle acque. Non si deve pensare che una determinata specie possa essere considerata, da sola, un "biosensore" importante per la qualifica di un ambientale acquatico. In realtà è necessario esaminare nell'insieme le comunità ittiche considerando tutte le specie presenti e, se possibile, valutarne la struttura di popolazione. I pesci di un determinato corso d'acqua sono certamente sensibili alle alterazioni ambientali intese, queste ultime, come modificazione del regime idrologico, variazione dei livelli di trofia e/o dei livelli di inquinamento, manomissioni dell'alveo, ecc... Ma l'ittiofauna è sensibile anche ad altri tipi di "disturbi" quali la pesca, l'introduzione di specie esotiche, i ripopolamenti per fini alieutici, ecc... non evidenziabili con altri metodi di valutazione. Lo stato dell'ittiofauna infine, può fornire indicazioni sul valore economico di un ecosistema fluviale in modo più diretto rispetto ad altre variabili. La produttività ittiogenica e/o la relativa biomassa potrebbero essere correlate con i costi necessari per una identica produzione di tipo estensivo. Occorre tuttavia ribadire che una simile impostazione non può essere facilmente ammessa da un punto di vista naturalistico, visto anche il valore storico/culturale, non monetizzabile, di un qualunque "oggetto" o "sistema naturale". Pertanto le descrizioni dello stato dell'ittiofauna per la determinazione del giudizio di qualità idrobiologica di un corso d'acqua, non tengono conto solo della produttività ittiogenica, dato che anche la qualità di un fiume oligotrofico può essere tale da meritare un giudizio di primo livello. Vengono pertanto proposti i seguenti campi (la cui scelta può essere determinata non necessariamente sulla base di tutte le considerazioni espresse per ciascuno):

D₁: Sono presenti tutte le specie ittiche potenziali con popolazioni ben strutturate; assenti o rari individui di specie esotiche; assente o scarsa o scientificamente controllata l'attività di ripopolamento; assenti o insignificanti i prelievi idrici.

D₂: Sono presenti tutte le specie ittiche, ma con popolazioni non ben strutturate (presenza di fattori ambientali negativi); sono presenti individui di specie esotiche; abbastanza intensa l'attività di ripopolamento; presenza di prelievi idrici, ma non particolarmente conspicui. Oppure le popolazioni ittiche si trovano nella situazione descritta al precedente punto nonostante massicci prelievi idrici, ma mai tali da lasciare l'alveo asciutto (portate minime mai inferiori alle magre storiche), quindi con impatto principale quasi unicamente dovuto alla perdita di produttività biologica (senza conseguenze significative sulla biodiversità).

D₃: Sono assenti una o più specie fra quelle più sensibili; molto frequenti gli individui di specie esotiche; massicci ripopolamenti; evidenti effetti negativi determinati da prelievi idrici e/o da inquinamenti.

D₄: Sono presenti solo le specie ittiche ecologicamente meno esigenti; presenza di massicci prelievi idrici e/o inquinamenti.

D₅: i pesci, anche se per brevi periodi e indipendentemente da qualsiasi altra considerazione, sono confinati in pozze distribuite in alvei resi quasi asciutti da captazioni idriche; questa condizione può essere assimilata ad assenza totale, o quasi, di pesci (per inquinamento intenso) oppure a totale, o quasi, assenza di acqua.

8.6 - Fattore E: carico antropico

Una valutazione sintetica della qualità delle acque in funzione del carico antropico può essere effettuata considerando la concentrazione teorica media annua di fosforo totale determinato sulla base di indagini socio - economiche analogamente a quanto effettuato per il bacino del Po (**tab. 7**). Quindi, sulla base di quanto proposto da FORNERIS ed Altri (1990), la formulazione del giudizio "D" di qualità si basa su cinque valori (1 ÷ 5):

D₁ → Ct/Q = < 30 µg/l	bacino poco o nulla antropizzato
D₂ → Ct/Q = 31 ÷ 50 µg/l	
D₃ → Ct/Q = 51 ÷ 100 µg/l	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
D₄ → Ct/Q = 101 ÷ 600 µg/l	
D₅ → Ct/Q = > 600 µg/l	bacino fortemente antropizzato

Sulla base della classificazione sopra proposta, i bacini sottesi alle sezioni di riferimento individuate sul bacino del Po chiuso alla confluenza con il Pellice nel territorio della provincia di Cuneo sono stati raggruppati nelle seguenti classi:

classe D₁ (Ct/Q < 30 µg/l):

Po	(sezione 01)	Po	(sezione 02)
Tossiet	(sezione 07)	Lenta	(sezione 08)

classe D₂ (Ct/Q = 31 ÷ 50 µg/l):

Po	(sezione 03)
----	--------------

classe D₃ (Ct/Q = 51 ÷ 100 µg/l):

Po	(sezione 04)
----	--------------

classe D₄ (Ct/Q = 101 ÷ 600 µg/l)

Po	(sezione 05)	Po	(sezione 06)
Croesio	(sezione 09)	Bronda	(sezione 10)
Ghiandone	(sezione 12)	Ghiandone	(sezione 13)
Grana	(sezione 14)	Riosecco	(sezione 15)
Cantogno	(sezione 16)		

classe D₅ (Ct/Q > 600 µg/l)

Torto	(sezione 11)
-------	--------------

Cinque ottavi delle sezioni considerate (oltre il 60 %) sottendono bacini sottoposti ad elevata antropizzazione, soprattutto (su quanto verificato nei precedenti capitoli) per la presenza di attività zootecniche, risultando quasi nullo il carico industriale ed entro valori accettabili quelli civile e agricolo. Poco più del 30 % dei bacini merita il giudizio di buona qualità; essi sono impostati nella parte montana dell'areale considerato in questo studio dove, comunque, il carico zootecnico permane su livelli significativi.

8.7 - Valutazione globale

La valutazione complessiva è un giudizio di qualità che risulta dalla "media" dei cinque fattori "A", "B", "C", "D" ed "E" considerati; indicando con "I" l'**indice globale di qualità idrobiologica**, si ottiene:

$$I = \frac{A_x + B_x + C_x + D_x + E_x}{N_i}$$

Dove $N_i = 5$ se è possibile fornire per tutte le variabili "A", "B", "C", "D" ed "E" il valore X da 1 a 5. Il valore finale può variare da 1 (ecosistema fluviale in ottime condizioni) fino a 5 (ecosistema fluviale in pessime condizioni) ammettendo anche la possibilità di decimali per facilitare, quando necessario, confronti fra situazioni temporali diverse per uno stesso ambiente in evoluzione, oppure fra situazioni coeve di ambienti diversi (**tab. 22**).

sezioni	fattori					globale
	A	B	C	D	E	
01 - Po	2,5	1	1	3	1	1,7
02 - Po	3	1	1	3	1	1,8
03 - Po	3,5	2	1	2	2	2,1
04 - Po	5	1	3	2	3	2,8
05 - Po	2,5	2	2	2	4	2,5
06 - Po	2	3	2	2	4	2,6
07 - Tossiet	3	1	1	2	1	1,6
08 - Lenta	2,5	1	1	2	1	1,5
09 - Croesio	2,5	3	1	2	4	2,5
10 - Bronda	4	4	4	4	4	4,0
11 - Torto	4	3	4	5	5	4,2
12 - Ghiandone	2,5	4	2	2	4	2,9
13 - Ghiandone	2,5	4	2	2	4	2,9
14 - Grana	3	4	1	1	4	2,6
15 - Riosecco	3	4	3	1	4	3,0
16 - Cantogno	2,5	3	3	2	4	2,9
medie	3,00	2,56	2,00	2,31	3,13	2,60

Tab. 22 – Indici di qualità idrobiologica globale (**I**) relativi alle sezioni di riferimento S01 ÷ S16 individuate sul reticolo idrografico del Po a monte della confluenza con il Pellice. Vengono indicati anche i fattori di qualità relativi all'idrologia (**A**), alla chimica (**B**), alla biologia (**C**), all'ittiofauna (**D**) ed al carico antropico (**E**).

Per quanto attiene il bacino del Po, sotteso alla sezione di confluenza con il Pellice, risulta un indice medio, rappresentativo dell'intero reticolo idrografico indagato pari a 2,60. Tale valore è condizionato negativamente soprattutto dall'elevato carico antropico (prevalentemente per l'agricoltura e la zootecnia) che caratterizza, in modo particolare, il medio e basso bacino (valore medio del fattore "E" pari a 3,13) e dal sistema di utilizzazione delle

risorse idriche (idroelettrico in montagna ma, in misura più accentuata, l'irriguo in pianure) che assegna al fattore "A" un valore medio pari a 3,00. Gli ambienti caratterizzati dai valori più bassi dell'indice "I" (inferiori a 2) sono l'alto Po ($I = 1,7 \div 1,8$), il Tossiet ($I = 1,6$) ed il Lenta ($I = 1,5$) che risulta quindi l'ambiente più pregiato fra tutti quelli indagati. Il tratto del fiume Po in peggiori condizioni risulta quello a valle di Martiniana, con indice vicino al valore 3, ciò a causa soprattutto della forte alterazione del regime idrologico (fino a comportare il prosciugamento dell'alveo). I corsi d'acqua che si trovano nelle condizioni peggiori sono il Bronda ($I = 4,0$) ed il Torto ($I = 4,2$), risultato di una forte alterazione delle condizioni ambientali per tutti i fattori considerati.

9 - USI DELL'ACQUA

La situazione degli usi dell'acqua in Piemonte è il risultato di una storia antica di concessioni al prelievo sulla base di criteri economici, senza considerare le esigenze di tutela degli ecosistemi acquatici. In molti casi le concessioni permettono la derivazione di portate superiori a quelle naturali. Ciò spiega il motivo per cui frequentemente gli alvei dei corsi d'acqua risultano con portate fortemente ridotte. Con il passare dei decenni la situazione è diventata sempre più complessa e grave:

- i progetti spesso non sono corredati da una relazione idroclimatica sufficientemente approfondita;
- vi è assenza di criteri di gestione delle risorse idriche; le amministrazioni, che devono organizzare le pratiche delle istruttorie, non hanno ancora a disposizione riferimenti per indirizzare le pratiche stesse.
- vi è carenza di conoscenze delle caratteristiche idroclimatiche e naturali dei bacini; è quindi difficile gestire domande di nuove concessioni e riordinare il sistema di quelle operanti.
- lo stato delle pratiche relative alle concessioni risulta caotico ed è il risultato di adattamenti e sanatorie che, in qualche caso, hanno più di un secolo di storia alle spalle;
- gli archivi non sono organizzati; le pratiche relative alle concessioni non sono facilmente reperibili;
- l'insieme delle captazioni idriche e dei canali è talmente complesso che risulta difficile una descrizione attendibile della situazione attuale.

In tale situazione è difficile garantire la conservazione degli ecosistemi acquatici. I soggetti coinvolti nelle istruttorie dovrebbero avere a disposizione piani di gestione delle risorse idriche con indicazioni sulle aree potenzialmente sfruttabili o, viceversa, che richiedono tutela. Purtroppo, in assenza di programmazione, prevale l'improvvisazione con conseguente ulteriore aggravamento della situazione.

La situazione dei corsi d'acqua delle aree protette non è migliore ed è perciò importante che, "...nell'ambito delle aree naturali protette nazionali e regionali, l'ente gestore dell'area protetta, sentita l'Autorità di bacino, definisca le acque sorgive, fluenti e sotterranee necessarie alla conservazione degli ecosistemi, che non possono essere captate...." (comma 1 dell'Art. 25 della Legge nazionale 36 del 5/1/1994). Gli enti gestori delle aree protette non hanno gli strumenti utili per realizzare tale obiettivo; in realtà non è possibile oggi, in poco tempo, ottenere un quadro sufficientemente chiaro dell'insieme attuale degli utilizzi dell'acqua.

Il presente rapporto di sintesi è uno strumento che l'Ente gestore del sistema delle aree protette del tratto cuneese della fascia fluviale del Po può adottare per la gestione delle risorse idriche affinché possa intervenire in modo appropriato nei processi decisionali relativi all'uso delle acque.

