ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

LIVELLI E PORTATE MEDIE GIORNALIERE DEL FIUME ADIGE A BOARA PISANI NELL'ANNO 2007

U.O. Rete Idrografica Regionale Relazione n° 10/08 Revisione 02 29/08/2008

LIVELLI E PORTATE MEDIE GIORNALIERE DEL FIUME ADIGE A BOARA PISANI NELL'ANNO 2007

INDICE

1 PREMESSA 2
2 RECENTI MISURE DI PORTATA E DEFINIZIONE DELL'ATTUALE SCALA DI DEFLUSSO 2
3 LIVELLI IDROMETRICI E PORTATE MEDIE GIORNALIERE TRANSITATE ALLA SEZIONE DI BOARA PISANI NELL'ANNO 2007 4
4 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE GIORNALIERE DELL'ANNO 2007 6
5 CONCLUSIONI 9

Redazione	U.O. RIR	G. Egiatti
Approvazione	U.O. RIR	I. Saccardo

1 PREMESSA

Con le relazioni n° 01/06 del 16/01/2006 intitolata "Considerazioni sulla scala di deflusso del fiume Adige a Boara Pisani" e n° 09/09 del 01/12/2009 intitolata "Livelli e portate medie giornaliere del fiume Adige a Boara Pisani nell'anno 2008", alle quali si rimandano per ogni dettaglio, la scrivente U.O. Rete Idrografica Regionale provvedeva ad illustrare tutte le incertezze insite nella costruzione della scala di deflusso del fiume Adige a Boara Pisani per gli anni 2004-2008.

Anche nel corso del 2007 si sono rilevate modeste differenze tra i livelli dell'idrometro di Boara Polesine e del teleidrometro ad ultrasuoni dovute sia all'incertezza della misura insita nello strumento ad ultrasuoni, sia probabilmente a causa dell'effetto di rigurgito provocato dalle pile del ponte stradale (soprattutto in condizioni di magra estrema si osserva la presenza sotto il manufatto di un "profilo di chiamata", mentre la sezione immediatamente a monte risulta leggermente rigurgitata). Non si esclude neppure che le condizioni di deflusso siano parzialmente influenzate dai livelli di marea. Infatti nei 51 km di distanza dalla foce il corso d'acqua in magra copre un dislivello di appena 4,5 m con una pendenza media pari allo 0,009 %, valore che accredita la possibilità di un rigurgito dovuto all'effetto di marea.

2 RECENTI MISURE DI PORTATA E DEFINIZIONE DELL'ATTUALE SCALA DI DEFLUSSO

Premesso che i dati di livello semiorari registrati dal teleidrometro ad ultrasuoni, ubicato sul ponte stradale di Boara Polesine (RO), 180 m a monte della stazione storica sono stati utilizzati per la verifica della scala di deflusso precedentemente proposta per l'Adige a Boara Pisani, si riportano nella sottostante tabella (Tab. 1) le misure di portata eseguite nell'ultimo anno:

N.	Data	$H_{tel.}$ [cm]	Q [m^3/s]
1	29/01/2007	-370,5	86,8
2	06/03/2007	-388,5	71,4
3	10/04/2007	-393,0	66,4
4	17/04/2007	-378,5	81,3
5	24/04/2007	-411,0	49,4
6	22/05/2007	-424,5	38,7
7	06/08/2007	-386,5	69,4
8	23/10/2007	-360,0	99,1
9	13/12/2007	-332,0	135,5

Tabella 1 - Misure di portata eseguite nel 2007 e riferite al livello del teleidrometro.

Le misure effettuate confermano la validità della scala di deflusso utilizzata per il calcolo delle portate negli anni 2004-2006 sino al 24 novembre 2007 come illustrato in Fig. 1. Dal transito di quella morbida la scala si è modificata in maniera sostanziale (come riportato nella Relazione n° 09/09 intitolata "Livelli e portate medie giornaliere del fiume Adige a Boara Pisani nell'anno 2008").

