

GIAN CARLO PEROSINO*

Gestione delle risorse idriche: il caso della Dora Baltea a Tavagnasco

ABSTRACT - *The Dora Baltea river in Tavagnasco (Piedmont - Nw Italy).*

The hydrology of the Dora Baltea River at Tavagnasco (263 m asl) is the synthesis of the entire territory of Aosta Valley. It is an important water resource available to Piedmont, very important for the substantial flow rates available in summer, when water needs are greater, especially because of agricultural requirements. The analysis focused on a set of data (meteoric and river flow rate) representing an observation interval of 73 years, the longest among those available for the hydrometric stations of the western portion of the Po basin. Data analysis provided synthetic information useful for the assessment of water availability, hydroelectric production, agriculture and especially for the protection of the aquatic environment.

KEY WORDS - Hydrological regime, water crisis, water management.

RIASSUNTO - L'idrologia della Dora Baltea a Tavagnasco (263 m s.l.m.) è la sintesi di quella del territorio dell'intera Valle d'Aosta. Si tratta di una importante risorsa idrica a disposizione del Piemonte, molto importante per le cospicue portate disponibili in estate, quando maggiori sono le esigenze idriche, soprattutto quelle dell'agricoltura. L'analisi ha riguardato un insieme di dati (afflussi meteorici e portate) rappresentativi di un intervallo di osservazione di 73 anni, il più lungo tra quelli disponibili per le stazioni idrometriche della porzione occidentale del bacino del Po. Le elaborazioni dei dati hanno fornito valori sintetici utili per la valutazione delle disponibilità idriche, per le produzioni idroelettriche, per l'agricoltura e soprattutto per la tutela dell'ambiente acquatico.

* C.R.E.S.T., Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio, via Caprera 15, 10136 Torino.

INTRODUZIONE

La stazione idrometrica di Tavagnasco sulla Dora Baltea (263 m s.l.m., circa 55 km dalla confluenza con il Po) si trova poco a valle del confine tra la Valle d'Aosta e il Piemonte. La Dora Baltea è l'unico fiume caratterizzato, anche in pianura, da un regime idrologico francamente nivo-glaciale. Il bacino sotteso ha superficie di 3.313 km² e comprende quasi interamente la regione Valle d'Aosta; esso raccoglie le acque delle precipitazioni per convogliarle verso il Piemonte che gode quindi di un importante approvvigionamento idrico per produrre energia idroelettrica e soprattutto per garantire l'irrigazione delle colture, in particolare le risaie. Lo spartiacque del bacino passa per le punte più elevate delle Alpi; buona parte della sua superficie (quasi 180 km²) è occupata da ghiacciai, alla quale si aggiungono ampie fasce altimetriche di altitudini elevate e caratterizzate da notevoli accumuli nevosi che alimentano i deflussi fin verso la fine dell'estate. Questa situazione, diversamente da quanto accade per altri bacini in Piemonte, garantisce l'alimentazione di portate elevate proprio nella stagione calda, quando maggiori sono i fabbisogni idrici.

Per la stazione di Tavagnasco è disponibile la più lunga serie di dati idrometrici tra tutte quelle del Piemonte e della Valle d'Aosta, la porzione occidentale del bacino del Po. Il Servizio Idrografico Italiano ha gestito tale stazione dal 1925 al 1985. Le osservazioni furono sospese per riprendere nel 2002 con il Servizio Meteoidrografico della Regione Piemonte e successivamente con l'ARPA regionale (cfr. sito web). Tenuto conto della disponibilità dei dati relativi al 2013, risulta un periodo di ben 73 anni (1925 ÷ 1985; 2002 ÷ 2013), ampiamente significativo per l'attendibilità e la rappresentatività dei risultati delle elaborazioni statistiche. Normalmente si ritengono valide, per ottenere risultati significativi, serie idroclimatiche di almeno 25/30 anni (Bruce & Clark, 1966; Sokolov & Chapman, 1974).

AFFLUSSI METEORICI

Dall'andamento delle isoiete tracciate per ogni anno e per mese sulla base dei valori registrati alle stazioni pluviometriche operanti in Valle d'Aosta e nelle aree limitrofe, si ottiene l'afflusso meteorico o precipitazione areale, cioè l'altezza [mm] del volume d'acqua "V" [m³] in entrata e uniformemente distribuito sulla superficie del bacino sotteso alla sezione della stazione idrometrica.

Per quanto attiene l'afflusso meteorico annuo "Ay" del bacino in oggetto, sono disponibili i valori relativi al periodo di osservazione di funzio-

namento della stazione idrometrica (73 anni) con l'interruzione di 26 anni dal 1986 (cessazione della gestione del Servizio Idrografico) al 2001 (precedente il rientro in servizio con la gestione della Regione Piemonte). Per tale intervallo si sono calcolati i totali annui degli afflussi meteorici sulla base delle osservazioni delle stazioni pluviometriche ancora gestite dal servizio Idrografico nella prima parte e successivamente gestite dalla Regione Valle d'Aosta (cfr. sito web). Risulta quindi disponibile una successione cronologica quasi secolare (99 anni) rappresentata in fig. 1

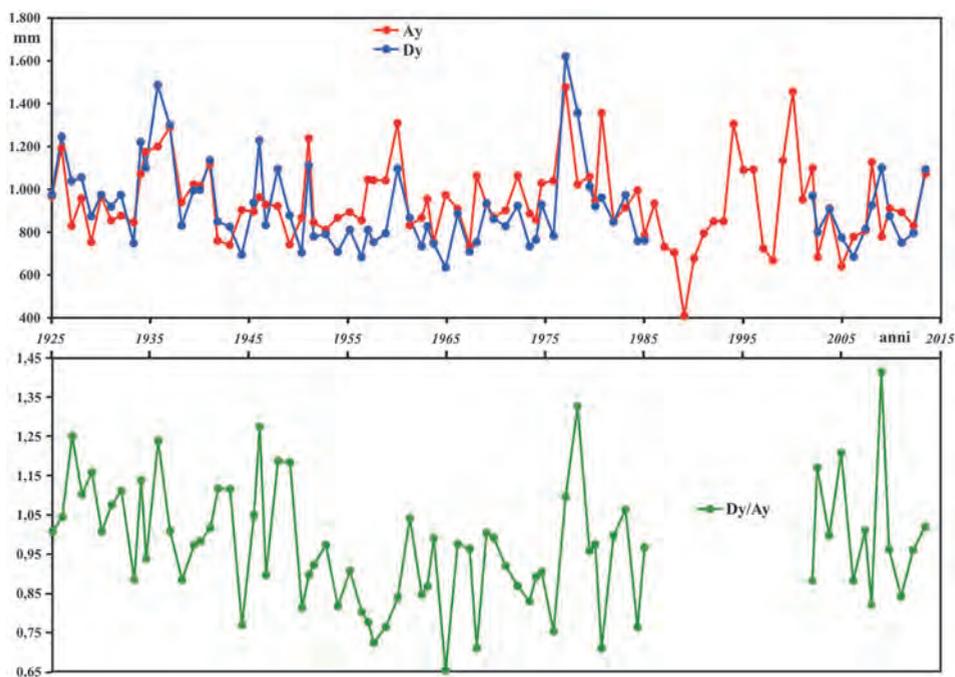


Fig. 1 - Dora Baltea a Tavagnasco. Successioni cronologiche dei valori annui dei totali degli afflussi meteorici (A_y), dei deflussi (D_y) e dei coefficienti di deflusso (D_y/A_y).