9.1 - Metodi di gestione della risorsa idrica

Agli inizi del 1990 fu prodotta una "circolare" riguardante le Istruzioni Tecniche per la "Determinazione del DMV - deflusso minimo vitale in un corso d'acqua naturale - standard PD-IT/1" (REGIONE PIEMONTE, 1991). Il capitolo 3 del presente rapporto riporta i valori del DMV per tutte le sezioni considerate nel presente studio. Nell'ambito del Progetto M.A.R.I.U.S. (REGIONE PIEMONTE, 1988) è stato organizzato il "catasto delle utenze idriche superficiali" con l'obiettivo di costituire una banca dati (con la collaborazione del C.S.I. - Piemonte) in grado di raccogliere i dati più significativi sulle concessioni delle utenze idriche nel territorio piemontese. Il "Piano Direttore Regionale per l'Approvvigionamento Idropotabile e l'Uso Integrato delle Risorse Idriche" (REGIONE PIEMONTE, 1993) pone in primo piano la necessità di una programmazione a lungo termine, nell'interesse della collettività. Tuttavia **la pianificazione su area vasta non può ignorare le implicazioni a livello locale.**

Le succitate Istruzioni Tecniche indicano i criteri per la "regolamentazione di uno fra gli aspetti più importanti e prioritari che determinano il regime di portata di un corso d'acqua in presenza di utilizzazioni d'acqua: **il deflusso minimo vitale in alveo perché si mantengano vitali - seppure prossime ad essere critiche - le condizioni istantanee di funzionalità e di qualità dell'ecosistema fluviale, in senso globale**". Nelle Istruzioni si precisa che il DMV risponde "...oltre che a criteri di qualità ambientale, a obiettivi di salvaguardia del bilancio idrico a livello regionale, di tutela delle utenze minori, di mantenimento delle capacità di autodepurazione dei corsi d'acqua e di preservazione di una base minima di risorse idriche per necessità future". Se le "Istruzioni Tecniche" sul DMV rappresentano uno strumento importante per la gestione delle risorse idriche superficiali, **ciò non significa che le richieste di nuove concessioni debbano essere tutte soddisfatte purché sia applicato il DMV**. L'applicazione di tali Istruzioni non può essere considerata uno strumento unico e definitivo. La gestione deve prevedere quali sono le acque ancora utilizzabili e quelle che devono essere conservate parzialmente o integralmente e soltanto sulle prime dovrebbe essere applicato il DMV. Oppure si possono prevedere alcune

determinate situazioni nelle quali sia possibile concedere deroghe rispetto ad una prima determinazione del DMV.

L'applicazione del DMV non è l'unico mezzo per ottenere l'assenso alle concessioni di uso delle acque, ma è un dispositivo atto a costituire un "limite" che occorrerebbe superare per il mantenimento di condizioni normali nell'ambiente fluviale e ciò vale, a maggior ragione, per le acque naturali inserite nelle aree protette.

Riassumendo i concetti fin qui esposti, si può affermare che i problemi legati alla gestione delle risorse idriche sono risolvibili solo con la conoscenza delle caratteristiche delle risorse che permetta di:

- **identificare le porzioni dei corsi d'acqua da sottoporre a recupero;**
- **rivedere le concessioni caratterizzate da scarso rendimento tra risorsa idrica consumata e produzione economica, in relazione all'impatto ambientale;**
- **segnalare gli ecosistemi di particolare pregio che necessitano della conservazione dei regimi idrologici naturali e/o che, per caratteri naturalistici e/o paesaggistici, devono essere sottoposti a tutela anche in funzione di esigenze di valorizzazione turistica (ciò significa, per le aree protette, l'applicazione dell'art. 25 della Legge Nazionale 36/94).**

9.2 - L'uso idroelettrico nel bacino dell'alto Po

I principali corsi d'acqua del reticolo idrografico del bacino dell'alto Po sono sfruttati per fini idroelettrici.

L'impianto idroelettrico Burgo è costituito da due prese d'acqua sui torrenti Massara e Tossiet, poco a monte della loro confluenza. L'acqua viene quindi trasportata in condotta ad attraversare il Po presso Serre Uberto, dove è presente un'altra opera di captazione idrica sul fiume principale. In tal modo la portata derivata è quella data dalla somma delle tre derivazioni; essa viene trasportata, sempre in condotta, nei pressi di Oncino, dove viene incrementata dalle opere di presa sul Giulian e sul Lenta e successivamente poco a monte di Claputur nel bacino del Frassia, dove è presente un'ultima captazione dall'omonimo torrente. Infine la condotta "precipita" a Calcinere dove l'acqua viene turbinata per la produzione idroelettrica, prima di essere restituita al Po.

Immediatamente a valle di Calcinere, sul Po, è presente un'opera di presa ENEL che porta l'acqua in condotta fino alla località Gerbido, dove

viene incrementata con la portata del piccolo torrente Cornaschi e successivamente con quella più consistente del Croesio presso la località Ciabot Garsin. L'acqua così derivata viene portata a Sanfront, dove viene utilizzata dalla centrale idroelettrica e quindi scaricata in Po presso il ponte.

Da segnalare inoltre, sul rio Bule (bacino del Lenta) un'altra derivazione per fini idroelettrici (Alpiluce) che restituisce l'acqua poco a monte della succitata presa della Burgo. Sono infine da considerare nuovi progetti che riguardano i torrenti Croesio, Cornaschi, Frassaglia, Julian, Pissai (due), Po (due: Pian della Regina e Crissolo) e Tossiet.

In sintesi la maggior parte dei corsi d'acqua della testata del bacino del Po e di quasi tutto il versante destro verso valle, fino all'altezza di Sanfront, sono sfruttati per fini idroelettrici. Immediatamente a valle delle opere di presa le portate si riducono notevolmente ed in qualche caso si verificano veri e propri prosciugamenti degli alvei; infatti le relative concessioni d'uso delle acque non prevedono deflussi minimi vitali. Nel caso in cui venissero realizzati tutti i progetti previsti, si determinerebbe un grave peggioramento della situazione, attualmente già precaria (come osservato nei precedenti capitoli).

9.3 - Nuovi criteri per l'uso idroelettrico

In attesa di strumenti adeguati di pianificazione e gestione delle risorse idriche articolati a livello di bacini tributari del Po o comunque di aree di estensione limitata per l'esame dettagliato dei problemi locali¹, sono comunque possibili alcune riflessioni che possono costituire, in linea provvisoria, utili riferimenti di immediata applicazione. A questo proposito merita ricordare lo studio realizzato per conto della Provincia di Torino sul bacino dell'Orco (C.R.E.S.T., 1994). In esso è stato introdotto un concetto fondamentale: **la resa di un impianto per la produzione di energia idroelettrica non deve essere valutata esclusivamente in termini economici o di valori assoluti di energia prodotta, ma deve anche essere confrontata con la corrispondente portata d'acqua necessaria alla produzione stessa.** Da tale considerazione si è pertanto ritenuto opportuno proporre una ipotesi di valutazione di "rendimento reale" di un impianto idroelettrico fondato sul rapporto tra potenza nominale (**P**; kW) e portata media annua utilizzata (**Q**; l/sec). Con il calcolo del rendimento

¹ Vale la pena ricordare le indagini, condotte già dall'estate 1998, riguardanti la "Predisposizione di studi e ricerche finalizzate alla definizione di linee di gestione delle risorse idriche dei bacini idrograficidella Provincia di Torino,...." (D.G.P. N. 128 - 182882/96 del 30/12/1996 e 61 - 55455/97 del 8/5/1997).

reale (**P/Q**) ci si pone la seguente domanda: "qual'è la potenza nominale di un impianto per ogni litro al secondo d'acqua sottratto all'ecosistema fluviale?" L'impatto indotto su un corso d'acqua può essere valutato e confrontato con la produzione di energia? Sicuramente la consapevolezza di un danno su un fiume per una sottrazione di portata che comporti una scarsa produzione, non può giocare a favore dell'assenso ad un impianto con simili caratteristiche, anche se la produzione di energia riveste un ruolo di importanza strategica per l'economia nazionale.

Alla luce di tali riflessioni e sulla base dell'analisi dei rendimenti degli impianti nel bacino dell'Orco (che ha confortato quanto già emerso per il bacino dello Stura di Lanzo; FORNERIS ed Altri, 1991) si è verificato che pochi impianti, caratterizzati da un elevato rendimento **Q/P**, producono quasi tutta l'energia ottenuta con le acque del bacino; la maggior parte degli impianti (basso rendimento **P/Q**) producono una frazione molto piccola di energia pur "consumando" una portata tripla dell'insieme dei precedenti².

Lo studio sul bacino dell'Orco ribadisce che "una corretta gestione delle risorse idriche superficiali non impone l'obiettivo illusorio del consumo di acqua ed eliminazione totale degli impatti, ma impone l'eliminazione degli sprechi ed il massimo rendimento tra produzione e consumo". Pertanto sono stati proposti i seguenti principi:

- **eventuali nuove concessioni per produzione di energia possono essere assentite soltanto con rapporto P/Q uguale o superiore a 1 kW/l/sec;**
- **sono da considerarsi incompatibili gli impianti esistenti caratterizzati da rapporto P/Q inferiore a 0,5 kW/l/sec;**
- **sono da considerare incompatibili ed anacronistiche le concessioni per forza motrice.**

Tali principi, in attesa di ulteriori norme e definizioni emanate dalle Amministrazioni Provinciali e Regionali, dallo Stato e dall'Autorità del Bacino del Po³ e pur avendo carattere provvisorio, potrebbero essere

² Nel bacino dell'Orco sono presenti un centinaio di utenze di cui il 40 % per usi idroelettrici ed il 60 % per forza motrice (potenza nominale complessiva 110.741 kW); l'insieme delle utenze per forza motrice comporta una produzione irrigoria di energia (617 kW); quasi tutte le utenze per forza motrice impongono l'alimentazione dei canali irrigui e quindi sottrazione di acqua dal reticolo idrografico naturale, oltre il periodo irriguo maggio ÷ settembre; numerosissimi impianti (in genere i più piccoli, disposti verso la pianura) sottraggono molta acqua dal reticolo idrografico naturale per produrre pochissima energia; 1/5 degli impianti esistenti (quelli di maggiori dimensioni, disposti in montagna) produce quasi 9/10 di tutta l'energia prodotta con le acque del bacino dell'Orco.

³ Giova ricordare che sono attualmente in fase di attuazione gli studi relativi al Progetto Speciale PS 2.5 dell'Autorità del Bacino del fiume Po sulle "azioni per la predisposizione di una normativa riguardante il minimo deflusso vitale negli alvei".

assunti quali criteri per l'attribuzione di giudizi di compatibilità ambientale degli impianti attuali e di quelli in progetto.

9.4 - L'uso irriguo nel bacino del basso Po

Si è già avuto modo di descrivere, nei precedenti capitoli, la situazione relativa alle captazioni per fini irrigui per quanto attiene il reticolo idrografico del bacino del Po di pianura, soprattutto dal punto di vista degli effetti sugli ecosistemi fluviali. A questo proposito si è ritenuto di definire tali effetti come la tipologia di impatto più grave non solo sul fiume Po, ma anche sui principali affluenti. Si ritiene tuttavia di approfondire l'analisi del sistema di derivazione idrica sulla sinistra del Po, presso il ponte di Sanfront, in corrispondenza dello scarico della centrale idroelettrica dell'ENEL citata al precedente paragrafo. Si tratta della principale captazione idrica per fini irrigui del bacino del Po ed è responsabile del fenomeno di prosciugamento più eclatante, frequentemente capace, nel periodi di magra di tarda estate, di annullare completamente i deflussi del Po fino alle confluenze del Torto e del Bronda (si è già avuto modo, alla pag. 18, di escludere l'ipotesi di perdite per infiltrazioni in sub-alveo).

Il giorno 5 agosto 1999 è stata visitata la rete irrigua alimentata dalla suddetta derivazione. Da questa ha origine un canale che, sulla sinistra del Po, scorre sopra la quota di 400 m verso Sud - Est, tra la strada che collega Revello con San Front e la base del versante meridionale del crinale fra il M.te Bracco e la R.ca Bronva. Dopo un percorso di circa 4 km giunge nell'alta pianura della fascia sinistra del Po, poco a Sud di Revello (300 ÷ 400 m s.l.m.). Il canale piega quindi verso Nord - Est (*bealera comune*) e dopo pochi chilometri (perdendo oltre 50 m di quota) giunge nella vasta porzione territoriale il cui nucleo principale è rappresentato dall'interbacino compreso fra i bacini del Ghiandone e del Po, nella fascia altimetrica 250 ÷ 300 m s.l.m.

A questo punto il canale alimenta una fitta rete di diramazioni artificiali secondarie (di cui qualcuna con portata quasi perenne fra le quali le *bealere Grunaudo, Nuova, Prata, Gavigliasca, Saccaborello*, ecc...) e del reticolo idrografico naturale minore (*rio Leasso, rio Martina, fosso Ventresina*, ecc...) utilizzate prevalentemente in funzione della distribuzione dell'acqua per fini irrigui. Il ramo principale, il cui toponimo (da I.G.M. 1:25.000) diventa "*bealera del Mulino*", giunge, quasi sempre ricco d'acqua, a Staffarda, da cui prosegue, verso Nord, fino a confluire, dopo meno di un chilometro, nel Ghiandone.