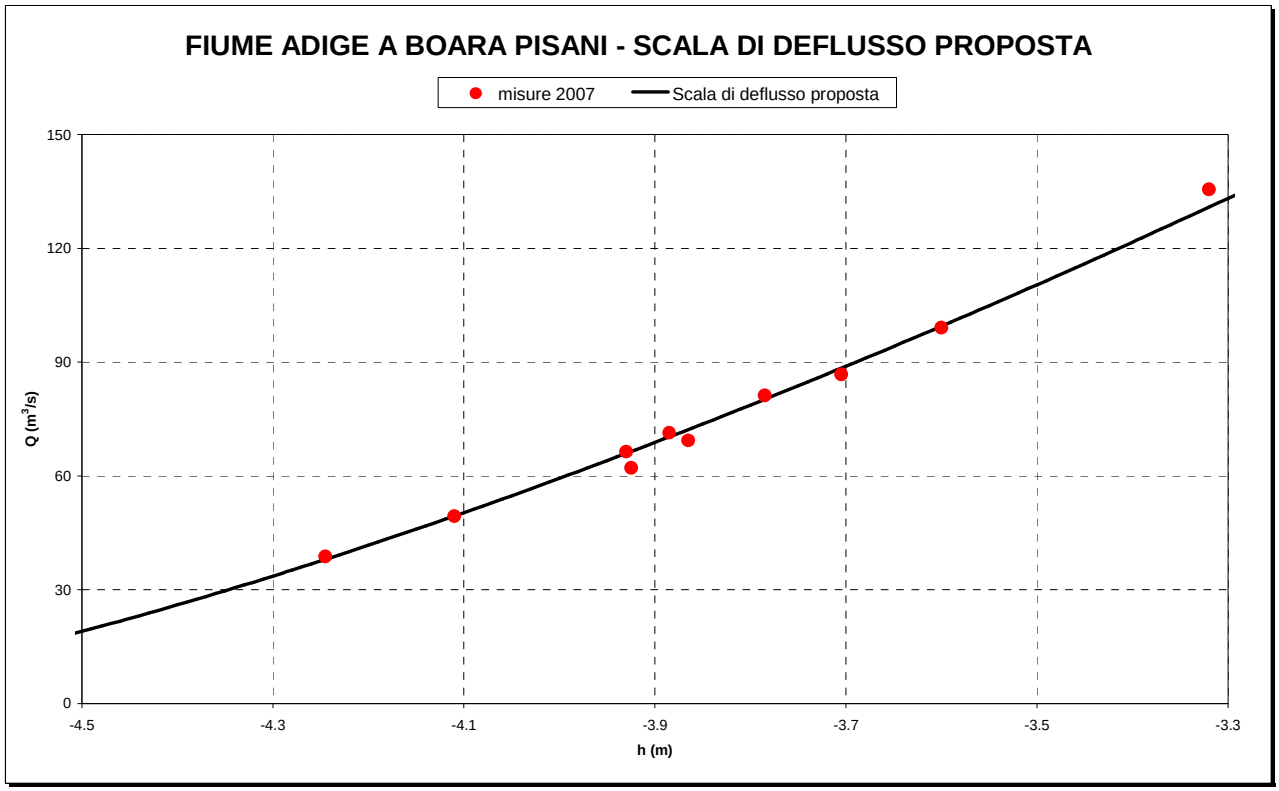

Figura 1 – Attuale scala di deflusso del fiume Adige al teleidrometro di Boara Pisani

Si è pertanto deciso di confermare la scala di deflusso utilizzata per il triennio precedente sino al 24 novembre 2007 e sotto riportata:

$Q = 68{,}8325 * (h + 4{,}90)^{1.4044}$ per h < + 80 cm

$Q = (+ 0{,}1232 * h + 1{,}4324)*A$ per h > + 80 cm

Mentre per il periodo 24 novembre 2007 – 31 dicembre 2007 si è deciso di utilizzare la seguente:

$Q = 59{,}803 * (h + 4{,}91)^{1{,}4818}$ per h < + 66 cm

$Q = (+ 0{,}1232 * h + 1{,}4324)*A$ per h > + 66 cm

Avendo indicato con A l'area della sezione bagnata che può essere espressa in forma approssimata dalla seguente formula:

$A = 0{,}003 * h^6 – 0{,}022 * h^5 – 0{,}107 * h^4 + 0{,}479 * h^3 + 3{,}513 * h^2 + 98{,}62 * h + 436{,}66$

Si ricorda che tale scala di deflusso non tiene conto dell'influenza dei fenomeni indotti dal moto vario che comportano la formazione del cappio di piena.

E' comunque senz'altro necessario effettuare sia nuove misure di portata in condizioni di piena/morbida che possano confermare i risultati, sia nuovi rilievi plano-altimetrici.