La successione dei dati " A_y " della serie secolare non evidenzia tendenze particolari, salvo una flessione verso la fine degli anni Ottanta quando, nel 1989, si è registrato il minimo assoluto $A_{y_{\min}} = 410$ mm, 3,6 inferiore al massimo assoluto $A_{y_{\max}} = 1.479$ mm registrato nel 1977; il rapporto tra i

due valori è poco inferiore a “4”, limite al di sopra del quale il clima può definirsi continentale (Remenieras, 1972).

Nello schema seguente, limitatamente al periodo di funzionamento della stazione idrometrica, sono riportati i valori più significativi su scala annua, mentre la fig. 2 illustra, per la serie di $n = 73$ anni, la correlazione tra i valori annuali e la loro frequenza¹. In tab. 1 sono riportati gli stessi valori, ma su scala di tempo mensile “Am” [mm] per l’analisi del regime pluviometrico del bacino.

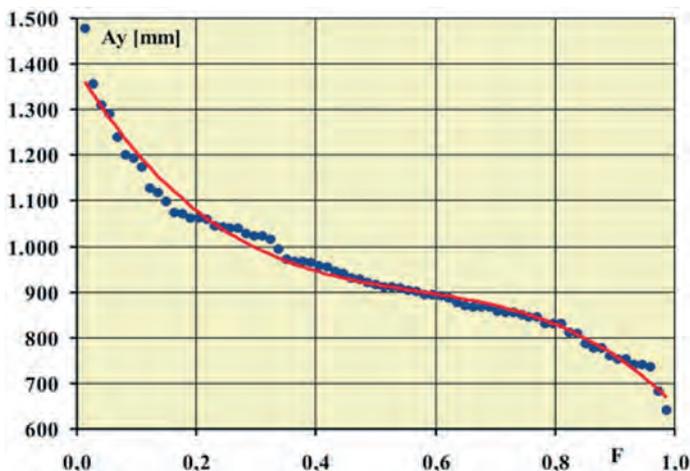
- Afflusso meteorico annuo massimo (1977) $A_{y_{max}} = 1.479$ mm ($V_{y_{max}} = 4,89 \cdot 10^9$ m³);
- Correlazione “Ay” con frequenza “F”: $Ay = - 2.011 \cdot F^3 + 3.431 \cdot F^2 - 2.157 \cdot F + 1.389$ ($R^2 = 0,98$; fig. 2);
- Afflusso meteorico dell’anno pluviometrico abbondante ($F = 0,2$; $Tr = 5$ anni) $A_{yF20} = 1.079$ mm ($V_{yF20} = 3,57 \cdot 10^9$ m³);
- Afflusso meteorico medio annuo $A_{y_{med}} = 950$ mm ($V_{y_{med}} = 3,15 \cdot 10^9$ m³);
- Deviazione standard “s” percentuale = 17 % (160 mm);
- Percentuale numero “N” anni $(A_{y_{med}} - s) < N < (A_{y_{med}} + s) = 71\%$;
- Percentuale numero “N” anni $(A_{y_{med}} - 2s) < N < (A_{y_{med}} + 2s) = 95\%$;
- Percentuale numero “N” anni $(A_{y_{med}} - 3s) < N < (A_{y_{med}} + 3s) = 99\%$;
- Percentuale numero “N” anni $> A_{y_{med}} = 42\%$;
- Percentuale numero “N” anni $< A_{y_{med}} = 58\%$;
- Afflusso meteorico dell’anno pluviometrico scarso ($F = 0,8$; $Tr = 1,25$ anni) $A_{yF80} = 830$ mm ($V_{yF80} = 2,75 \cdot 10^9$ m³);
- Afflusso meteorico annuo minimo (2005) $A_{y_{min}} = 642$ mm ($V_{y_{min}} = 2,13 \cdot 10^9$ m³).

¹ Disponendo di una serie di “n” dati (in questo caso nel periodo di $n = 73$ anni di osservazione) $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, ordinati in senso decrescente e indicando con “m” la posizione di ciascun dato ($m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$) si definisce il tempo di ritorno “Tr” come l’intervallo medio [anni] tra due eventi uguali o inferiori ad un dato valore che occupa la posizione “m” della serie di “n” dati ordinati in senso crescente (Reicht, 1963):

$$Tr = \frac{n + 1}{m}$$

L’inverso di “Tr” è la frequenza “F”, probabilità con la quale ogni anno può verificarsi un evento di entità pari o inferiore ad un determinato valore. Il dato con $m = 1$ corrisponde al valore massimo del Tr ($n+1$). Il dato con $m = 1/5$ corrisponde a $F = 0,2$ (frequenza di superamento del 20%, anno pluviometrico abbondante). Il dato con $m = 4/5$ corrisponde a $F = 0,8$ (frequenza di superamento del 80%, anno pluviometrico scarso). Il dato con $m = n$ corrisponde al valore minimo del Tr = 1,01 (è il minimo storico uguagliato o superato ogni anno).

Fig. 2 - Stazione idrometrica di Tavagnasco sulla Dora Baltea (263 m s.l.m.). Correlazione tra i valori annui degli afflussi meteorici "Ay" [mm] e la loro frequenza "F". Periodo di osservazione 1925 ÷ 1985, 2002 ÷ 2013 (73 anni).



L'afflusso meteorico medio annuo è pari a $Ay_{med} = 950$ mm, che può essere confrontato con i seguenti valori significativi:

- 970 mm per l'Italia (Contessini, 1956);
- 760 mm per la pianura padana (Mennella, 1967);
- 1.197 mm per il Piemonte (Mennella, 1967);
- 1.500 mm per la regione alpina (Mennella, 1967);
- 808 mm per Torino (Perosino, 1987);
- 530 mm per Aosta (Servizio Idrografico Italiano, 1939 ÷ 1989; sito web della Regione Valle d'Aosta, 1990 ÷ 2013)

Il regime degli afflussi meteorici medi mensili (Am_{med} ; tab. 1) è rappresentato in fig. 3, insieme alle ripartizioni percentuali dei massimi (Am_{max-y}) e dei minimi (Am_{min-y}) annuali.

Risultano due massimi, di cui il principale (primaverile; maggio con 113 mm) è superiore al secondario (autunnale; novembre con 98 mm) e due minimi, di cui è prevalente quello invernale (52 mm in gennaio), mentre quello estivo è meno evidente (69 mm in luglio). Ciò non significa che in tutti gli anni maggio sia il più piovoso; nel periodo di osservazione considerato ciò si è verificato in oltre il 23% dei casi (più del 19% per ottobre).

Nessun caso di minimo risulta per maggio, mentre per ottobre (il secondo mese per abbondanza delle precipitazioni medie) risulta quasi il 10% per i minimi annuali. Questi si manifestano più frequentemente nel quadrimestre dicembre ÷ marzo, con valori dal 15% al 20%, ma in qualche caso in tali mesi si sono registrati anche i massimi annuali. Settembre rappresenta una sorta di flessione rispetto all'andamento crescente delle precipitazioni a partire da agosto e con l'avanzare della stagione autunnale.