Le diramazioni artificiali e seminaturali più orientali confluiscano direttamente nel fiume Po, contribuendo quindi a rimpinguare le portate a valle delle confluenze con il Bronda e con il Torto (a monte di esse, come sopra accennato, il fiume risulta con alveo prosciugato). A occidente di questa porzione territoriale le acque delle diramazioni si confondono con quelle derivate dal Ghiandone che risulta infatti prosciugato nel suo tratto intermedio (poco a valle di Barge). Seguendo il letto di questo corso d'acqua si è constatata una netta ripresa dei deflussi, man mano avvicinandosi verso la confluenza con il Po, soprattutto grazie alla confluenza delle diramazioni secondarie sopra descritte, mentre non si sono riscontrati contributi significativi di risorgive.

Pertanto, seppure si ritengano necessarie ulteriori verifiche, si ritiene che l'ipotesi secondo la quale le cospicue portate del basso corso del Ghiandone risultano alimentate da acque sorgive, non sia corretta. Non si esclude che tale fenomeno esista, ma è probabile che esso sia molto limitato e, tutto sommato, entro la normalità idrologica di un bacino che, verso valle, raccoglie acque dal suo naturale areale di carico; al massimo si può riconoscere che esso sia poco più accentuato rispetto a quanto accade in altri bacini. Si potrebbe ipotizzare che la supposta forte alimentazione da parte delle sorgenti sia dovuta all'abbondanza delle acque del Po prelevate a San Front, disperse sulla piana irrigua, infiltrate nel sottosuolo e quindi riemergenti nell'alveo del Ghiandone. In realtà si è avuto modo di verificare che l'acqua giunge direttamente nel fiume tramite le confluenze dei canali e dei fossi.

E' doveroso considerare inoltre che il prosciugamento del fiume Po a valle di Martiniana (e nei periodi estivi più siccitosi anche a valle di San Front), così come verificato grazie ai ripetuti controlli effettuati nell'ambito delle campagne di rilevamento (1997/98) della qualità delle acque e per l'ittiofauna, è chiaramente dovuto alle captazioni idriche. Le eventuali perdite nel sottostante materasso alluvionale (denunciate come principali responsabili del fenomeno) sono probabilmente molto limitate; in realtà l'acqua non mancherebbe, neppure nei periodi più siccitosi, nell'alveo del Po. Essa viene derivata totalmente per alimentare i canali irrigui, non del tutto utilizzata e quindi scaricata nel basso Ghiandone e probabilmente senza che ciò costituisca un vantaggio significativo per l'alimentazione delle acque sotterranee.

Una corretta gestione delle risorse idriche impone quindi un limite alla captazione idrica di San Front (e naturalmente a tutte le altre minori) a quanto è strettamente necessario ai fabbisogni irrigui, in modo che non vi siano acque eccedenti (salvo situazioni eccezionali) da immettere nel Ghiandone (rispetto al quale si ritiene sufficiente il mantenimento del deflusso minimo vitale). In tal modo nel Po potrebbe rimanere acqua in quantità necessaria per mantenere vivo il

fiume e con probabili vantaggi per le acque sotterranee ed in misura più conveniente rispetto a quanto atteso con lo spreco di acque irrigue.

9.5 - Nuovi criteri per l'uso irriguo

Nell'ambito di uno studio (C.R.E.S.T., 1999) sull'applicazione dell'art. 25 Legge 5.1.1994 n 36 (c.d. Legge Galli) per conto del tratto torinese del parco del Po, è stato valutato il fabbisogno idrico medio per fini irrigui (FI_m) sulla base della determinazione dell'evapotraspirazione reale secondo il metodo THORNTHWAITE (1946 ÷ 1957) in condizioni climatiche di elevata siccità e tenendo conto delle possibili perdite che riducono il "rendimento del campo" e quelle di adduzione. E' risultato un fabbisogno idrico pari a $FI_m = 0,65 \text{ l/sec/(hm)}^2 = 65 \text{ l/sec/(km)}^2$. Tale valore è stato determinato considerando l'intero bacino del Po sotteso alla sezione di confluenza con la Dora Baltea e quindi rappresentativo anche del territorio oggetto del presente rapporto di sintesi.

Il valore $[FI_m = 0,65 \text{ l/sec/(hm)}^2]$ è da intendersi quale valore massimo di riferimento per le concessioni di derivazioni e/o ritenzioni idriche dalle zone umide naturali ad acque correnti e/o stagnanti permanenti indipendentemente dai tipi di coltura e dai tipi di suoli per l'irrigazione delle aree poste ad una altitudine pari o inferiore a 400 m s.l.m. nel bacino del fiume Po sotteso alla sezione di confluenza con la Dora Baltea.

Esso, tenuto conto della particolare attenzione per evitare eventuali sottostime, può essere ritenuto un valore in grado di garantire le colture più esigenti anche in periodi siccitosi. Si possono tuttavia riscontrare situazioni eccezionali caratterizzate da contemporaneità di fattori sfavorevoli quali: culture idroesigenti, condizioni meteorologiche sfavorevoli, terreni molto permeabili e forti perdite per adduzione (percorsi eccessivamente lunghi dei canali e cattiva manutenzione degli stessi); in tali casi il valore di riferimento individuato potrebbe essere insufficiente, ma in qualsiasi caso, in funzione della superficie $[S; (hm)^2]$ da irrigare, il dato relativo alla portata da utilizzare non potrà essere superiore al prodotto $[(FI_m) \times (S)]$. Occorre infatti considerare che la scelta della tipologia delle colture non può essere effettuata solo in funzione di fattori economici (seppure importanti) considerando la risorsa acqua come subordinata; una simile impostazione renderebbe impossibile ogni tentativo di mediazione fra sviluppo e tutela delle risorse idriche. Le esigenze della collettività impongono oggi una maggiore considerazione del "bene Natura"; pertanto le scelte dei tipi di coltura e delle modalità di

irrigazione devono anche tenere conto delle disponibilità delle risorse idriche senza pregiudizio eccessivo della qualità degli ambienti acquatici (cioè riducendo gli sprechi).

La determinazione della portata derivabile per fini irrigui (che deve comparire come limite massimo nei disciplinari di concessione) non può tenere conto (ad eccezione delle risaie) delle diverse tipologie colturali. Si riconosce che le esigenze irrigue cambiano in funzione delle specie vegetali; in teoria il fabbisogno irriguo dovrebbe essere espresso in funzione delle stesse. Parimenti occorre considerare che le concessioni per fini irrigui, per ovvie ragioni, devono essere assimilabili a "contratti di lunga durata" (10 ÷ 30 anni). In lunghi intervalli di tempo si verifica normalmente una alternanza, più o meno accentuata, dei tipi di coltura e non è possibile prevedere (dai punti di vista tecnico e burocratico), in un disciplinare di concessione, una portata derivabile variabile in funzione delle possibili produzioni. E' inevitabile prevedere un valore costante che sia mediamente capace di garantire la maggior parte delle situazioni, che costituisca un sicuro ed affidabile riferimento per i produttori agricoli e che, anche in base ad esso, possano essere programmate le produzioni.

Il valore **FI_m** costituisce un riferimento per la determinazione della massima portata derivabile per fini irrigui indipendentemente dall'entità delle risorse idriche disponibili in un determinato ambiente acquatico oggetto di sfruttamento, ma non costituisce l'unico criterio guida per le istruttorie di concessione. Ovviamente rimane la condizione essenziale della determinazione del **Deflusso Minimo Vitale** secondo quanto previsto dalle *Istruzioni Tecniche* indicate alla Legge Regionale N. 5 del 13/4/1994, costituenti, allo stato attuale, l'unico riferimento normativo nella Regione Piemonte (REGIONE PIEMONTE, 1991).

Nello studio sulle risorse idriche del bacino dell'Orco si è verificato che l'utilizzo irriguo delle acque superficiali comporta un consumo poco superiore al limite **FI_m** sopra determinato. Si è anche constatato che l'insieme delle captazioni idriche per fini irrigui comportano un prelievo complessivo superiore alla risorsa disponibile al netto dei deflussi minimi vitali determinati mediante le succitate Istruzioni tecniche. Ammettendo che la situazione di sfruttamento delle acque del bacino dell'Orco sia paragonabile a quanto avviene in altre aree, ciò dimostra che:

- il valore **FI_m = 0,65 l/sec/(hm)²** sembra non discostarsi in modo significativo rispetto alle reali esigenze irrigue;
- ammesso che il valore **FI_m = 0,65 l/sec/(hm)²** sia corretto rispetto alle reali esigenze irrigue (oppure, più probabilmente, superiore) ed al netto degli sprechi d'acqua, si constata la possibile difficoltà, pur nell'ambito di una corretta gestione, di garantire contemporaneamente sufficienti

quantità d'acqua sia per l'irrigazione, sia per la conservazione degli ecosistemi acquatici;

- la determinazione del fabbisogno idrico medio quale riferimento per le concessioni irrigue necessita di valutazioni più approfondite, almeno su scala regionale; il valore **0,65 l/sec/(hm)²** è stato ottenuto con una metodologia ampiamente cautelativa rispetto alle reali esigenze irrigue; è ipotizzabile che uno studio più approfondito porti a valori inferiori; in tal caso la compatibilità fra sfruttamento ai fini irrigui e conservazione degli ecosistemi acquatici diventerebbe un obiettivo meno difficile da conseguire;
- il valore **Fl_m = 0,65 l/sec/(hm)²** può essere considerato provvisorio; esso risponde alla necessità di evitare prelievi d'acqua sicuramente eccessivi; molte delle attuali concessioni in atto, infatti, sono gestite mediante disciplinari che concedono portate derivabili superiori rispetto alle reali esigenze irrigue;
- il valore **Fl_m = 0,65 l/sec/(hm)²** può essere considerato come riferimento per le istruttorie di concessioni per fini irrigui come "limite tamponi" in assenza di una normativa più chiara ed aggiornata;
- la portata derivabile, calcolata mediante il valore **Fl_m = 0,65 l/sec/(hm)²**, può far parte del disciplinare con la clausola di imposizione di una nuova portata derivabile calcolata secondo altri criteri che deriveranno da eventuali norme successive determinate dall'Autorità di Bacino, dalla Regione o dalle Province.

Le precedenti valutazioni possono essere estese anche alle fasce altimetriche più elevate, ma cambiano i valori in funzione del gradiente termico verticale. All'aumentare dell'altitudine si riscontra una diminuzione della temperatura e quindi dei processi evapotraspirativi. Nel succitato studio del C.R.E.S.T. (1999) si è stabilita la correlazione tra altitudine ed evapotraspirazione reale in condizioni di siccità:

$$Fl_m = 0,714 - 0,000297 \cdot H$$

Secondo tale relazione l'intercetta sulle ordinate [(0,71 l/sec/(hm²))] è il fabbisogno idrico teorico all'altitudine di 0 m s.l.m. Ponendo invece $Fl_m = 0$, si ottiene l'altitudine 2.400 m s.l.m. oltre la quale l'irrigazione risulta inutile. Pertanto, riassumendo anche quanto sopra si è ritenuto di individuare le seguenti fasce altimetriche ed i relativi fabbisogni irrigui:

- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| • fascia altimetrica | < 400 m s.l.m. | $\Rightarrow 0,65 \text{ l/sec}/(\text{hm}^2)$; |
| • fascia altimetrica | 400 ÷ 800 m s.l.m. | $\Rightarrow 0,55 \text{ l/sec}/(\text{hm}^2)$; |
| • fascia altimetrica | 800 ÷ 1.200 m s.l.m. | $\Rightarrow 0,40 \text{ l/sec}/(\text{hm}^2)$; |
| • fascia altimetrica | 1.200 ÷ 1.700 m s.l.m. | $\Rightarrow 0,25 \text{ l/sec}/(\text{hm}^2)$; |
| • fascia altimetrica | 1.700 ÷ 2.000 m s.l.m. | $\Rightarrow 0,15 \text{ l/sec}/(\text{hm}^2)$; |
| • fascia altimetrica | > 2.000 m s.l.m. | $\Rightarrow 0,00 \text{ l/sec}/(\text{hm}^2)$. |

Inoltre soltanto per la fascia altimetrica di pianura si riscontra un deficit che si prolunga oltre il trimestre estivo. Pertanto si ritiene che il **periodo irriguo** per tale area debba essere l'intervallo 16 maggio ÷ 15 settembre. Per le fasce altimetriche più elevate il periodo irriguo dovrebbe essere limitato al solo trimestre 1 giugno ÷ 31 agosto.