3 LIVELLI IDROMETRICI E PORTATE MEDIE GIORNALIERE TRANSITATE ALLA SEZIONE DI BOARA PISANI NELL'ANNO 2007

Pur con le incertezze precedentemente ricordate sono state calcolate le altezze idrometriche medie giornaliere dell'Adige a Boara Pisani per l'anno 2007 (intese come media delle altezze idrometriche semiorarie registrate nel corso della giornata dal teleidrometro ubicato sul ponte stradale di Boara Pisani), operando una ricostruzione di alcuni dati mancanti per malfunzionamento dello strumento.

Bacino: **MEDIO E BASSO ADIGE**

Stazione: ADIGE a BOARA PISANI — Anno 2007

Giorno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1	-3.91	-3.56	-3.59	**-3.43**	-3.96	-3.27	-3.50	-3.84	-2.74	-3.40	-3.20	**-3.08**
2	-3.94	-3.52	-3.64	-3.62	-3.82	-3.24	-3.63	-4.04	-2.92	-3.46	-3.24	-3.19
3	-3.91	-3.60	-3.62	-3.75	-3.75	-2.90	-3.65	-4.01	-3.25	-3.37	-3.64	-3.46
4	-3.70	-3.57	-3.63	-3.56	-3.42	-3.10	-2.79	*-4.06*	-3.29	-3.32	-3.56	-3.52
5	-3.65	-3.83	-3.84	-3.48	-3.22	-3.28	-2.53	-4.00	-3.15	-3.32	-3.66	-3.30
6	-3.63	-3.85	-3.86	-3.46	-3.26	-3.16	-2.23	-3.90	-3.26	-3.22	-3.60	-3.26
7	-3.64	-3.67	-3.61	-3.55	-3.42	-3.03	-2.70	-3.92	-3.31	**-3.12**	-3.33	-3.29
8	-3.81	-3.56	-3.58	-3.67	-3.58	-3.05	-2.98	-3.90	-3.27	-3.33	-3.37	-3.23
9	-3.78	-3.55	-3.43	-3.89	-3.56	-3.14	-3.25	-3.73	-3.42	-3.39	-3.37	-3.32
10	-3.63	**-3.50**	**-3.41**	-3.94	-3.65	-3.09	-3.36	-3.23	-3.63	-3.38	-3.31	-3.54
11	-3.62	-3.56	-3.45	-3.83	-3.74	-3.21	**-2.11**	-2.94	-3.69	-3.44	-3.32	-3.45
12	-3.64	-3.83	-3.76	-3.74	-3.89	-3.16	-2.22	-3.33	-3.47	-3.38	-3.57	-3.33
13	-3.64	-3.80	-3.81	-3.75	-3.95	-2.90	-2.69	-3.57	-3.52	-3.39	-3.61	-3.32
14	-3.69	-3.58	-3.57	-3.66	-4.11	-2.66	-2.86	-3.68	-3.70	-3.53	-3.41	-3.32
15	-3.88	-3.66	-3.55	-3.56	-4.09	-2.55	-3.03	-3.71	-3.68	-3.68	-3.33	-3.35
16	-3.91	-3.66	-3.63	-3.73	-3.89	-2.61	-3.24	-3.82	-3.55	-3.72	-3.29	-3.43
17	-3.70	-3.63	-3.61	-3.81	-3.58	**-2.46**	-3.33	-3.95	-3.93	-3.48	-3.32	-3.56
18	-3.69	-3.63	-3.61	-3.81	-3.69	-2.63	-3.19	-3.89	-3.80	-3.46	-3.39	-3.51
19	-3.62	-3.87	-3.87	-3.71	-3.83	-2.91	-3.28	-3.40	-3.28	-3.53	-3.56	-3.45
20	-3.67	-3.82	-3.95	-3.76	-3.92	-2.92	-3.31	-3.53	-3.05	-3.52	-3.59	-3.47
21	-3.69	-3.62	-3.56	-3.85	-4.15	-2.91	-3.39	-3.48	-3.06	-3.42	-3.48	-3.45
22	-3.87	-3.68	-3.50	-3.87	*-4.24*	-2.96	-3.53	-2.75	-3.31	-3.55	-3.47	-3.42
23	-3.82	-3.66	-3.55	-4.00	-4.09	-2.77	-3.80	-2.56	-3.47	-3.55	-3.35	-3.42
24	-3.48	-3.62	-3.57	-4.10	-3.82	-2.84	-3.87	-2.49	-3.77	-3.29	-3.13	-3.57
25	**-3.28**	-3.62	-3.56	-3.94	-3.73	-3.02	-3.73	-2.58	-3.83	-3.24	-1.96	-3.67
26	-3.34	-3.82	-3.75	-3.78	-3.65	-3.28	-3.61	-2.76	-3.68	-3.28	**-1.91**	-3.72
27	-3.43	-3.86	-3.75	-3.93	-3.56	-3.23	-3.73	-2.97	-3.65	-3.24	-2.50	*-3.73*
28	-3.44	-3.64	-3.55	-3.88	-3.55	-3.09	-3.84	-3.12	-3.43	-3.29	-2.68	-3.71
29	-3.68		-3.59	-3.92	-3.26	-3.16	-3.82	-3.04	-3.15	-3.62	-2.83	-3.60
30	-3.74		-3.55	-3.99	**-2.96**	-3.40	-3.96	-3.00	-3.15	-3.60	-2.96	-3.60
31	-3.59		-3.52		-3.13		-4.03	-2.86		-3.26		-3.69
Medie	-3.68	-3.67	-3.63	-3.77	-3.69	-3.00	-3.26	-3.42	-3.41	-3.41	-3.23	-3.45
							Media annua:	-3.47				