La distribuzione dei massimi e dei minimi sopra descritta permette, secondo quanto proposto dal Mennella (1967), di classificare il regime pluviometrico in oggetto come “*sub-litoraneo alpino*”.

Tab. 1 - Regime degli afflussi meteorici mensili (Am) sul bacino della Dora Baltea sotteso a Tavagnasco (263 m s.l.m.). Valori massimi assoluti (Am_{max-y}), dell'anno pluviometrico abbondante (Am_{F20}), medi (Am_{med}), dell'anno pluviometrico scarso (Am_{F80}) e minimi assoluti (Am_{min-y}). Distribuzioni percentuali dei massimi ($N Am_{max-y}$) e dei minimi ($N Am_{min-y}$) annuali. Deviazione standard (s). Numero percentuale di casi con valori superiori ($N > Am_{med}$) e inferiori ($N < Am_{med}$) alla media. Periodo di osservazione 1925 ÷ 1985, 2002 ÷ 2013 (73 anni).

Parametri		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Am_{max-y}	mm	207	223	188	219	345	258	140	174	205	291	273	243
Am_{F20}	mm	59	62	75	97	129	99	79	97	93	105	111	73
Am_{med}	mm	52	55	66	85	113	88	69	86	82	92	98	65
	%	5,5	5,7	6,9	9,0	11,9	9,2	7,3	9,0	8,6	9,7	10,3	6,8
$N Am_{max-y}$	%	2,7	1,4	4,1	12,3	23,3	6,8	1,4	4,1	11,0	19,2	11,0	2,7
$N Am_{min-y}$	%	17,8	20,5	16,4	2,7	0,0	0,0	4,1	1,4	5,5	9,6	6,8	15,1
s	mm	36	44	47	54	64	42	31	34	53	72	62	48
	%	70	80	71	64	57	49	45	40	64	78	64	74
$(Am_{med}-1s) < N < (Am_{med}+1s)$	%	79	77	73	60	85	75	64	68	68	77	68	79
$(Am_{med}-2s) < N < (Am_{med}+2s)$	%	96	96	95	99	96	96	97	99	93	93	95	95
$(Am_{med}-2s) < N < (Am_{med}+2s)$	%	97	99	100	100	99	99	100	100	100	100	100	99
$N > Am_{med}$	%	41	42	42	42	45	42	42	45	44	38	40	41
$N < Am_{med}$	%	59	58	58	58	55	58	58	55	56	62	60	59
Am_{F80}	mm	46	48	58	74	99	76	60	75	71	81	86	56
Am_{min-y}	mm	10	0	1	5	18	25	18	17	5	3	2	7

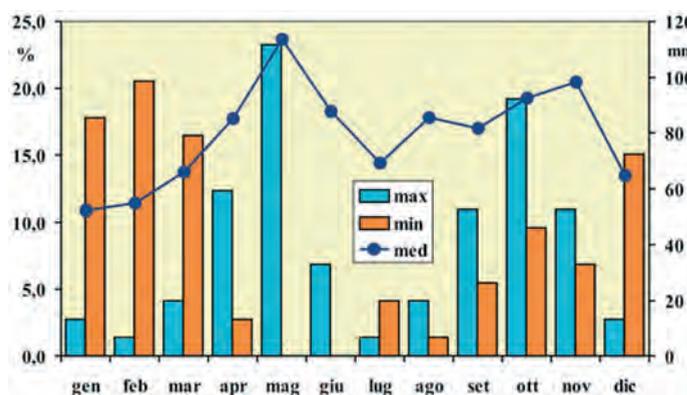


Fig. 3 - Regime degli afflussi meteorici medi mensili (Am_{med}) e distribuzioni percentuali dei valori massimi (Am_{max-y}) e dei minimi (Am_{min-y}) annuali. Bacino della Dora Baltea (3.313 km²) sotteso a Tavagnasco (263 m s.l.m.). Periodo di osservazione 1925 ÷ 1985, 2002 ÷ 2013 (73 anni).

PORTATE (DEFLUSSI) ANNUE

La portata media annua per il periodo di osservazione considerato (73 anni) è risultata $Q_{y_{med}} = 96,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($28,99 \text{ L/s/km}^2$) corrispondente al volume totale medio di risorsa idrica $V_{y_{med}} = 3,027 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Tale volume, uniformemente distribuito sulla superficie del bacino sotteso ($S = 3,313 \text{ km}^2$), rappresenta il deflusso medio annuo $D_{y_{med}} = 916 \text{ mm}$. La portata massima assoluta istantanea è risultata pari a $1.950 \text{ m}^3/\text{s}$ (settembre 1948), mentre la minima pari a $11,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (marzo 2006), quasi nove volte inferiore alla media annua. I dati di sintesi sono riportati nello schema seguente, la successione cronologica dei deflussi è riportata in fig. 1, la correlazione tra i valori annui delle portate e la loro frequenza è riportata in fig. 4.

- Portata media annua massima (1977) $Q_{y_{max}} = 169,6 \text{ m}^3/\text{s} = 51,19 \text{ L/s/km}^2$ ($D_{y_{max}} = 1.621 \text{ mm}$; $V_{y_{max}} = 5,348 \cdot 10^9 \text{ m}^3$);
- Correlazione tra le medie annue “ $Q_{y_{med}}$ ” con la loro frequenza “ F ”: $Q_{y_{med}} = -231,7 \cdot F^3 + 425,9 \cdot F^2 - 282,4 \cdot F + 153,4$ ($R^2 = 0,97$; fig. 4);
- Portata media annua dell’anno idrologico abbondante ($F = 0,2$; $Tr = 5$ anni) $Q_{yF20} = 112,1 \text{ m}^3/\text{s} = 33,84 \text{ L/s/km}^2$ ($D_{yF20} = 1.067 \text{ mm}$; $V_{yF20} = 3,535 \cdot 10^9 \text{ m}^3$);
- Portata media annua $Q_{y_{med}} = 96,0 \text{ m}^3/\text{s} = 28,99 \text{ L/s/km}^2$ ($D_{y_{med}} = 916 \text{ mm}$; $V_{y_{med}} = 3,027 \cdot 10^9 \text{ m}^3$);
- Deviazione standard percentuale $s = 21,1 \%$ (valore assoluto $s = 20 \text{ m}^3/\text{s}$);
- Percentuale numero “ N ” anni $(Q_{y_{med}} - s) < N < (Q_{y_{med}} + s) = 78,1\%$;
- Percentuale numero “ N ” anni $(Q_{y_{med}} - 2s) < N < (Q_{y_{med}} + 2s) = 94,5\%$;
- Percentuale numero “ N ” anni $(Q_{y_{med}} - 3s) < N < (Q_{y_{med}} + 3s) = 98,6\%$;
- Percentuale numero “ N ” anni $> Q_{y_{med}} = 42,5\%$;
- Percentuale numero “ N ” anni $< Q_{y_{med}} = 57,5\%$;
- Portata media annua dell’anno idrologico scarso ($F = 0,8$; $Tr = 1,25$ anni) $Q_{yF80} = 81,4 \text{ m}^3/\text{s} = 24,58 \text{ L/s/km}^2$ ($D_{yF80} = 775 \text{ mm}$; $V_{yF80} = 2,568 \cdot 10^9 \text{ m}^3$);
- Portata media annua minima (1965) $Q_{y_{min}} = 66,5 \text{ m}^3/\text{s} = 20,07 \text{ L/s/km}^2$ ($D_{y_{min}} = 635 \text{ mm}$; $V_{y_{min}} = 2,097 \cdot 10^9 \text{ m}^3$);
- Coefficiente di deflusso annuo massimo (2009) = 1,41;
- Coefficiente di deflusso medio annuo $D_{y_{med}}/A_{y_{med}} = 0,97$ (successione cronologica in fig. 1);
- Coefficiente di deflusso annuo minimo (1965) = 0,65;

Il coefficiente di deflusso medio annuo (rapporto deflussi/afflussi “ $D_{y_{med}}/A_{y_{med}}$ ”) è risultato pari a 0,97. La Dora Baltea a Tavagnasco può quindi essere collocata, nella classificazione del Pallucchini (1934), nel *tipo alpino*, in cui rientrano tutti i corsi d’acqua con coefficiente di deflusso superiore a 0,7.