9.6 - Il deflusso minimo vitale

I criteri sopra descritti per razionalizzare lo sfruttamento delle risorse idriche sono comunque subordinati alla concessione del cosiddetto **Deflusso Minimo Vitale (D.M.V.)** immediatamente a valle delle opere di derivazione e/o ritenzione idrica sui corsi d'acqua naturali. Alla **pag. 18** sono riportati i valori del D.M.V. calcolati con l'applicazione integrale della metodologia indicata dalle *"Istruzioni Tecniche"* dalla REGIONE PIEMONTE (D.G.R. 74-45166 del 26/4/1995 di cui alla L.R. 5 del 13/4/1994); tali valori possono essere confrontati con le portate di magra normale, praticamente coincidenti con quelle medie di durata pari a 355 giorni (q_{355} ; **tab. 2**). Questa metodologia fa riferimento alla determinazione della q_{355s} (cioè espressa come contributo di unità di superficie del bacino sotteso alla sezione di interesse; $l/sec/km^2$) mediante le formule SIMPO (REGIONE PIEMONTE, 1989).

Considerando una sezione su un determinato corso d'acqua con superficie di bacino sotteso "**S**" (km^2), altitudine mediana "**H**" (m s.l.m.)⁴ ed afflusso meteorico medio annuo "**A**" (mm)⁵, il contributo medio annuo (portata specifica "**Q_s**"; $l/sec/km^2$) vale:

$$Q_s = 0,0086 \cdot H + 0,03416 \cdot A - 24,5694 \quad (1)$$

Per la regione alpina (zona A) la formula per la determinazione della q_{355s} è la seguente:

$$q_{355s} = 0,07560 \cdot S^{0,068232} \cdot Q_s^{1,234733} \quad (2)$$

Dal confronto dei valori *"stimati"* con le suddette formule con quelli *"veri"* ottenuti con misure presso quelle sezioni sul reticolo idrografico

⁴ Per le sezioni S1 ÷ S16 considerate in questo studio i valori "S" ed "H" sono quelli riportati in **tab. 1**.

⁵ Per le sezioni S1 ÷ S16 considerate in questo studio i valori "A" sono quelli riportati in **tab. 2**, mentre per qualunque altra sezione si può fare riferimento alla carta delle isoiete (**fig. 2**)

piemontese ove hanno funzionato stazioni idrometriche per periodi di osservazione significativi, si è osservato che il metodo SIMPO tende a sovrastimare la q_{355s} nei bacini caratterizzati da elevate potenzialità idriche. Ciò si verifica soprattutto nel Piemonte Nord - orientale, caratterizzato dalle più alte precipitazioni regionali; in tali situazioni l'inserimento nella formula (1) di un elevato valore di afflusso meteorico medio annuo (A) porta, come giustamente atteso, ad una portata specifica media annua (Q_s) elevata. Ma ciò non significa che debbano essere proporzionalmente elevate anche le portate di magra, come la semplice applicazione della formula (2) lascia intendere. Infatti nelle aree caratterizzate da elevate precipitazioni l'apporto di acque meteoriche avviene, nella maggior parte dei casi, nelle situazioni meteorologiche responsabili delle piogge nell'intero settore italiano Nord - occidentale. In tali aree quindi piove di più quando, più o meno, piove in tutta la regione, ma nei periodi di scarse precipitazioni (solitamente nell'inverno, anche per più mesi consecutivi), responsabili delle situazioni di magra, i diversi bacini, indipendentemente dalla loro collocazione geografica regionale, dal punto di vista idrologico, si comportano in modo analogo; o meglio i deflussi sono condizionati soprattutto dai fattori geomorfologici, pedologici e vegetazionali in modo sicuramente diverso a seconda dei bacini, ma in modo simile per quanto riguarda gli afflussi meteorici, in quanto, quasi sempre, scarsi o praticamente nulli in tutto il Piemonte nelle situazioni meteorologiche caratterizzate dalle siccità. Nella porzione Sud - orientale della nostra regione avviene il contrario; succede cioè che il metodo SIMPO tende ad una sottostima della q_{355s} , anche se l'errore tende ad essere più contenuto.

E' evidente che il tentativo di descrivere modelli di comportamento idrologico dei bacini validi per una territorio vasto come il Piemonte porta inevitabilmente a delle approssimazioni. Per tali ragioni è stato adottato un sistema di correzione al fine evitare stime della q_{355s} troppo lontane dai valori reali. In sostanza si tratta di "correggere" la q_{355s} ottenuta con la semplice applicazione del SIMPO mediante un diagramma tramite il quale si può ottenere quella che viene denominata come la *"portata media annua Specifica di durata pari a 355 giorni Naturalizzata"* (q_{355s-N}). Per esempio con $q_{355s} = 1,2 \text{ l/sec/km}^2$ il valore di q_{355s-N} rimane invariato; per $q_{355s} = 0,6 \text{ l/sec/km}^2$ il valore di q_{355s-N} è superiore, cioè pari a $0,8 \text{ l/sec/km}^2$; per $q_{355s} = 6 \text{ l/sec/km}^2$ il valore di q_{355s-N} diminuisce al valore di $4,6 \text{ l/sec/km}^2$; in qualsiasi caso viene posto il limite massimo $q_{355s-N} = 6 \text{ l/sec/km}^2$ per qualunque valore di q_{355s} . La **tab. 23**, per le sezioni sul reticolo idrografico del bacino del Po sotteso alla confluenza con la Dora Baltea, ove hanno funzionato stazioni idrometriche per periodi di osservazione significativi, mette a confronto i valori specifici medi annui "veri" della portata di durata pari a 355 giorni (ottenuti da misure) con quelli "stimati" con SIMPO e "naturalizzati"

Fiume (stazione)	N anni	A mm	H m s.l.m.	S Km ²	q _{355s} M l/s/km ²	q _{355s} S l/s/km ²	q _{355s-N} l/s/km ²
Orco (Pont Canavese)	45	1.263	1.930	617	7,1	9,5	6,0
Stura Viù (Usseglio)	11	1.323	2.402	75	8,0	10,0	6,0
Stura Lanzo (Lanzo)	49	1.296	1.751	582	7,1	9,3	6,0
D.Riparia (Ulzio)	30	851	2.169	264	6,5	5,4	4,2
D.Riparia (Beaulard)	14	927	2.150	203	8,7	5,9	4,5
D.Riparia (S.Antonino)	27	841	1.613	1.048	8,2	4,3	3,4
Chisone (Souchères)	12	966	2.233	94	5,4	6,2	4,8
Chisone (Fnestrelle)	23	899	2.169	155	4,4	5,6	4,4
Chisone (S. Martino)	34	1.058	1.751	580	7,9	6,7	5,1
Po (Crissolo)	36	1.271	2.235	37	10,8	8,7	6,6
Po (Meirano)	44	1.000	959	4.885	3,6	4,7	3,7

Tab. 23 – Valori delle portate specifiche di durata media annua pari a 355 giorni sulla base delle “*misure*” effettuate alle stazioni idrometriche (q_{355s} **M**), “*stimate*” con SIMPO (q_{355s} **S**) e “*naturalizzate*” (q_{355s-N}) secondo quanto previsto dalle Istruzioni Tecniche sul DMV (REGIONE PIEMONTE, 1991). Per ogni stazione idrometrica sono indicati (SERVIZIO IDROGRA-FICO ITALIANO, 1913 ÷ 1985, 1980) il numero di anni di osservazione (**N**), l'afflusso meteorico medio annuo (**A**), l'altitudine mediana del bacino sotteso (**H**) e la relativa superficie (**S**).

In cinque casi la q_{355} stimata con SIMPO è risultata superiore a quella misurata, con un valore massimo di scostamento (oltre il 30 %) per l'Orco a Pont Canavese. In altri cinque casi è invece risultata una q_{355s} stimata inferiore a quella “vera” fino a risultare addirittura poco più della metà per la Dora Riparia a S. Antonino.

Tali scostamenti sono forse enfatizzati da regolazioni idrauliche effettuate a monte delle stazioni idrometriche considerate che, in qualche misura, influiscono sulle portate misurate. Tuttavia le variazioni indotte sui regimi naturali potrebbero determinare sia un aumento artificiale delle portate di magra, sia (più frequentemente) una loro diminuzione.

Tutto ciò permette di porre serie perplessità circa la necessità di inserire, nella determinazione della q_{355s} di riferimento per il calcolo del DMV, il metodo di determinazione per il passaggio $q_{355s} \rightarrow q_{355s-N}$ nella porzione Sud - occidentale del bacino del Po (chiuso alla sezione di confluenza con la Dora Baltea).

Se poi si considerano i valori dell'ultima colonna della **tab. 23** (q_{355s-N}), si nota che essi sono tutti considerevolmente inferiori alle portate medie di 355 giorni misurate (fino a meno della metà come nel caso della Dora Riparia a S. Antonino). L'unica eccezione è rappresentata dal Po a Meirano, ma si tratta di una situazione particolare in quanto, quella stazione, durante i periodi di magra, risente fortemente delle captazioni per fini irrigui a monte.

Fiume (stazione)	N anni	q_{355s} M l/s/km ²	$0,7 \cdot q_{355s-N}$ l/s/km ²	q_{min} l/s/km ²
Orco (Pont Canavese)	45	7,1	4,2	1,9 (*)
Stura Viù (Usseglio)	11	8,0	4,2	4,0
Stura Lanzo (Lanzo)	49	7,1	4,2	4,8
D.Riparia (Ulzio)	30	6,5	2,9	4,9
D.Riparia (Beaulard)	14	8,7	3,2	4,4
D.Riparia (S.Antonino)	27	8,2	2,6	5,8
Chisone (Souchères)	12	5,4	3,4	4,5
Chisone (Fnestrelle)	23	4,4	3,1	3,4
Chisone (S. Martino)	34	7,9	3,6	2,7
Po (Crissolo)	36	10,8	4,2	1,6 (*)
Po (Meirano)	44	3,6	2,6	1,8 (*)

Tab. 24 – Confronto fra le portate specifiche medie annue di durata pari a 355 giorni “misurate” (q_{355s} M) con quelle ottenute dalla riduzione del 30 % dei valori “stimati” e “naturalizzati” con SIMPO ($0,7 \cdot q_{355s-N}$) e costituenti la base fondamentale per il DMV e le portate minime assolute (q_{min}) registrate in “N” anni di osservazione presso le stazioni idrometriche considerate in **tab. 23**. I valori contrassegnati con (*) presentano dubbi.

La metodologia di determinazione del DMV delle “Istruzione Tecniche” della Regione Piemonte comporta una riduzione della portata q_{355s-N} con l’applicazione di un coefficiente $K_A = 0,7$ che “...esprime condizioni idrologiche critiche rispetto a q_{355} (evento medio con tempo di ritorno 3 ÷ 5 anni)”. In sostanza il prodotto $0,7 \cdot q_{355s-N}$ rappresenta il risultato finale della metodologia di calcolo del DMV (almeno come parte essenziale; sono poi previsti altri coefficienti che modificano ancora il valore in funzione di esigenze diverse, fra le quali la tutela degli ambienti di pregio naturalistico). La **tab. 24** riporta i risultati per le sezioni già considerate in **tab. 23**, confrontati con le minime assolute effettivamente registrate alle stazioni idrometriche. Si osserva che, a parte alcuni casi dubbi (peraltro segnalati sugli Annali Idrologici del Servizio Idrografico Italiano), risultano valori pari o inferiori (o addirittura molto inferiori) alle minime storiche. In sintesi sembra che tale metodologia di determinazione del deflusso minimo vitale imponga valori di portata pari o inferiori a quelle che in natura si manifestano solo eccezionalmente, cioè una condizione di stress idrologico non prevista dalla stessa metodologia per il territorio considerato (Piemonte occidentale), ma conseguenza di fattori correttivi alle sovrastime che il metodo SIMPO comporta soprattutto per altri settori geografici della regione piemontese.

Uno degli obiettivi del presente rapporto è quello di fornire precise indicazioni di gestione delle risorse idriche. Quindi alla luce delle precedenti considerazioni sembra si possa concludere che l’applicazione integrale delle Istruzioni Tecniche della Regione Piemonte comporti valori

del DMV troppo bassi per una tutela efficace degli ambienti acquatici costituenti il reticolo idrografico del bacino del Po. Pertanto si ritiene che, in fase di istruttoria per domande di nuove concessioni, di rinnovo e di sanatoria, relative a captazioni idriche su corsi d'acqua del reticolo idrografico del bacino del Po sotteso alla confluenza con il Pellice, la determinazione del **D.M.V. (Deflusso Minimo Vitale)** debba fare riferimento essenzialmente alla portata media di durata pari a 355 giorni che, sulla base delle valutazioni effettuate nell'ambito del rapporto di settore dedicato all'idrologia (RISORSE IDRICHES, 1995; **cap. 3** del presente rapporto), può essere ricavata dalla **tab. 2** per sezioni su corsi d'acqua compresi entro i bacini sottesi a quelle di riferimento S1 ÷ S16, oppure mediante il metodo SIMPO (formule 1 e 2) per sezioni su corsi d'acqua non considerati dal presente studio. La q_{355s} così determinata dovrebbe costituire il valore di Deflusso Minimo Vitale (D.M.V.) che l'Amministrazione dell'Ente Parco potrebbe proporre in occasione delle istruttorie relative alle concessioni di utilizzo delle acque del reticolo idrografico del Po.