Si sono successivamente calcolate le portate medie giornaliere, intese come media delle portate semiorarie calcolate mediante scala di deflusso (Tabella 2)[1].

[1] A tale proposito si segnala che per la non linearità della relazione altezze idrometriche-portate, la portata media giornaliera può differire anche in maniera sensibile dalla portata corrispondente all'altezza idrometrica media giornaliera

ADIGE A BOARA PISANI (Mr) [(1)] *Anno 2007*

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio 11954 km^2 (parte permeabile 43,9 %); aree glaciali 154 km^2; altitudine massima 3899 m s.m.; altitudine media 1535 m s.m.; zero idrometrico 8,41 m s.m.; distanza dalla foce 51 km circa; inizio osservazioni anno 1853; inizio misure ottobre 1917.

Portata massima 1871 m^3/s (18 maggio 1926). Minima 30,5 m^3/s (6 maggio 1938).

PORTATE MEDIE GIORNALIERE in *m^3/s*

Giorno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1	67.9	103.9	100.8	**118.1**	62.7	136.9	110.7	74.7	**203.6**	121.8	144.8	**146.6**
2	*65.3*	107.8	95.2	97.1	77.0	140.2	96.4	55.6	180.6	114.7	140.0	133.8
3	67.9	100.0	97.1	83.7	83.4	182.1	94.8	58.9	139.3	124.9	95.3	103.9
4	88.9	102.9	96.7	103.7	119.9	157.2	196.8	*54.3*	134.1	131.4	104.3	97.7
5	93.9	76.2	75.1	113.1	142.6	135.5	230.9	59.1	151.0	131.3	*93.0*	120.7
6	96.3	73.9	73.1	114.8	137.4	149.3	274.1	69.3	138.1	142.6	99.7	125.9
7	95.1	92.1	98.5	104.8	119.6	165.8	209.1	67.0	131.5	**154.7**	129.5	122.7
8	77.9	104.1	101.3	92.0	101.4	163.9	172.6	69.1	136.2	129.8	125.7	129.1
9	80.3	105.2	117.7	69.5	103.6	151.8	139.9	86.4	119.4	123.3	125.0	119.2
10	96.8	**110.0**	**120.0**	65.3	94.2	158.1	127.0	141.8	96.2	124.1	132.3	95.0
11	97.8	103.5	116.2	75.8	84.5	143.4	**291.6**	177.8	90.1	117.4	131.5	105.0
12	95.4	75.9	82.8	84.9	69.9	150.0	275.7	130.3	113.4	124.0	102.4	117.6
13	95.2	78.9	77.5	84.2	64.0	182.7	210.0	103.2	108.9	123.0	97.9	119.4
14	90.3	101.9	102.8	93.1	49.8	213.1	187.0	90.7	89.2	107.5	121.0	119.4
15	71.2	93.0	105.0	104.2	51.6	228.7	165.4	87.9	90.6	90.9	130.1	115.3
16	67.8	92.8	96.5	85.8	69.6	219.8	140.3	77.0	104.7	*87.0*	134.3	107.4
17	88.7	96.2	99.0	78.0	101.2	**241.7**	129.8	63.6	*66.2*	112.6	131.1	93.5
18	90.5	96.7	98.5	78.1	90.0	217.9	146.3	70.1	79.2	114.5	122.6	98.7
19	97.0	*71.6*	72.2	88.3	76.2	181.3	135.7	121.5	135.0	107.6	103.7	104.9
20	91.6	77.3	*64.1*	83.3	67.2	179.5	131.6	107.3	163.5	108.5	100.7	102.8
21	90.0	97.6	104.2	74.2	46.3	180.9	123.2	113.3	162.8	119.4	113.1	104.7
22	71.6	91.2	110.6	71.8	*38.6*	174.1	107.4	202.7	131.8	105.5	114.2	108.4
23	77.1	93.5	105.2	59.4	51.5	199.5	78.6	226.8	114.3	104.9	127.3	107.6
24	113.0	97.5	102.3	*50.0*	76.3	190.0	71.4	**236.7**	82.2	134.1	153.1	92.9
25	**136.0**	97.4	104.4	65.3	85.9	167.9	86.0	224.8	75.6	140.8	**313.2**	82.3
26	128.0	76.6	84.1	80.5	94.3	135.7	98.5	199.9	91.5	136.0	305.7	77.9
27	118.5	72.7	83.6	65.9	104.2	141.0	86.2	173.1	94.6	140.8	220.2	*76.1*
28	117.4	94.8	104.6	70.4	105.3	158.3	74.6	155.0	118.3	134.7	195.8	78.1
29	91.6		101.1	67.1	137.7	150.2	77.1	165.1	151.1	97.3	176.6	89.7
30	84.7		104.8	59.9	**174.4**	*122.0*	63.1	169.2	150.8	99.6	160.8	89.2
31	100.2		108.3		153.2		*56.8*	186.8		138.3		80.1