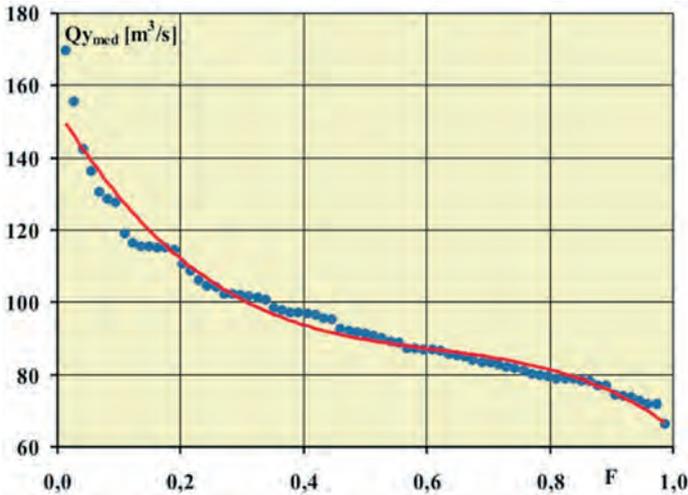


Fig. 4 - Stazione idrometrica di Tavagnasco sulla Dora Baltea (263 m s.l.m.). Correlazione tra i valori annui delle portate "Qy_med" [m³/s] e la loro frequenza "F". Periodo di osservazione 1925 ÷ 1985, 2002 ÷ 2013 (73 anni).

Merita evidenziare la notevole variabilità interannuale del rapporto Dy_{med}/Ay_{med} (fig. 1; deviazione standard di 0,16; 16% rispetto alla media del periodo); risulta un valore massimo di 1,41 nel 2009 (evidentemente tipico dei regimi nivoglaciali) e uno minimo di 0,65 nel 1965 (tipico dei regimi pluviali), con un rapporto tra tali estremi di quasi 2,2. Non risultano correlazioni plausibili tra i valori annui degli afflussi meteorici e i coefficienti di deflusso (fig. 5).

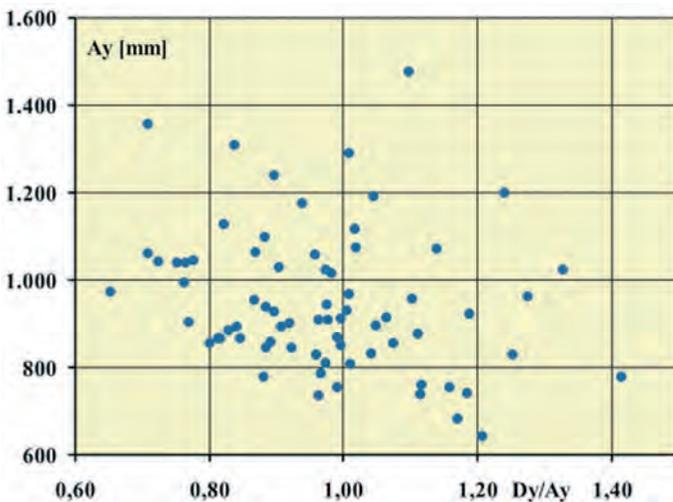


Fig. 5 - Tavagnasco sulla Dora Baltea (263 m s.l.m.). Correlazione tra i valori annui degli afflussi "Ay" [mm] e il coefficiente di deflusso (Dy/Ay). Periodo di osservazione 1925 ÷ 1985, 2002 ÷ 2013 (73 anni). Risulta una situazione molto dispersa, priva di correlazioni plausibili.

REGIME IDROLOGICO

I dati idrologici su scala di tempo mensile sono riportati in tab. 2 e rappresentati in fig. 6. In buona parte dell'anno, afflussi e deflussi hanno andamento parallelo, con i primi superiori ai secondi ($Dm_{med}/Am_{med} < 1$). Nel

Tab. 2 - Regime delle portate mensili (Q_m) e dei deflussi (D_m) alla stazione di Tava-gnasco (263 m s.l.m.) sulla Dora Baltea. Valori massimi assoluti ($Q_{m_{max}}$) e loro medie ($Q_{m_{max-med}}$), medie dell'anno idrologico abbondante (Q_{mF20}), medi ($Q_{m_{med}}$), medie dell'anno idrologico scarso (Q_{mF80}) e minimi assoluti ($Q_{m_{min}}$ e $Q_{m_{max-med}}$) espressi come portate [m^3/s], portate specifiche [$L/s/km^2$] e come deflussi [mm]. Distribuzioni percentuali dei massimi ($N Q_{m_{max-y}}$) e dei minimi ($N Q_{m_{min-y}}$) annuali. Deviazione standard (s). Numero percentuale di casi con valori superiori ($N > Q_{m_{med}}$) e inferiori ($N < Q_{m_{med}}$) alla media. Coefficienti di deflusso (Dm_{med}/Am_{med}). Periodo di osservazione: 1925 ÷ 1985, 2002 ÷ 2013 (73 anni).