E' evidente che, in tal modo, le portate minime di rilascio immediatamente a valle delle opere di derivazione e/o ritenzione idrica, risultano superiori a quelle indicate a **pag. 16** e ricavate con l'applicazione integrale delle Istruzioni tecniche della Regione Piemonte. D'altra parte ciò significa garantire almeno deflussi residui paragonabili a quelli di magra normale e quindi una migliore tutela degli ambienti acquatici rispetto a quanto si verificherebbe se le portate residue fossero della stessa entità di quelle minime storiche. Questa proposta di determinazione del DMV costituisce il modello base per tutto il bacino del Po sotteso alla confluenza con il Pellice. Tuttavia occorre considerare che possono valere eccezioni e deroghe in funzione della tipologia degli usi dell'acqua e della qualità degli ambienti esaminati.

In primo luogo occorre distinguere, da tutti gli altri, l'**uso idropotabile** in quanto esso viene definito strategico e prioritario (D.L. 152/99); pertanto nei casi di concessioni relative alle derivazioni d'acqua ad uso potabile conviene valutare le situazioni caso per caso. In tali situazioni l'Ente Parco, in fase di istruttoria, potrà far valere le esigenze di tutela degli ecosistemi acquatici sulla base dei dati sugli indici di qualità riscontrati grazie al presente studio; tuttavia risulta evidente che non può valere l'applicazione aprioristica dei criteri di determinazione del DMV sopra descritti, ma si dovranno prevedere deroghe in funzione delle esigenze dell'uso potabile che, giova ricordarlo, proprio nella Provincia di Cuneo, presenta problemi non indifferenti (PROVINCIA DI CUNEO, 1995). Discorso analogo vale per le derivazioni d'acqua utili per garantire processi industriali. Comunque, in linea generale, tali usi sono quantitativamente limitati e quindi spesso irrilevanti rispetto alle esigenze di conservazione dei regimi idrologici naturali.

Nel caso dell'**uso idroelettrico** l'applicazione dei criteri di determinazione del D.M.V. sopra descritti può valere integralmente e a condizione dei limiti suggeriti al **par. 9.3**. A ciò bisogna aggiungere la necessità di applicare un indice di protezione per gli ambienti di particolare pregio. Esso può essere quello considerato dalle succitate Istruzioni Tecniche della Regione Piemonte, $K_C = 1,25$. In pratica, per determinati corsi d'acqua (o tratti di essi) il D.M.V. dovrebbe risultare dal prodotto $1,25 \cdot q_{355s}$. Sulla base dei risultati ottenuti dalle diverse campagne di campionamento sulla qualità delle acque e degli ambienti dei bacini sottesi, risulta:

- **per tutto il bacino del Lenta** (risultato quello con il miglior indice di qualità globale in tutto il reticolo idrografico del Po considerato; **tab. 22**) **si prevede un deflusso minimo vitale con portata specifica pari a 5,9 l/sec/km² nel caso di istruttorie relative ad eventuali rinnovi; contemporaneamente si escludono nuove concessioni di sfruttamento dell'acqua** (ma si potrebbe prevedere anche la negazione del rinnovo delle derivazioni esistenti alla scadenza delle relative concessioni);
- **per l'asta fluviale del Po dal ponte di Sanfront alla confluenza con il Pellice, per il tratto di Ghiandone da Barge alla confluenza con il Po, per il tratto di Cantogno da Cavour alla confluenza con il Po e per il Pellice** (definiti come zone ittiche a trota marmorata e/o temolo; **tab. 19 e fig. 19**) **si prevede l'esclusione di nuove concessioni di sfruttamento dell'acqua e la negazione del rinnovo di eventuali derivazioni alla scadenza delle relative concessioni.**

Nel caso dell'**uso irriguo** occorre considerare con particolare attenzione che l'applicazione del D.M.V. quale portata pari alla q_{355} , anche nel caso si limitassero al minimo gli sprechi di adduzione e di percolazione con i limiti suggeriti al **par. 9.5**, potrebbe, durante le fasi di magra estiva, determinare situazioni di carenza idrica per le colture; in tali casi diventa veramente difficile stabilire un corretto rapporto tra opposte esigenze di tutela degli ecosistemi acquatici e delle produzioni agricole. Infatti mentre l'impossibilità di uso dell'acqua per la produzione idroelettrica, nei casi in cui le portate disponibili scendano a valori inferiori al D.M.V. (impianti fermi), comporta una perdita economica "tollerabile" rispetto sia alle esigenze di redditività dei produttori, sia a quelle di disponibilità complessiva di energia, la mancanza di risorsa idrica per l'irrigazione può compromettere seriamente le produzioni agricole. In questo caso l'imposizione del D.M.V. "solo" (o prevalentemente) sulla base della garanzia della tutela degli ecosistemi acquatici, potrebbe compromettere ogni ipotesi di "politica gestionale" delle risorse idriche superficiali realmente conseguibile. In altri termini la tutela dell'ambiente non è semplicemente necessaria, ma deve prevedere obiettivi concretamente

conseguibili, altrimenti diventa pura accademia, con il risultato inevitabile di non produrre miglioramenti della qualità della risorse.

Quanto sopra accennato è utile per porre la seguente domanda: “è possibile individuare un compromesso tra l'esigenza di concedere ai fiumi una portata minima per la conservazione dell'ambiente (seppure inferiore alla determinazione acritica dei deflussi minimi sulla base di semplici modelli) e quella di garantire l'acqua necessaria per le produzioni agricole?”

Si è già avuto modo di segnalare la situazione del fiume Po nel tratto compreso fra il ponte di Sanfront e la confluenza del Bronda - Torto completamente prosciugato dalle captazioni per fini irrigui. La qualità dell'acqua a monte risulta complessivamente buona, mentre verso valle non si segnalano impatti significativi; a valle delle suddette confluenze la qualità chimica delle acque corrisponde alla classe “B” (fig. 12), mentre la qualità biologica è in seconda classe (fig. 16) e ciò nonostante il fatto che le portate residue siano notevolmente inferiori, nei periodi di magra, a quelle naturali e che le acque immesse dai due affluenti siano di qualità decisamente inferiore (e ciò prova la buona capacità autodepurativa del fiume). Se si tiene conto che una delle principali necessità di garantire il D.M.V. è legata alla maggiore diluizione che portate più cospicue possono permettere nei confronti delle immissioni inquinanti, si può concludere che, in una simile situazione, è possibile prevedere un sensibile miglioramento delle condizioni complessive dell'ecosistema acquatico, anche con portate residue minime inferiori. Pertanto:

per il tratto del Po (Sanfront - confluenza Bronda), si ritiene di proporre un deflusso minimo di 500 l/sec. Ciò garantirebbe il ripristino della continuità longitudinale del corso d'acqua (con indubbi vantaggi per l'ittiofauna) in considerazione del fatto che non esistono ostacoli quali salti naturali o sbarramenti artificiali rilevanti. Soprattutto verrebbe garantita la presenza di acqua la dove, soprattutto in estate, l'ambiente diventa un deserto di sassi, senza con ciò mettere in crisi l'agricoltura, pur diventando comunque necessaria una maggiore attenzione nell'uso della risorsa⁶.

Discorso analogo vale per i torrenti Ghiandone e Grana, che risultano con alvei completamente asciutti in estate a monte rispettivamente delle sezioni 13 e 14. Anche per essi si possono prevedere delle deroghe rispetto alla applicazione integrale delle Istruzioni tecniche della Regione Piemonte garantendo almeno 100 l/sec per il primo e 30 l/sec per il secondo torrente nei tratti attualmente soggetti ad essere prosciugati. Si tratta di valori leggermente inferiori a quelli indicati a pag.

⁶ Naturalmente ciò vale fino a quando non vengano stabilite nuove norme da parte dello Stato o dell'Autorità di Bacino o della Regione.

16. Per tutti gli altri ambienti può valere il metodo di calcolo descritto dalle Istruzioni tecniche; ciò dovrebbe consentire comunque lo sfruttamento della risorsa per fini irrigui, in quanto le portate residue che si verrebbero a determinare risultano generalmente inferiori alle minime naturali. Inoltre, nella maggior parte dei casi (Bronda, Torto, Cantogno e lo stesso Ghiandone), le portate di tali corsi d'acqua risultano rimpinguate da acque provenienti da altri bacini e quindi addirittura superiori a quelle naturali. Per quanto riguarda il Pellice infine conviene fare riferimento al rapporto di sintesi (di prossima stesura) relativo al piano d'uso delle acque in fase di redazione da parte dell'Amministrazione Provinciale di Torino.

10 - GESTIONE DELL'ITTOFAUNA

I riferimenti essenziali per una corretta gestione dell'ittiofauna, specialmente in un'area protetta dovrebbero essere i seguenti:

- particolari attenzioni sui rischi biologici ed economici relativi all'insediamento di organismi estranei in un paese o in un continente;
- l'introduzione di specie esotiche è una pratica estranea (biologicamente pericolosa e culturalmente inopportuna) ai principi di corretta gestione delle risorse ambientali e di difesa della Natura quale patrimonio culturale di alto valore;
- le azioni riguardanti la tutela delle specie autoctone⁷, il divieto di introduzione di quelle esotiche, il controllo e, quando possibile, l'eliminazione di quelle esotiche, sono alla base di una corretta politica di conservazione e di valorizzazione della biodiversità;
- la tutela degli ambienti, con le loro peculiari caratteristiche ed elementi naturali autoctoni, costituisce un obiettivo culturale e di conservazione molto importante, da conseguire con il massimo impegno;
- occorre evitare ripopolamenti con specie ittiche che non siano mai state presenti in epoche storiche in qualunque ambiente acquatico (naturale o artificiale);
- i ripopolamenti devono contribuire al ripristino delle condizioni naturali degli ambienti acquatici dopo la rimozione delle cause di alterazione della qualità delle acque, oppure per "annullare" (o compensare), per quanto possibile, gli effetti negativi, se presenti, dovuti all'attività dei pescatori.

Occorre quindi stabilire quali possono essere le azioni di gestione della fauna ittica e di governo dell'attività alieutica coerenti con i principi sopra espressi, ma contemporaneamente tenendo ben presente le esigenze dei pescatori. Ma è veramente possibile coniugare tutela dell'ambiente, valorizzandone gli elementi autoctoni, con una gestione dell'ittiofauna che tenga anche conto delle esigenze dei pescatori? Ciò che può sembrare una contraddizione può invece diventare un obiettivo dell'Ente Parco a partire soprattutto dalle necessità legate alla valorizzazione del patrimonio faunistico autoctono.

⁷ L'Italia è "isolata" geograficamente dalla catena delle Alpi e dal mare. Ciò ha impedito, da tempi geologici, la comunicazione con le faune ittiche dei bacini idrografici continentali favorendo, in tal modo, la formazione di diverse varietà endemiche. In Italia vi sono specie ittiche uniche (sono almeno 15 tra le quali la trota sarda, la trota marmorata, il carpione, la savetta, il vairone, ecc...) e quindi meritevoli di particolari attenzioni di tutela, facendo esse parte del nostro prezioso ed unico patrimonio naturale.

Un qualunque organismo riveste, nel luogo di origine, un ruolo ben preciso, in equilibrio con gli altri elementi dell'ambiente; soprattutto è limitato, nella sua naturale tendenza ad espandersi e ad incrementarsi numericamente, dai rapporti di competizione e di predazione con organismi di specie diverse. L'introduzione di una nuova specie in un ambiente del tutto nuovo, può determinare o l'insuccesso dell'operazione, in quanto l'organismo non trova le giuste condizioni per nutrirsi e per riprodursi, o una eccessiva espansione, soprattutto per mancanza di predatori o di altri fattori limitanti analoghi a quelli che, nel territorio di origine, ne controllavano la proliferazione. Raramente le specie introdotte si inseriscono armonicamente nell'ambiente; nella maggior parte dei casi, invece, possono concorrere ad accelerare i processi di degrado ambientale fino a determinare, in qualche caso, l'estinzione di specie indigene.