Parametri		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
$Q_{m_{max}}$	m^3/s	111,0	87,8	308,0	423,0	862,0	1.080,0	573,0	960,0	1.070,0	1.260,0	668,0	98,6
	$L/s/km^2$	44,9	42,4	55,0	123,6	298,5	373,0	288,0	247,6	225,5	181,7	151,5	56,7
Dm_{max}	mm	90	65	249	330	696	844	463	775	836	1.017	522	80
	m^3/s	44,9	42,4	55,0	123,6	298,5	373,0	288,0	247,6	225,5	181,7	151,5	56,7
$Q_{m_{max-med}}$	$L/s/km^2$	13,6	12,8	16,6	37,3	90,1	112,6	86,9	74,7	68,1	54,8	45,7	17,1
	mm	36	31	44	97	241	291	233	200	176	147	118	46
Q_{mF20}	m^3/s	41,4	39,1	42,3	69,3	167,5	269,8	222,0	161,9	122,1	89,3	71,8	49,3
	$L/s/km^2$	12,5	11,8	12,8	20,9	50,6	81,4	67,0	48,9	36,9	26,9	21,7	14,9
$DmF20$	mm	33,4	29,1	34,2	54,2	135,2	210,7	179,2	130,7	95,4	72,1	56,1	39,8
	m^3/s	35,5	33,5	36,2	59,4	143,5	231,0	190,1	138,6	104,6	76,5	61,4	42,2
$Q_{m_{med}}$	$L/s/km^2$	10,71	10,1	10,94	17,92	43,30	69,73	57,38	41,85	31,57	23,08	18,55	12,7
	%	37,0	34,9	37,7	61,8	149,4	240,6	198,0	144,4	108,9	79,6	64,0	44,0
Dm_{med}	mm	29	25	29	46	116	181	153	112	82	62	48	34
	%	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	71,2	16,4	2,7	2,7	1,4	0,0	0,0
Dm_{med}/Am_{med}		0,55	0,46	0,44	0,54	1,02	2,06	2,22	1,31	1,00	0,67	0,49	0,53
$N Q_{m_{min-y}}$	%	17,8	41,1	21,9	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4
	m^3/s	8,7	7,6	10,8	22,1	53,7	68,5	58,8	32,7	31,7	32,7	26,8	9,8
s	%	9,7	8,6	11,8	23,1	54,7	69,5	59,9	33,7	32,7	33,7	27,8	10,9
	$(Q_{m_{med}}-1s) < N < (Q_{m_{med}}+1s)$	%	83,6	74,0	79,5	75,3	75,3	67,1	74,0	75,3	76,7	82,2	0,0
$(Q_{m_{med}}-2s) < N < (Q_{m_{med}}+2s)$	%	95,9	95,9	94,5	93,2	94,5	95,9	93,2	95,9	95,9	97,3	91,8	95,9
$(Q_{m_{med}}-2s) < N < (Q_{m_{med}}+2s)$	%	95,9	98,6	97,3	98,6	98,6	100,0	98,6	98,6	98,6	98,6	98,6	100,0
$N > Q_{m_{med}}$	%	47,9	41,1	34,2	41,1	42,5	46,6	37,0	43,8	42,5	37,0	38,4	46,6
$N < Q_{m_{med}}$	%	52,1	58,9	65,8	58,9	57,5	53,4	63,0	56,2	57,5	63,0	61,6	53,4
Q_{mF80}	m^3/s	30,1	28,4	30,7	50,3	121,6	195,9	161,2	117,0	88,7	64,8	52,1	35,8
	$L/s/km^2$	9,1	8,6	9,3	15,2	36,7	59,1	48,7	35,5	26,8	19,6	15,7	10,8
$DmF80$	mm	24	21	25	39	98	153	130	95	6	52	41	29
	m^3/s	28,9	26,9	27,4	36,4	73,2	147,2	131,8	96,0	67,0	49,7	42,8	33,7
$Q_{m_{min-med}}$	$L/s/km^2$	8,7	8,1	8,3	11,0	22,1	44,4	39,8	29,0	20,2	15,0	12,9	10,2
	mm	23	20	22	28	59	115	106	78	52	40	33	27
$Q_{m_{min}}$	m^3/s	15,9	14,9	11,1	18,5	18,0	51,8	63,0	34,0	39,5	27,3	22,2	18,2
	$L/s/km^2$	4,8	4,5	3,4	5,6	5,4	15,6	19,0	10,3	11,9	8,2	6,7	5,5
Dm_{min}	mm	13	11	9	15	15	41	51	27	31	22	13	15

quadrimestre maggio ÷ agosto la situazione si inverte ($Dm_{med}/Am_{med} > 1$), poiché le portate della Dora sono alimentate anche dalla fusione della neve accumulata nel bacino nell'inverno e soprattutto dall'ablazione dei numerosi ghiacciai presenti nel territorio valdostano; merita segnalare il mese di luglio, con il massimo valore medio del coefficiente di deflusso (2,22), in coincidenza con il massimo del regime termico medio mensile. Ancora in settembre risulta un rapporto piuttosto elevato (1,00). Giugno presenta, con 231 m³/s, la portata media mensile più elevata e ciò accade per poco più del 70% degli anni. Il minimo risulta nel febbraio, con 33,5 m³/s (come si è effettivamente verificato in oltre il 40% degli anni).

Nell'ambito della classificazione proposta dal Tonini (1966) la Dora Baltea è un fiume a "regime nivoglaciale" individuato, secondo De Biaggi *et al.* (1987), dal codice 103201 (*zona umida ad acque correnti naturali di tipo nivoglaciale o alpino*). Le più cospicue differenze tra afflussi e deflussi (deficit di deflusso) si manifestano nei mesi centrali dell'inverno, quelli più freddi, con l'acqua delle precipitazioni (prevalentemente nevose) "blocate" nello stato solido sul bacino e quindi senza alimentare i deflussi.

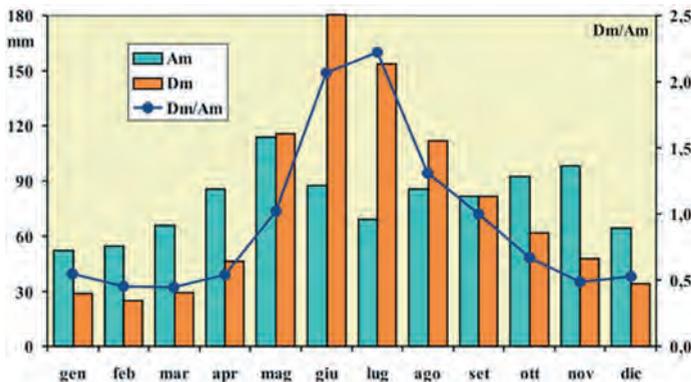


Fig. 6 - Regime degli afflussi meteorici (Am_{med}) e dei deflussi (Dm_{med}) medi mensili e dei coefficienti di deflusso Dm_{med}/Am_{med} . Bacino della Dora Baltea (3.313 km²) sotteso a Tavagnasco (263 m s.l.m.). Periodo di osservazione: 1925 ÷ 1985, 2002 ÷ 2013 (73 anni).

PORTATE DI DURATE CARATTERISTICHE

La tab. 3 riporta le portate medie annue di durate caratteristiche della Dora Baltea a Tavagnasco, espresse come valori assoluti [m³/s] e come valori specifici [L/s/km²]. Da questi si ricava la curva di durata delle portate (fig. 7). Sono anche indicate le medie delle massime e delle minime giornaliere annuali che si possono considerare rispettivamente come le portate medie annue di durata pari a 1 giorno e a 365 giorni.

Tab. 3 - Bacino della Dora baltea (3.313 km²) sotteso a Tavagnasco (263 m s.l.m.). Portate medie annue di durata caratteristica. Periodo di osservazione: 1925 ÷ 1985, 2002 ÷ 2013 (73 anni).

	Q1	Q10	Q30	Q60	Q91	Q135	Q182	Q274	Q355	Q365
m ³ /s	422,3	301,7	218,7	164,5	127,6	92,8	62,5	37,5	24,3	23,8
L/s/km ²	127,5	91,1	66,0	49,7	38,5	28,0	18,9	11,3	7,3	7,2

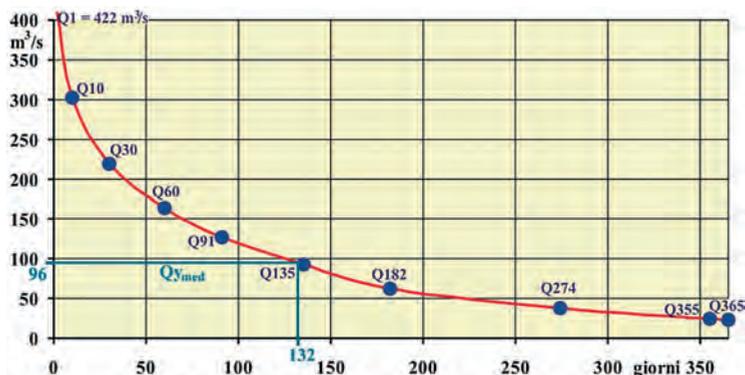


Fig. 7 - Curva di durata delle portate rappresentativa del bacino della Dora Baltea (3.313 km²) sotteso a Tavagnasco (263 m s.l.m.). Periodo di osservazione: 1925 ÷ 1985, 2002 ÷ 2013 (73 anni). La Q1 è la media delle portate massime giornaliere annue; la Q365 è la media delle portate minime giornaliere annue. Portate pari o superiori a quella media annua ($Q_{y_{med}} = 96,0 \text{ m}^3/\text{s}$) hanno durata media complessiva di 132 giorni.

Merita mettere in evidenza la portata media annua di durata pari a 10 giorni: portate superiori a 300 m³/s sono mediamente disponibili solo per 10 giorni all'anno; sono valori considerevoli (> 90 L/s/km²), seppure notevolmente inferiori alla portata assoluta di massima piena al colmo di tutto il periodo di 73 anni considerato, pari a 1.950 m³/s del 4 settembre 1948.

Il valore più rappresentativo delle condizioni idrologiche della Dora Baltea è quello della portata media annua di durata pari a 182 giorni (62,5 m³/s). Per metà dell'anno (soprattutto nella stagione fredda), in media, le portate disponibili sono inferiori. In fig. 7 è rappresentata anche la media annua $Q_{y_{med}} = 96,0 \text{ m}^3/\text{s}$, a partire dalla quale, con metodo grafico, risulta una durata di 132 giorni; per quasi due terzi dell'anno le portate sono inferiori.

Valore importante è quello della portata di durata di 355 giorni, pari a 24,3 m³/s, circa un quarto della media annua. Portate inferiori (di poco) sono mediamente disponibili solo per una decina di giorni all'anno. È un

riferimento importante, in quanto è una portata di magra a tutti gli effetti ed è in tale situazione che il fiume è maggiormente vulnerabile.

Infine, sul grafico della fig. 7, in una versione di maggiore dettaglio, è stata planimetrata l'area sottesa dalla curva (il suo integrale); essa rappresenta il volume medio annuo di deflusso alla sezione di Tavagnasco, risultato pari a quasi $3,024 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, valore molto vicino a quello ($3,027 \cdot 10^9 \text{ m}^3$) calcolato utilizzando il dato della portata media annua. I due valori ben difficilmente possono coincidere, in quanto il primo è risultato dall'applicazione di un metodo grafico-manuale, mentre il secondo dall'applicazione di un calcolo aritmetico.

PORTATE DI MAGRA

La portata di "magra normale" viene spesso definita come "media dei minimi annuali" ($23,8 \text{ m}^3/\text{s}$ nel caso in oggetto). In realtà, come osservato da Perosino (1990), la media dei minimi non è propriamente un dato da considerare in questo senso, perché non del tutto attendibile, sia dal punto di vista statistico, sia da quello idrologico. Una popolazione di dati rappresentata da valori di eventi eccezionali non è del tutto correttamente descrivibile da una media aritmetica, in conseguenza della particolare distribuzione dei dati.

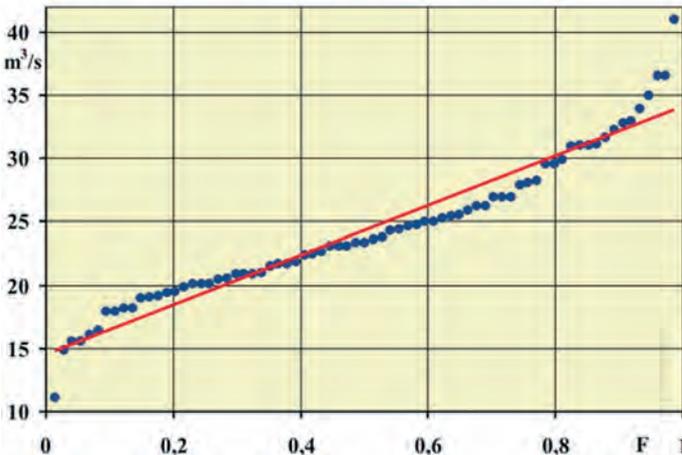


Fig. 8 - Correlazione tra le portate minime giornaliere annuali " $A_{y_{\min}}$ " [m^3/s] e le relative frequenze "F". Bacino della Dora Baltea (3.313 km^2) sotteso a Tavagnasco (263 m s.l.m.). Periodo di osservazione: $1925 \div 1985, 2002 \div 2013$ (73 anni).

F		0,500	0,200	0,100	0,050	0,033	0,020	0,014	0,010
Tr	anni	2	5	10	20	30	50	70	100
$Q_{y_{\min}}$	m^3/s	24,4	18,5	16,6	15,6	15,3	15,0	14,9	14,8
	$\text{L}/\text{s}/\text{km}^2$	7,37	5,59	5,00	4,71	4,61	4,53	4,49	4,47

Disponendo di un serie di “n” dati [m^3/s] relativi ai valori di portate minime istantanee annuali (rilevate in un periodo di $n = 73$ anni di osservazione come nel caso in oggetto) $Q_{y_{min1}}$, $Q_{y_{min2}}$, $Q_{y_{min3}}$,... $Q_{y_{minn}}$ ordinati in senso crescente e indicando con “m” la posizione di ciascun dato ($m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$), è possibile determinare la frequenza “F” relativa ad ogni posizione. Si rappresenta quindi la relazione $Q_{y_{min}}/F$ (fig. 8). Si assume come magra normale il valore con $Tr = 2$ anni ($F = 0,5$), pari a $24,4 m^3/s$, molto vicina alla Q355 ($24,3 m^3/s$; tab. 3) e leggermente superiore alla media delle minime annuali ($23,8 m^3/s$) succitata.

I minimi assoluti annuali si verificano, nella maggior parte, nella stagione invernale, soprattutto nei mesi di febbraio (27% dei casi) e di marzo (33%). Numerosi casi si verificano anche in dicembre (16%) e in gennaio (18%). Ma un certo numero di eventi si verificano anche all’inizio della primavera, con il 3% in aprile e anche in maggio.

CONCLUSIONI (quale gestione?)

Il Regolamento Regionale (8R) sul metodo di calcolo del Deflusso Minimo Vitale “DMV” (Regione Piemonte, 2007)², prevede nell’allegato “A”, le modalità per una qualunque sezione del reticolo idrografico piemontese³, in particolare per il cosiddetto DMV di base (DMVb) che doveva essere applicato a “tutte” le derivazioni idriche entro il 31/12/2008 (ma con scarsi risultati; Perosino, 2015). È quindi interessante verificare la situazione della Dora Baltea nel territorio piemontese dove sono presenti importanti derivazioni per fini idroelettrici, ma soprattutto per fini irrigui destinati alle risaie e gestiti dalla Coutenza Canali Cavour (Consorzio Est/Ovest Sesia). La formula proposta dall’Allegato “A” del Regolamento regionale 8R è la seguente:

² Il DMV è la “portata minima istantanea che deve essere presente in alveo immediatamente a valle dei prelievi al fine di mantenere vitali le condizioni di funzionalità e di qualità degli ecosistemi interessati” (definizione riportata all’art. 2 del succitato regolamento).