Il rapporto di settore dedicato all'ittiofauna (C.R.E.S.T., 1998) riporta una serie di indicazioni per la gestione in coerenza con i principi sopra enunciati. In linea di massima la migliore tutela dei Ciprinidi e delle altre specie ittiche che normalmente accompagnano i Salmonidi, dei temoli e delle altre specie tipiche di acque meno veloci e fresche è costituita dalla tutela degli ambienti acquatici che ospitano tali pesci. Nel caso del bacino del Po tale obiettivo si consegna soprattutto con una più razionale gestione delle risorse idriche (vedere paragrafi precedenti). Non si ritengono necessari ripopolamenti di alcun tipo, salvo nelle situazioni in cui sia necessario ricostituire comunità ittiche in seguito alla rimozione delle cause di fenomeni di forte alterazione che possono aver compromesso seriamente le cenosi acquatiche in determinati ambienti. Ad esclusione del luccio e del temolo inoltre non sono necessari limiti particolari all'esercizio dell'attività alieutica. Per i Salmonidi invece si ritiene necessario affrontare un discorso molto più approfondito così come viene proposto nel seguente paragrafo.

10.1 - Il caso particolare dei Salmonidi

La trota è sicuramente la preda più ambita dei pescatori sportivi e fra tutte le specie ittiche delle acque interne è la più interessante ai fini alimentari. Si tratta del pesce più conosciuto dal pubblico comune ed il più studiato dai naturalisti, pertanto oggetto, fin dai tempi antichi, di maggiori attenzioni. Inoltre le zone ittiche a trota fario e a trota marmorata sono nettamente prevalenti nel bacino del Po sotteso alla confluenza con il Pellice (**tab. 19** e **fig. 19**). Le pratiche di ripopolamento con trote risalgono probabilmente ad alcuni secoli. Addirittura gli inglesi, nel periodo storico durante il quale espandevano il loro impero in tutto il mondo, amavano

esportare anche le loro trote per praticare la pesca a mosca secondo le migliori tradizioni; era per loro un modo per sentirsi meno lontani da casa. La stessa trota iridea fu introdotta in Italia già agli inizi del '900.

Già nel secolo scorso venivano effettuati spostamenti di trote fario (*Salmo [trutta] trutta*) in Europa e in Italia. Frequenti inoltre erano i tentativi di ripopolamenti (anche solo con spostamenti di pochi chilometri di alcuni esemplari) di tratti di torrenti nella stessa vallata od in corsi d'acqua di bacini adiacenti che un tempo non ospitavano Salmonidi. Successivamente, grazie alla maggiore facilità dei trasporti, tali spostamenti (transfaunazioni) sarebbero avvenuti su più ampia scala, per esempio dai bacini tirrenici ed anche adriatici a quelli alpini e viceversa.

Da oltre un cinquantennio inoltre, grazie al notevole sviluppo dell'acquacoltura e soprattutto nell'ambito dei Salmonidi, la pratica degli spostamenti di esemplari di provenienza molto varia, è andata man mano incrementandosi; infatti le attività ittogeniche hanno ampiamente favorito la ricerca capace di favorire la massima produttività degli allevamenti; ciò ha significato una forte spinta alla sperimentazione su ceppi di trote fario di varia provenienza europea. In tal modo è risultato sempre più facile ed economico produrre pesci non soltanto per il mercato alimentare, ma anche per i ripopolamenti. In sostanza nelle acque veniva immesso (ma ciò si verifica ancora attualmente) materiale ittico sempre meno adatto agli ambienti naturali, fortemente selettivi. Bisogna considerare inoltre che il periodo riproduttivo nelle popolazioni ittiche viventi in ambienti naturali è concentrato in tempi ristretti per permettere una maggior frequenza di rapporti fra riproduttori che, a tal fine, "sincronizzano" la maturazione delle gonadi. Le esigenze zootecniche indirizzano la selezione verso un risultato opposto, al fine di prolungare il periodo di produzione. Succede che anche nei torrenti sono sempre più frequenti individui "precoci" o "tardivi" che difficilmente potranno incontrare partner nello stesso stadio di maturazione delle gonadi. Il risultato finale è la presenza, nei nostri corsi d'acqua, di trote sempre meno capaci di riprodursi autonomamente e sempre più dipendenti da continue immissioni di materiale ittico, a sua volta sempre più eterogeneo e sempre meno adatto agli ambienti naturali (FORNERIS, 1989).

Alla fine degli anni '60, inizio '70, quasi tutti i corsi d'acqua con caratteristiche adatte ai Salmonidi erano popolati da:

trote fario (*Salmo [trutta] trutta*) di ceppo non definibile (quasi esclusivamente risultato da una complessa miscela di componenti di origine europea), quindi, di fatto, da considerare come pesci esotici;
trote iridee (*Oncorhynchus mykiss*) esotiche, più facili da allevare e più economiche ai fini delle immissioni nelle acque libere;
salmerini alpini (*Salvelinus alpinus*) soprattutto nei laghi alpini;

salmerini di fonte (*Salvelinus fontinalis*) nei laghi, ma anche nei corsi d'acqua, in quanto rappresentavano una sorta di curiosità fra le prede esotiche dei pescatori;

trote marmorate (*Salmo [trutta] marmoratus*) e relativi ibridi con le fario, sempre più rare, pur essendo gli unici Salmonidi veramente autoctoni.

Negli anni '70 la questione ambientale diventò un argomento sempre più dibattuto, al punto da innescare una serie di processi politici capaci di condizionare, per la prima volta in misura sensibile, le azioni di governo del territorio. Cominciò a diventare importante il problema dei dissesti ambientali dovuti all'introduzione di organismi esotici e si iniziò a porre attenzione alla fauna acquatica. Finalmente si comprese quanto sia importante la tutela della Natura anche attraverso la ricostituzione degli elementi autoctoni quali fattori indispensabili per il ripristino, ove possibile, degli equilibri ambientali. Per quanto riguarda i pesci già negli anni precedenti erano segnalate situazioni in cui la presenza di specie ittiche alloctone comportavano non pochi danni, anche alla pesca sportiva. Pertanto si diffuse abbastanza velocemente la consapevolezza del rischio della diffusione di animali estranei al nostro territorio. Sempre più numerose, seppure tra notevoli difficoltà a causa di atteggiamenti conservatori di certi settori della pesca sportiva, risultavano le prese di posizioni a favore di una gestione dell'ittiofauna più moderna e coerente con le acquisizioni scientifiche che il mondo della ricerca metteva in luce con maggiore determinazione e convinzione.

Per quanto riguarda i Salmonidi, il risultato di questa sorta di rivoluzione nel modo di concepire la gestione dell'ittiofauna fece la sua prima vittima: la trota iridea. La trota fario (*Salmo [trutta] trutta*), soprattutto negli ambienti legati alla pesca sportiva, veniva considerata come specie autoctona, mentre la trota iridea come specie alloctona per eccellenza; quindi i ripopolamenti sempre più privilegiavano la prima, mentre la presenza della seconda lentamente andava diminuendo. Già agli inizi degli anni '80 le catture di iridee da parte dei pescatori sportivi divennero decisamente meno frequenti rispetto alle fario. Questa tendenza si è poi ulteriormente confermata, ma ciò rappresentò, se vogliamo, una naturale conseguenza dell'applicazione del giusto principio secondo il quale, al fine di ristabilire, per quanto possibile, gli equilibri naturali, occorre favorire gli elementi autoctoni su quelli esotici.

Tuttavia i massicci ripopolamenti con *Salmo [trutta] trutta*, praticamente in tutte le acque a Salmonidi, hanno determinato una notevole estensione dell'areale di distribuzione di questo pesce, a danno della trota marmorata (*Salmo [trutta] marmoratus*). Ciò ha comportato un incremento notevole di ibridi naturali tra trota fario e trota marmorata in quasi tutti i corsi d'acqua del bacino del Po, con grave minaccia per la sopravvivenza della seconda, Salmonide endemico del settore geografico

padano - veneto. Le trote costituiscono popolazioni che, per il parziale isolamento geografico dovuto alla barriera fisica delle Alpi, hanno sviluppato, nel corso del Quaternario recente (quindi senza aver avuto il tempo di raggiungere il livello di una vera e propria speciazione), forme differenziabili anche morfologicamente, come risposte adattative alle diverse condizioni ambientali caratteristiche di porzioni di territorio più o meno estese. Fino a poco tempo fa si riteneva che nel bacino del Po, diversamente rispetto a quanto si è verificato nel resto d'Italia e dell'Europa, le porzioni montane dei corsi d'acqua dovevano essere adatte alla trota fario, mentre quelle pedemontane e di alta pianura dovevano essere adatte alla trota marmorata. Un tempo ogni vallata alpina ospitava popolazioni di trote con caratteristiche leggermente diverse da quelle di vallate adiacenti; ciò non stupisce se si pensa che ogni bacino presenta caratteristiche naturali proprie e ben distinguibili. Anche questo è un fenomeno tipico della biodiversità, ma lo spostamento di gruppi di individui da una zona all'altra e l'immissione di materiale ittico di allevamento di origine molto varia, determina un mescolamento dei caratteri delle diverse popolazioni. Si verifica un appiattimento della variabilità di forme, fino al rischio di giungere ad una sola forma indistinta su tutto il bacino del Po.

Quale conseguenza delle riflessioni succitate, l'Amministrazione Provinciale di Torino, grazie soprattutto alla collaborazione dei volontari delle associazioni dei pescatori, negli anni '80, avviò una impegnativa politica di gestione delle acque con l'obiettivo di giungere, in tempi medi, ad una precisa distinzione tra le zone ittiche a trota fario e quelle a trota marmorata e/o temolo, in modo che siano ripopolate esclusivamente rispettivamente con fario e con marmorata. Importante è stato, come lo è attualmente, il lavoro di recupero dei riproduttori della marmorata in modo da disporre di materiale geneticamente puro per i ripopolamenti. Questa politica sta già cominciando a dare buoni frutti; infatti, nonostante i problemi connessi con il degrado ambientale, si registra un significativo recupero della trota marmorata. Si tratta di una politica gestionale che si ritiene possa essere applicata anche al bacino del Po con la partecipazione attiva dell'Ente Parco (come già illustrato nel rapporto di settore dedicato all'ittiofauna; C.R.E.S.T., 1998). L'idea di distinguere i materiali da ripopolamento tra fario e marmorata negli ambienti adatti poteva sembrare quella definitiva, in quanto coerente con la zonazione ittica longitudinale e con la tutela degli elementi faunistici autoctoni. In realtà rimanevano alcuni problemi.

Stabilito che il Salmerino di fonte (*Salvelinus fontinalis*) è una specie chiaramente alloctona e quindi non utilizzabile per ripopolamenti, rimane il problema del Salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*), probabilmente presente in alcuni laghi di circo dell'alto bacino del Po; tale specie può essere definita come appartenente al patrimonio faunistico indigeno del bacino occidentale del Po? Oppure si tratta di una specie anch'essa

introdotta dall'uomo nelle nostre acque (laghi alpini)? Si tratta di un quesito di una certa importanza in quanto si deve stabilire se il salmerino alpino può essere oggetto di ripopolamenti. A questo proposito valgono alcuni ragionamenti interessanti. Nella fase finale dell'ultima glaciazione (circa 20.000 anni fa), prima della regressione che ne determinò la fine (12.000 ÷ 15.000 anni fa), le Alpi erano interamente coperte di ghiaccio, quasi non esisteva acqua liquida, tanto meno i laghi alpini (che anzi furono il risultato dell'esarazione dei ghiacci). E' difficile credere che essi, dal termine dell'ultima glaciazione, quando i circhi glaciali erano ancora totalmente occupati dalle masse gelate, siano stati successivamente colonizzati dai pesci che risalivano le vallate alpine seguendo le fronti glaciali in ritirata e risalendo ostacoli naturali dall'aspetto molto simile ad invalidabili muri rocciosi. Probabilmente se l'uomo non avesse ripopolato i laghi alpini naturali oggi, in tali ambienti, l'ittiofauna risulterebbe assente. Ma senza i ripopolamenti le comunità ittiche forse sarebbero assenti anche nella maggior parte dei torrenti di alta montagna, ambienti che i pesci ben difficilmente avrebbero potuto colonizzare da valle per la presenza delle forti pendenze che caratterizzano in genere i tratti finali degli affluenti dei corsi d'acqua delle principali vallate alpine. La maggior parte delle valli laterali infatti erano delle "valli sospese", nelle quali l'esarazione dei ghiacciai tributari risultava meno efficace rispetto a quella delle principali lingue di ablazione che sfociavano fino in pianura. Successivamente le soglie delle confluenze glaciali vennero erose dall'acqua ed i tratti terminali degli affluenti si trasformarono spesso in ripide incisioni frequentemente interrotte da salti invalidabili quali conosciamo attualmente.