³ Sulla base di un approfondito studio propedeutico promosso dall’Autorità di Bacino del Fiume Po (Hydrodata, 1999).

$$DMVb = K \times Q_{y_{med}} \times S \times M \times A$$

- Dove: K = 0,13 come indicato nella cartografia del PTA “A2.12” per il bacino della Dora Baltea (Regione Piemonte, 2009);
- $Q_{y_{med-s}}$ = portata media annua pari a 28,99 L/s/km² per la sezione della stazione di Tavagnasco presso il confine regionale Valle d’Aosta/Piemonte; 27,60 L/s/km² presso la sezione di confluenza con il Po (Forneris *et al.*, 2012);
- S = 3.313 km² per il bacino sotteso alla stessa stazione presso il confine regionale Valle d’Aosta/Piemonte; 3.920 km² per il bacino sotteso alla sezione di confluenza con il Po (Forneris *et al.*, 2012);
- M = 1,30 in quanto area appartenente alla classe morfologica 4 nella suddetta cartografia del PTA “A2.12”;
- A = 1,20 in quanto il tratto presso Tavagnasco rientra nella classe di interscambio “4” secondo la suddetta cartografia di piano; verso valle migliora il drenaggio passando ad una classe di interscambio “2”, con corrispondente valore A = 1,00.

Da cui, applicando la suddetta formula, si ricavano, per la Dora Baltea, i seguenti valori:

$$\begin{aligned} DMVb \text{ (Tavagnasco)} &= 19,48 \text{ m}^3/\text{s}; \\ DMVb \text{ (confluenza Po)} &= 18,28 \text{ m}^3/\text{s}. \end{aligned}$$

Verso valle, nonostante l’incremento della superficie di bacino, risulta una diminuzione, seppure poco significativa, del DMVb; ciò non stupisce, in quanto diminuiscono il valore specifico [L/s/km²] della portata media annua e il valore di interscambio “A”. In sostanza il DMVb rappresenta una frazione della portata media annua ($Q_{y_{med}}$) che va circa dal 20 % presso Tavagnasco al 17 % presso la confluenza con il Po. Grosso modo si può affermare che la portata minima che deve essere garantita nell’alveo della Dora Baltea nel suo corso piemontese è prossima a 20 m³/s; tale valore è:

- minore di un quinto della portata media annua;
- poco meno del 60 % della portata media mensile di febbraio (il minimo idrologico di 33,5 m³/s a Tavagnasco; tab. 2);
- inferiore (del 20 % circa) della portata media di durata di 355 giorni

(24,3 m³/s a Tavagnasco; tab. 3) e di quella di magra normale (24,4 m³/s con tempo di ritorno di due anni; tab. 4).

In sintesi la portata del DMVb calcolata per la Dora Baltea mediante la formula prevista dal Regolamento 8R impone una portata minima residua di garanzia per la tutela dell'ecosistema acquatico, corrispondente alla portata di magra con tempo di ritorno $Tr = 5$ anni. Tale valore è una sintesi efficace delle scelte alla base dei processi gestionali del Piano Regionale di Tutela delle Acque (Regione Piemonte, 2007) che prevedono di assegnare la maggior parte della risorsa idrica alle produzioni economiche e una limitata parte residua alla tutela degli ecosistemi acquatici. Ma non è tutto.

All'art. 9 dell'8R vengono citati i “...tratti di corsi d'acqua... su cui incidono rilevanti prelievi irrigui e caratterizzati da ricorrenti deficit idrici stagionali...”. Su tali tratti “...alle derivazioni ad uso agricolo destinate all'irrigazione e limitatamente al periodo di massima idroesigenza si applica un DMV ridotto di un terzo...”. Questi tratti fluviali sono elencati nell'Allegato “B” che comprende quasi tutti i principali fiumi piemontesi dal loro sbocco in pianura alla confluenza con il Po. Essi possono essere distinti in due categorie:

- tributari di sinistra del Po, caratterizzati da regimi idrologici nivopluviali con evidente minimo principale invernale e minimo secondario tardo estivo che si manifesta solitamente verso fine luglio e prosegue per tutto agosto (talvolta anche in settembre);
- tributari di destra del Po, caratterizzati da regimi idrologici pluviali con evidente minimo principale estivo che si manifesta già dalla fine giugno.

In ogni caso “tutti” presentano portate ridotte nella stagione estiva e in misura particolarmente pronunciata nel Piemonte Sud orientale. Il rispetto del DMVb quale risultato della succitata formula, imporrebbe, in occasione delle situazioni idrometeorologiche estive più sfavorevoli, in particolare nei mesi luglio e agosto, la destinazione della maggior parte della risorsa idrica alla tutela, mentre quella utilizzabile dall'agricoltura risulterebbe oggettivamente insufficiente. Per tale ragione l'8R prevede una sorta di sconto del 67 % (2/3) sul valore del DMVb risultante dalla formula. In tal modo, grosso modo e per la maggior parte dei “...tratti di corsi d'acqua... caratterizzati da ricorrenti deficit idrici...”, nei mesi più caldi, circa 4/5 della risorsa idrica viene destinata all'irrigazione e solo 1/5 per la tutela degli ecosistemi fluviali.

Anche la Dora Baltea è compresa nell'elenco dei corsi d'acqua soggetti a crisi idriche e quindi anche per tale fiume vale l'applicazione della ridu-

zione ad un terzo del valore del DMVb ottenuto dalla succitata formula. Ciò significa circa $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$; tale valore è:

- quasi $1/15$ della portata media annua;
- meno di $1/5$ della portata media mensile di febbraio (minimo idrologico di $33,5 \text{ m}^3/\text{s}$ a Tavagnasco; tab. 2);
- poco più di $1/4$ della portata media di durata di 355 giorni ($24,3 \text{ m}^3/\text{s}$ a Tavagnasco; tab. 3) e di quella di magra normale ($24,4 \text{ m}^3/\text{s}$ con tempo di ritorno di due anni ; tab. 4);
- inferiore alla metà della portata minima con tempo di ritorno di 100 anni ($14,8 \text{ m}^3/\text{s}$ a Tavagnasco; fig. 8).

L'inserimento del tratto piemontese del fiume Dora Baltea nell'elenco dei "...tratti di corsi d'acqua... caratterizzati da ricorrenti deficit idrici..." previsto dal Regolamento regionale 8R è un errore macroscopico, in quanto, a differenza di tutti gli altri corsi d'acqua di pianura, proprio nell'estate risultano le maggiori portate, con una media mensile massima in giugno di ben $231 \text{ m}^3/\text{s}$ (tab. 2). Ma il mese più critico, quando i fabbisogni irrigui sono ancora consistenti, è agosto, con una portata media mensile di $139 \text{ m}^3/\text{s}$; in tale situazione il DMVb = $20 \text{ m}^3/\text{s}$ (quindi senza riduzione ad $1/3$) risulterebbe appena $1/7$ della risorsa disponibile. Nell'anno idrologico scarso (frequenza di superamento dell'80%) la media mensile di quel mese è pari a $117 \text{ m}^3/\text{s}$ (tab. 2), quasi 6 volte il DMVb.