Neppure il salmerino alpino dunque appartiene alla fauna ittica autoctona e quindi dovrebbe essere escluso dalle pratiche di ripopolamento. Contemporaneamente sorge un altro problema; sulla base di quanto sopra considerato emerge che anche i ripopolamenti nei torrenti montani non sarebbero da ritenere corretti in quanto essi, se non fosse per gli interventi dell'uomo risalenti addirittura a secoli fa, in condizioni naturali, sarebbero forse privi di ittiofauna. Dunque l'idea di ripopolare tali ambienti con trota fario forse non è naturalisticamente corretta, anche perché bisogna considerare che la quasi totalità delle popolazioni di *Salmo [trutta] trutta* sono il risultato di una miscela genetica di vari ceppi, prevalentemente di tipo atlantico che nulla hanno a che fare con la fauna autoctona. La questione tuttavia è ancora più complicata.

Negli ultimi anni si sono rinvenuti alcuni ambienti che ospitano popolazioni stabili di trota fario del ceppo mediterraneo (o presunte tali); in particolare sul torrente Ripa (alta val Susa), sulla testata del bacino del Chisone ed in alcuni ambienti del bacino dello Stura di Demonte (qualche esemplare con livrea simile è stato rinvenuto anche nell'alto bacino del Po; C.R.E.S.T., 1998). Si tratta di animali sicuramente più interessanti, dai punti di vista naturalistico e alieutico; sono meglio adatti ai torrenti alpini e

sono in grado di riprodursi autonomamente con particolare efficacia (diversamente da quanto si verifica, come sopra illustrato, per le trote di ceppo atlantico). In un primo momento si era ritenuto che tale trota fosse la "vera" fario indigena delle nostre montagne, a monte della zona a marmorata. Ma ci si rese conto che, in realtà, è probabilmente alloctona anch'essa e che è riuscita ad affermarsi in alcuni ambienti dove fu introdotta seguendo un percorso praticamente impossibile da ricostruire. D'altra parte non vi è da stupirsi se anche tale animale, il cui areale di distribuzione naturale sembra sia costituito dai corsi d'acqua che sfociano nel Tirreno, nell'ambito del complesso sistema di spostamenti di fauna, si trovi nelle nostre acque.

In sintesi sembra molto probabile che nel bacino occidentale del Po, l'unico Salmonide veramente autoctono sia la trota marmorata (*Salmo [trutta] marmoratus*); tale specie, considerando i principi enunciati in premessa, dovrebbe essere l'unica oggetto delle pratiche di ripopolamento. Bisogna riconoscere che se ciò significherebbe una gestione dell'ittiofauna coerente con le più aggiornate concezioni riguardanti le risorse naturali, comporterebbe tuttavia una politica con obiettivi molto difficilmente conseguibili in quanto si tratterebbe di una vera e propria rivoluzione rispetto a quanto effettuato nel passato anche recente. Una simile innovazione costituirebbe una netta rottura rispetto a consuetudini che, seppure non del tutto corrette, non sono facilmente mutabili in breve tempo. L'esperienza con gli incubatoi di valle in Provincia di Torino ha insegnato che sono concretamente possibili insiemi di iniziative tendenti a trasformare, anche profondamente, la gestione ed il modo di agire del mondo alieutico, ma a condizione che il tutto avvenga gradualmente e con il consenso dei pescatori che deve essere "guadagnato" con il coinvolgimento e la discussione, nell'ambito di un processo di maturazione che porti magari a risultati solo parziali, ma sicuri una volta acquisiti.

Per risolvere il problema ci si può porre un obiettivo, seppure non perfettamente coerente con i principi sopra enunciati, almeno ad essi assai vicino e concretamente conseguibile: attualmente le popolazioni di Salmonidi sono caratterizzate dalla trota marmorata verso valle e dalla trota fario a monte (o almeno così dovrebbe essere), ma la seconda può essere considerata alloctona in quanto prevalentemente di ceppo atlantico. Si potrebbe pensare di sostituirla con quella di ceppo mediterraneo che, a rigore, non è veramente indigena, ma almeno appartiene alla fauna italiana e soprattutto sarebbe in grado di consolidare la sua presenza con popolazioni più stabili per i motivi sopra esposti (con indubbi vantaggi per quanto attiene i ripopolamenti in termini di impegno, risorse economiche ed efficacia); inoltre costituirebbe una preda molto più interessante per i pescatori sportivi.

Molto recentemente tuttavia è sorto un ennesimo problema. Nonostante le massicce immissioni di trote fario effettuate in passato in tutti gli ambienti, la trota marmorata, pur con una notevole riduzione delle sue popolazioni, è comunque riuscita a conservarsi. Il processo di ibridazione non ha portato alla scomparsa del Salmonide autoctono perché tutto sommato, le fario di ceppo atlantico utilizzate per i ripopolamenti non sono molto abili nella competizione riproduttiva; questo vantaggio della marmorata sulla fario è risultato inoltre più evidente nelle zone di transizione tra gli ambienti montani e quelli di pianura (le classiche zone ittiche a trota marmorata e/o temolo). Ma nel caso in cui si riuscisse a conseguire l'obiettivo di sostituire la fario di ceppo atlantico con quella di ceppo mediterraneo si potrebbe configurare una nuova situazione: la trota marmorata si confronterebbe, a questo punto, non più con un ecotipo con scarse capacità adattative e riproduttive, ma la competizione avrebbe luogo con esemplari capaci di ben altre prestazioni e forse addirittura in grado di imporsi definitivamente in un processo di sostituzione che non era riuscito alla fario atlantica. Si tratta ovviamente di una previsione di un possibile scenario futuro da considerare con molta cautela ed attenzione. Infatti risulterebbe che una politica tesa al raggiungimento di equilibri ambientali più vicini a quelli naturali potrebbe invece portare ad una situazione peggiore e, più grave ancora, irreversibile. Di tutto ciò ovviamente bisogna tenere ben conto ai fini della programmazione pluriennale delle attività di gestione dell'ittiofauna.

Pertanto, alla luce di quanto considerato, conviene mantenere la netta distinzione tra le due zone ittiche per limitarsi, allo stato attuale, ad escludere i ripopolamenti con trote fario nelle zone ittiche a trota marmorata e/o temolo e facendo riferimento alle indicazioni gestionali già descritte nello specifico rapporto di settore (C.R.E.S.T., 1998). In seguito, sulla base della sperimentazione in corso nel reticolo idrografico della Provincia di Torino sull'adattabilità della fario di ceppo mediterraneo e sulle possibili interferenze con la marmorata, si potrà prevedere due possibili scenari: ripopolamento esclusivo con trote marmorate in tutto il bacino del Po, oppure con fario di ceppo mediterraneo nelle zone ittiche di competenza.

11 - MONITORAGGIO

Gli interventi proposti nei precedenti capitoli per una più corretta gestione delle risorse idriche superficiali del bacino del Po sono utili per realizzare due importanti obiettivi: la razionalizzazione degli usi dell'acqua e soprattutto il miglioramento della qualità idrobiologica globale del reticolo idrografico.

Per quanto riguarda la qualità delle acque si può fare riferimento alla situazione attuale sintetizzata al **capitolo 8**. Tenuto conto dei tempi necessari per la predisposizione di una macchina amministrativa in grado di gestire il complesso sistema di utenze delle captazioni idriche delle acque correnti naturali superficiali, per la preparazione dei nuovi disciplinari, per l'adeguamento alle modalità di gestione dei rilasci del DMV e per il collaudo di nuove modalità di ripopolamento nel campo dell'ittiofauna, si ritiene che entro almeno 6 anni si possa conseguire un nuovo scenario caratterizzato da una media di qualità globale tendente ad un valore pari a 2 (contro il dato di 2,6 attuale; **tab. 22**).

Si tratta di un obiettivo che dovrebbe essere concretamente realizzabile in quanto, facendo riferimento ai concetti ed alle valutazioni riportate al **capitolo 9** (gestione delle risorse idriche) e limitando il discorso ad alcune delle variabili considerate, si può affermare quanto segue:

- il giudizio di qualità secondo il fattore idrologico è destinato a miglioramento semplicemente garantendo i deflussi minimi vitali; ciò permetterebbe la presenza di acqua in alvei attualmente asciutti;
- maggiori portate garantirebbero più diluizione e quindi un miglioramento dei fattori relativi alla qualità chimica e biologica delle acque;
- il giudizio di qualità secondo il fattore ittiofauna è destinato a miglioramento semplicemente con una politica dei ripopolamenti volti alla tutela delle popolazioni ittiche indigene.

A questo punto diventa molto importante verificare nel tempo l'evoluzione del livello di qualità idrobiologica globale del reticolo idrografico del Po in funzione degli interventi che verranno realizzati nei prossimi anni. In altri termini occorre predisporre un **piano di monitoraggio** limitatamente ad alcune sezioni di riferimento ritenute più significative a seconda delle variabili (chimica, biologia e ittiofauna) considerate.

Le sezioni utili per il **monitoraggio chimico, biologico ed ittico (da effettuarsi con scadenza biennale)** sono le seguenti:

- **sezione 3**, rappresentativa della porzione montana del bacino del Po;
- **sezione 4**, per la necessità di verifica di eventuali politiche di gestione delle risorse idriche finalizzate soprattutto ad evitare fenomeni di prosciugamento degli alvei fluviali.
- **sezione 5**, immediatamente a monte della prima importante confluenza del principale tributario di pianura (Ghiandone);
- **sezione 7**, rappresentativa dell'intero bacino del Po;
- **sezione 10**, rappresentativa di una situazione di elevato inquinamento e pertanto da mantenere sotto stretto controllo;
- **sezione 11**, rappresentativa di una situazione di elevato inquinamento e pertanto da mantenere sotto stretto controllo;
- **sezione 12**, rappresentativo dell'intero bacino del Ghiandone (principale affluente di pianura del Po).

Relativamente alla sola ittiofauna bisogna aggiungere le **sezioni 8, 9 e 16** in quanto ambienti di particolare pregio sulla base di quanto indicato dallo specifico rapporto di settore (C.R.E.S.T., 1998). Tali sezioni potrebbero costituire un riferimento utile anche alla costituzione della rete di monitoraggio prevista dal D.L. 152/99.

12 - BIBLIOGRAFIA

- BADINO G., FORNERIS G., LODI E., OSTACOLI G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1994.** *Metodi per la redazione dei piani di gestione delle risorse idriche dei bacini.* Università di Torino - C.R.E.S.T.
- BADINO G., FORNERIS G., PEROSINO G.C., 1991.** *Ecologia dei fiumi e dei laghi.* Regione Piemonte, Torino.
- CALDERONI A., 1976.** *Valutazione degli apporti alloctoni ai laghi attraverso il calcolo dei carichi chimici.* Atti "Giornate di Studio SEP/POLLUTION: 249 - 258.
- CALDERONI A., MOSELLO R., TARTARI G., 1978.** *Phosphorus, nitrogen and silica in lago di Mergozzo.* Verh. Internat. Verein. Limnol., 20: 1033 - 1037.
- CHIAUDANI G., VIGHI M., 1974.** *The N/P ratio and test with *Selenastrum* to predict eutrophication in lakes.* Water research, 8: 1063 - 1069.
- CHIAUDANI G., VIGHI M., 1975.** *Dynamic of nutrient limitation in six small lakes.* Verh. Internat. Verein. Limnol., 19: 1319 - 1324.
- CHIAUDANI G., VIGHI M., 1978.** *Metodologia standar di saggio algale per lo studio della contaminazione delle acque marine.* Quaderni IRSA 39, Milano.
- CHIAUDANI G., VIGHI M., 1982.** *L'eutrofizzazione dei bacini lacustri italiani.* Sintesi Quad IRSA 43. Acqua Aria, 4 (1982): 361 - 378. Milano.
- C.R.E.S.T., 1987.** *Valutazione di impatto ambientale, nel settore faunistico, per l'impianto idroelettrico di Villeneuve (AO).* Centro Progettazione e Costruzione Idraulica ed Elettrica dell'ENEL di Torino.
- C.R.E.S.T., 1988.** *Analisi delle popolazioni ittiche del fiume Sesia interessato dal progetto ENEL degli impianti idroelettrici di Balmuccia e Doccio (valutazione della situazione attuale, stima degli impatti conseguenti alla realizzazione degli impianti e relative proposte di mitigazione).* ENEL - Centro Progettazione e Costruzione Idraulica ed Elettrica di Torino.
- C.R.E.S.T., 1990.** *Valutazione di impatto ambientale su progetto di impianto idroelettrico di Pont Ventoux (Val Susa) - Settore idrobiologia.* Ecoplan/Azienda Energetica Municipale di Torino.
- C.R.E.S.T., 1990.** *Valutazione di impatto ambientale su progetto della diga di Stroppo (Val Maira - CN) - settore idrobiologia.* Amministrazione Provinciale di Cuneo.
- C.R.E.S.T., 1993.** *Fauna ed idrobiologia.* Valutazione di Impatto Ambientale relativa alla centrale idroelettrica di Villeneuve (AO). ENEL - Centro Progettazione e Costruzione Idraulica ed Elettrica di Torino.
- C.R.E.S.T., 1994.** *Piano di Gestione delle Risorse Idriche del Bacino dell'Orco.* Assessorato Ambiente, Caccia e Pesca della Provincia di Torino.
- C.R.E.S.T., 1995.** *Determinazione delle sezioni di riferimento, elementi morfometrici e*

cartografia di base del reticolo idrografico e del bacino imbrifero del fiume Po in Provincia di Cuneo. Comunità Montana Valli Po, Bronda, Infernotto. Paesana.