Rispetto al periodo di osservazione considerato (73 anni), l'anno più critico è stato il 2006, con una portata media annua di $72 \text{ m}^3/\text{s}$ e con il minimo storico della media mensile di agosto ($67,6 \text{ m}^3/\text{s}$) 3,4 volte il DMVb; in quello stesso mese si registrò il minimo assoluto istantaneo del trimestre estivo ($34 \text{ m}^3/\text{s}$)⁴, considerevolmente superiore al DMVb = $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'agosto 2006 rappresentò una situazione di crisi idrica veramente eccezionale, rispetto alla quale inevitabilmente occorre riconoscere la possibi-

⁴ Il giorno 11 agosto 2006 la portata giornaliera registrata all'idrometro di Tavagnasco risultò pari a $60 \text{ m}^3/\text{s}$; la vera crisi idrica iniziò il giorno dopo, con $46 \text{ m}^3/\text{s}$, per diminuire a $42 \text{ m}^3/\text{s}$ il giorno 13, quindi a $41 \text{ m}^3/\text{s}$ e infine a $34 \text{ m}^3/\text{s}$ il giorno 15. Il giorno dopo la portata giornaliera ritornò a $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Si trattò quindi di una forte crisi idrica durata solo 4 giorni. Merita inoltre segnalare che, in quello stesso periodo, non si sono registrati fenomeni particolari inerenti gli afflussi meteorici. Pertanto la brusca riduzione della portata dopo il giorno 11 e il repentino incremento della stessa il giorno 16, inducono ad ipotizzare un cattivo funzionamento dell'idrometro più che ad una reale crisi idrica.

lità di riduzione del DMV a fronte delle necessità irrigue, nel caso specifico della risicoltura, ma non può costituire uno stato permanente di modalità di gestione della risorsa idrica. Basti pensare che il secondo anno della serie dei dati medi mensili di agosto ordinata in senso crescente è risultato il 1968 con una portata media di quel mese pari a $94 \text{ m}^3/\text{s}$, ancora ampiamente sufficiente per garantire le necessità irrigue al netto della portata minima di garanzia per la tutela del fiume. Il secondo anno della serie dei dati minimi giornalieri di agosto ordinata in senso crescente è risultato il 1976 con un minimo giornaliero di quel mese pari a $57 \text{ m}^3/\text{s}$ ⁵, quasi il triplo del DMVb; anche in quella situazione quasi $2/3$ della risorsa idrica è destinata all'agricoltura.

L'unico momento critico da riconoscere è il mese di aprile, quando le portate non sono ancora abbondanti in quanto insufficienti i fenomeni di ablazione sull'alto bacino, mentre contemporaneamente inizia la fase di adacquamento delle risaie. La media di quel mese è pari a $61,8 \text{ m}^3/\text{s}$, di cui poco meno di un terzo andrebbe destinato alla tutela come DMV senza deroghe, mentre una portata di oltre $40 \text{ m}^3/\text{s}$ andrebbe destinato alle risaie, ben più che sufficiente. La portata media di quel mese rappresentativa dell'anno idrologico scarso risulta poco più di $50 \text{ m}^3/\text{s}$ (tab. 2), quindi ancora più che sufficiente per garantire sia la risicoltura, sia la tutela. Tuttavia, per tempi di ritorno superiori a $20 \div 30$ anni, le portate di aprile potrebbero ridursi a meno di $30 \text{ m}^3/\text{s}$, addirittura anche meno di $20 \text{ m}^3/\text{s}$ in situazioni particolarmente eccezionali ($Tr > 50$ anni), ma solo in tali condizioni (precisamente dimostrate e documentate) diventerebbe doveroso ammettere la deroga di un terzo del DMVb.

Quanto sopra è un "racconto" utile ad illustrare la necessità di studi idrologici a scala di bacino ben approfonditi, al fine di disporre di tutte le informazioni necessarie per una migliore gestione delle risorse idriche superficiali che sappia meglio coniugare le necessità economiche-produttive con quelle della tutela degli ecosistemi fluviali, in piena coerenza con gli obiettivi di qualità previsti dal D.Lgs. 152/2006 in recepimento della Direttiva 2000/60/CE.

⁵ Anche in questo caso si trattò di un periodo limitato con portate registrate all'idrometro di Tavagnasco inferiori a $70 \text{ m}^3/\text{s}$ dal 13 al 28 agosto 2006.

BIBLIOGRAFIA

- BRUCE J.P., CLARK R.H., 1966 – Introduction to hydrometeorology. Pèrgamon Press, Toronto.
- CONTESSINI F., 1956 – Impianti idroelettrici. Tamburini, Milano.
- DE BIAGGI E., PEROSINO G.C., FOIETTA P., SAINI R., STOPPA T., 1987 – L'eutrofizzazione dei bacini lacustri piemontesi e il Progetto di Banca Dati delle Zone Umide. *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 8: 3-20. Carmagnola (To).
- FORNERIS G., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2012 – Pesci e ambienti acquatici del Piemonte. Assessorato all'Agricoltura, Tutela della Fauna e della Flora. Regione Piemonte, Torino.
- HYDRODATA, 1999 – Progetto speciale 2.5. Azioni per la predisposizione di una normativa riguardante il minimo deflusso vitale negli alvei. Autorità Di Bacino del Fiume Po. Parma.
- MENNELLA C., 1967 – Il clima d'Italia nelle sue caratteristiche e varietà e quale fattore dinamico del paesaggio. Vol I, EDART, Napoli.
- PALLUCCHINI A., 1934 – Classifica dei fiumi italiani secondo il loro coefficiente di deflusso. C.N.R. - Comitato per la Geografia, Delegazione Italiana al Congresso Internazionale di Geografia (Varsavia, agosto - settembre 1934).
- PEROSINO G.C., 1990 – Portate minime per la conservazione dell'idrofauna dei corsi d'acqua soggetti a prelievi idrici. Atti III Convegno Nazionale A.I.I.A.D. *Rivista Italiana di Idrobiologia*, 29 (1): 426-204.
- PEROSINO G.C., 1987 – Climatologia di Torino. *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 8: 21-52.
- PEROSINO G.C., 2015 – Idrologia del Grana a Monterosso. *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 36: 3-22.
- REGIONE PIEMONTE, 2007 – Regolamento regionale recante: “disposizioni per la prima attuazione delle norme in materia di deflusso minimo vitale (Legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61)”. Bollettino Ufficiale n. 29 del 19/07/2007. Torino.
- REGIONE PIEMONTE, 2009 – Tutela delle acque: istruzioni per l'uso. Direzione Regionale 10 (Ambiente). Settore “tutela quantitativa e qualitativa delle acque”. Torino.
- REICH B.M., 1963 – Short-duration rainfall intensity estimates and other design aids regions of sparse data. *Journal. Hydrology.*, 1: 3-29.
- REMENIERAS G., 1972 – L'hydrologie de l'ingenieur. Eyrolles, Parigi.
- SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1925-1985 – Annali Idrologici - Parte II. Ministero Lavori Pubblico. Istituto Poligrafico dello Stato. Roma.
- SOKOLOV A.A., CHAPMAN T.G., 1974 – Methods for water balance computations. Unesco Press, Parigi.
- TONINI D., 1966 – Elementi di idrografia e di idrologia. Libreria Universitaria. Venezia.