C.R.E.S.T., 1997. *Carico antropico del bacino del fiume Po sotteso alla confluenza con il torrente Pellice (territorio della Provincia di Cuneo. Sistema delle Aree Protette della Fascia Fluviale del Po - Tratto Cuneese. Saluzzo (CN).*

C.R.E.S.T., 1998. *Qualità fisica e chimica delle acque del reticolo idrografico del bacino del fiume Po chiuso alla confluenza con il torrente Pellice (territorio della Provincia di Cuneo). Sistema delle Aree Protette della Fascia Fluviale del Po - Tratto Cuneese. Saluzzo (CN).*

C.R.E.S.T., 1998. *Qualità biologica delle acque del reticolo idrografico del bacino del fiume Po chiuso alla confluenza con il torrente Pellice (territorio della Provincia di Cuneo). Sistema delle Aree Protette della Fascia Fluviale del Po - Tratto Cuneese. Saluzzo (CN).*

C.R.E.S.T., 1998. *Ittiofauna del reticolo idrografico del bacino del fiume Po sotteso alla confluenza con il torrente Pellice (territorio della Provincia di Cuneo). Sistema delle aree protette della fascia fluviale del Po – Tratto Cuneese. Saluzzo (CN).*

C.R.E.S.T., 1999. *Criteri e determinazioni per le concessioni di derivazioni e ritenzioni idriche per le zone umide ad acque correnti naturali ed artificiali permanenti. Sistema delle aree protette della fascia fluviale del Po – tratto torinese. Torino.*

CROSA G., COTTA RAMUSINO M., 1988. *Determinazione delle portate minime necessarie per la tutela della vita acquatica in corsi d'acqua soggetti a derivazioni o a ritenute. Acqua Aria, 7 (1988): 839 - 850. Milano.*

DE BIAGGI E., PEROSINO G.C., FOIETTA P., SAINI R., STOPPA T., 1987. *L'eutrofizzazione dei bacini lacustri piemontesi ed il Progetto di Banca Dati delle Zone Umide. Riv. Piem. St. Nat., 8: 3 - 20. Carmagnola (TO).*

DE BIAGGI E., STOPPA T., SCOTTA M., 1990. *Proposta per una suddivisione del Piemonte in settori geografici. Riv. Piem. St. Nat., 11: 3 - 40. Carmagnola (TO).*

DIXON W.G., 1968. *Biomedical computer programs. University of California, Automatic Computation N. 2. Univ. California Press, Berkeley.*

DURIO P., MORI D., PEROSINO G.C., 1982. *Le variazioni climatiche, le glaciazioni , la morfogenesi glaciale (particolari riferimenti al Piemonte e alla Valle d'Aosta). CESEDI. Assessorato alla Cultura dell'Amministrazione Provinciale di Torino.*

DURIO P., MORI D., PEROSINO G.C., 1983. *Aspetti limnologici del lago di Candia. Riv. Piem. St. Nat., 4: 137 - 169. Carmagnola (TO).*

ECOPLAN, 1990. *Studio di impatto ambientale su progetto della diga di Combanera in val di Viù (valli di Lanzo). Azienda Acquedotto Municipale di Torino.*

FORNERIS G., 1989. *Gli incubatoi di valle. Amministrazione Provinciale di Torino.*
FORNERIS G., PEROSINO G.C., 1990. *Elementi naturali del bacino del Ceronda. Situazione attuale nell'area di Venaria. Proposta di mitigazione degli impatti. Assessorato caccia e Pesca dell'Amministrazione Provinciale di Torino.*
FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1991. *La gestione delle risorse*

idriche del bacino idrografico dello Stura di Lanzo. Assessorato Caccia e Pesca della Provincia di Torino.

FORNERIS G., PEROSINO G.C., 1992. *Indici fisici di produttività e zone ittiche del Piemonte.* Riv. Piem. St. Nat., 13: 47 - 71, Carmagnola (TO).

FORNERIS G., PASCALE M., PEROSINO G.C., 1996. *Idrobiologia.* EDA. Torino.

FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1989. *Conseguenze delle captazioni idriche sugli ecosistemi fluviali (situazione attuale e proposta di regolamentazione per il territorio piemontese).* Servizio Pesca della Provincia di Torino.

FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1990. *Elementi di riflessione sullo stato di degrado delle acque, sulle prospettive di risanamento ed ipotesi di intervento.* Assessorato Caccia e Pesca dell'Amministrazione Provinciale di Torino.

FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1990. *Proposta di un modello di determinazione della qualità ambientale dei corsi d'acqua con parametri idrologici e biologici.* Assessorato Caccia e Pesca dell'Amministrazione Provinciale di Torino.

FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1990. *Elementi di riflessione sullo stato di degrado delle acque, prospettive di risanamento ed ipotesi di intervento.* Servizio Pesca della Provincia di Torino.

FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR N., 1990. *Verbale della campagna di rilevamento del basso Pellice del 1 marzo 1990.* Assessorato Caccia e Pesca dell'Amministrazione Provinciale di Torino.

GHETTI P.F., 1986. *I macroinvertebrati nell'analisi biologica dei corsi d'acqua. Manuale di applicazione.* Stazione Sperimentale di Agraria Forestale, Servizio Protezione dell'Ambiente. Amministrazione Provinciale di Trento.

GHETTI P.F., 1997. *Indice biotico Esteso (IBE). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti.* Provincia Autonoma di Trento.

GHETTI P.F., BONAZZI G., 1980. *I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua.* C.N.R. - AQ/1/127.

GHETTI P.F., BONAZZI G., 1981. *I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua.* Consiglio nazionale delle Ricerche - Promozione della Qualità dell'Ambiente - AQ/1/127, Roma.

ICALPE, 1990. *Conference de la CIPRA sur les rivieres alpines.* 4 - 6 ottobre 1990, Martulisek a Kranjska Gora (YU).

IRSA (Istituto di Ricerca Sulle Acque), 1977. *Indagine sulla qualità delle acque del fiume Po.* Quaderni IRSA 32, Roma

IRSA (Istituto di Ricerca Sulle Acque), 1980. *Indagine sulla qualità delle acque lacustri italiane.* Quaderni IRSA 43, Roma.

MARCHETTI R., 1987. *L'eutrofizzazione. Un processo degenerativo delle acque.* Franco Angeli Editore, Milano.

MARTINET F., DUBOST M., 1992. *Gli ultimi fiumi naturali delle Alpi.* CIPRA, Heiligkreuz 52, 9490, Vaduz.

MOSETTI A., 1977. *Le acque.* U.T.E.T., Torino.

OGLESBY J., HAMILTON L.S., MILLS E.L., WILLING P., 1973. *Owasco lake and its watershed.* Technical Report., Cornell University Water Resources and Marine Science Center, Ithaca, N.Y.

PALLUCCHINI A., 1934. *Classifica dei fiumi italiani secondo il loro coefficiente di deflusso.* C.N.R. - Comit. per la Geogr., Delegazione ital. al Congr. Inter. Geogr. di Varsavia (agosto - settembre 1934).

PEROSINO G.C., 1989. *Portate minime per la conservazione dell'idrofauna dei corsi d'acqua soggetti a prelievi idrici.* Atti III Conv. Naz. AIAD, Perugia. Riv. Ital. Idrobiol. 1 (XXIX): 425 - 436.

PEROSINO G.C., SPINA F., 1987. *Ricerca di modelli semplici con variabili morfometriche ed idrologiche per analisi di sintesi degli ambienti fisici delle acque correnti naturali e possibili applicazioni nei campi biologico e ittico.* Atti II Conv. Naz. AIAD, Torino, 5 - 7 giugno 1987: 251 - 260. Provincia di Torino.

PROVINCIA DI CUNEO, 1995. *Le vie dell'acqua (il primo "Piano delle acque" in una Provincia italiana).* Estratto del "Rapporto Ocse". Stampa EDIGRAF GRAFICA. Roma.

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA, 1993. *Carta Ittica del Bacino della Dora Baltea.* Assessorato all'Agricoltura e Foreste. Aosta.

REGIONE PIEMONTE, 1976. *Primo Censimento dei Corpi Idrici.* Assessorato all'Ambiente, Settore Pianificazione e Gestione delle Risorse Idriche. Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1980. *Censimento dei Corpi Idrici.* Volumi I e II. Assessorato all'Ambiente, Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1980. *Progetto per la Pianificazione delle Risorse Idriche del Territorio Piemontese.* Assessorato alla Tutela dell'Ambiente, Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1984. *Bacini turistici piemontesi; dati di riferimento 1984.* Assessorato Turismo, Tempo Libero, Sport. Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1988. *Secondo Censimento dei Corpi Idrici.* Collana Ambiente. Assessorato all'Ambiente, Settore Pianificazione e Gestione delle Risorse Idriche. Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1988. *M.A.R.I.U.S. - Monitoraggio Ambientale Risorse Idriche, Utenze, Scarichi (integrazione e sviluppo di sistemi informativi e di monitoraggio di regioni ed enti locali).* Assessorato Tutela Ambiente, Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1988. *Secondo Censimento dei Corpi Idrici.* Assessorato all'Ambiente, Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1989. *Indagine conoscitiva e progetto generale di fattibilità per un sistema di monitoraggio idrometrico inerente il reticolo idrografico superficiale piemontese.* Assessorato Ambiente - ENEL (DSR/CRIS) - HYDRODATA (Torino).

REGIONE PIEMONTE, 1991. *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese.* Assessorato Caccia e Pesca. Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1991. *Determinazione del DMV - deflusso minimo vitale in un corso d'acqua naturale, standard PD-IT/1 - Istruzioni tecniche.* Assessorato all'Ambiente, Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1992. *Terzo Censimento dei Corpi Idrici.* Assessorato all'Ambiente, Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1993. *Piano Direttore Regionale per l'Approvvigionamento Idropotabile e l'Uso Integrato delle Risorse Idriche.* Assessorato all'Ambiente, Torino.

RISORSE IDRICHE, 1995. *Studio di settore del piano d'area e approfondimenti dell'individuazione della fascia di pertinenza fluviale - comparto idrologico.* Assessorato Pianificazione Territoriale (Settore Parchi Naturali) della Regione Piemonte. Torino.

SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1913 ÷ 1985. *Annali Idrologici.* Ministero Lavori Pubblici, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.

SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1980. *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani.* Ministero Lavori Pubblici, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.

THORNTHWAITE C.W., 1946. *An approach toward a rational classification of climate.* Unesco Press, Parigi.

THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1954. *The measurement of potential evapotraspiration.* Seabrook, New Jersey.

THORNTHWAITE C.W. MATHER J.R., 1957. *Introduction and tables for computing potential evapotraspiration and water balance.* Cencerton.

VOLLENWEIDER R.A., 1969. *Möglichkeiten und Grenzen elementarer Modelle der Stoffblanz von Seen.* Arch. Hydrobiol., 66: 1 - 36.

VOLLENWEIDER R.A., 1977. *Fonti di azoto e fosforo responsabili dei fenomeni di eutrofizzazione.* Seminario Internazionale sui fenomeni di eutrofizzazione lungo le coste dell'Emilia Romagna. Bologna, 25 - 26 febbraio 1977.

VOLLENWEIDER R.A., 1979. *Eutrofizzazione delle acque: carico nutritivo, capacità assimilativa e metodologie di riabilitazione dei laghi e dei serbatoi eutrofizzati.* CNR - Promozione della Qualità dell'Ambiente. Atti Convegno "Bacini lacustri artificiali" (Sassari, 4 - 6 ottobre 1977).

WOODIWISS F.S., 1964. *The biological system of stream classification used by the Trent River Board.* Chem. Ind.: 443 - 447.

WOODIWISS F.S., 1978. *Comparability study of biological-ecological assessment methods.* Second Technical Seminar on the River Trent and Tributaries. Commission of the European Communities.

WOODIWISS F.S., 1981. *Biological monitoring of surface water quality.* Summary report. Commission of the European Communities.