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 2007

	Anno	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
Portata massima *(m^3/s)*	313.2	136.0	110.0	120.0	118.1	174.4	241.7	291.6	236.7	203.6	154.7	313.2	146.6
Portata media *(m^3/s)*	115.0	91.7	92.3	96.9	82.7	91.4	170.6	141.6	123.2	121.4	120.7	141.5	105.3
Portata minima *(m^3/s)*	38.6	65.3	71.6	64.1	50.0	38.6	122.0	56.8	54.3	66.2	87.0	93.0	76.1
Contributo medio *(l/s km^2)*	9.6	7.7	7.7	8.1	6.9	7.6	14.3	11.8	10.3	10.2	10.1	11.8	8.8
Deflusso *(mm)*	303.3	20.6	18.7	21.7	17.9	20.5	37.0	31.7	27.6	26.3	27.1	30.7	23.6

DURATA PORTATE

Giorni	2007 *m^3/s*	Periodo precedente *m^3/s*
10	226.8	557.4
30	180.9	396.0
60	150.0	306.9
91	134.1	255.0
135	118.5	208.0
182	104.4	172.0
274	87.0	124.0
355	59.1	81.7

SCALA NUMERICA DELLE PORTATE

Altezza idrometrica *m*	Portata *m^3/s*	Altezza idrometrica *m*	Portata *m^3/s*	Altezza idrometrica *m*	Portata *m^3/s*
-3.50	110.4	-1.00	465.5	0.60	754.3
-3.00	169.5	-0.50	551.4	0.80	793.1
-2.50	235.4	0.00	641.4	1.00	838.7
-2.00	307.0	0.20	678.4	1.15	874.0
-1.50	383.9	0.40	716.1	1.30	910.1

(1) I valori esposti sia per l'anno 2007 che per il periodo sono quelli delle portate effettivamente defluite alla sezione di misura; essi sono alterati dall'azione dei serbatoi esistenti a monte e prescindono dalle cospicue portate, non valutate esattamente, derivate a monte per uso irriguo.

Tabella 2 – Portate medie giornaliere del fiume Adige a Boara Pisani nell'anno 2007.

Sebbene sia l'ubicazione, che la tipologia della attuale stazione non possano essere considerate del tutto ottimali per il rilevamento delle altezze idrometriche finalizzate al calcolo delle portate in transito, i dati di livello e portata media giornaliera riportati nella presente Relazione possono essere considerati sufficientemente affidabili come dimostrato in Fig. 2 ove viene riportato il confronto fra le misure eseguite e l'andamento delle portate semiorarie del fiume Adige a Boara Pisani calcolato a partire dai livelli rilevati.

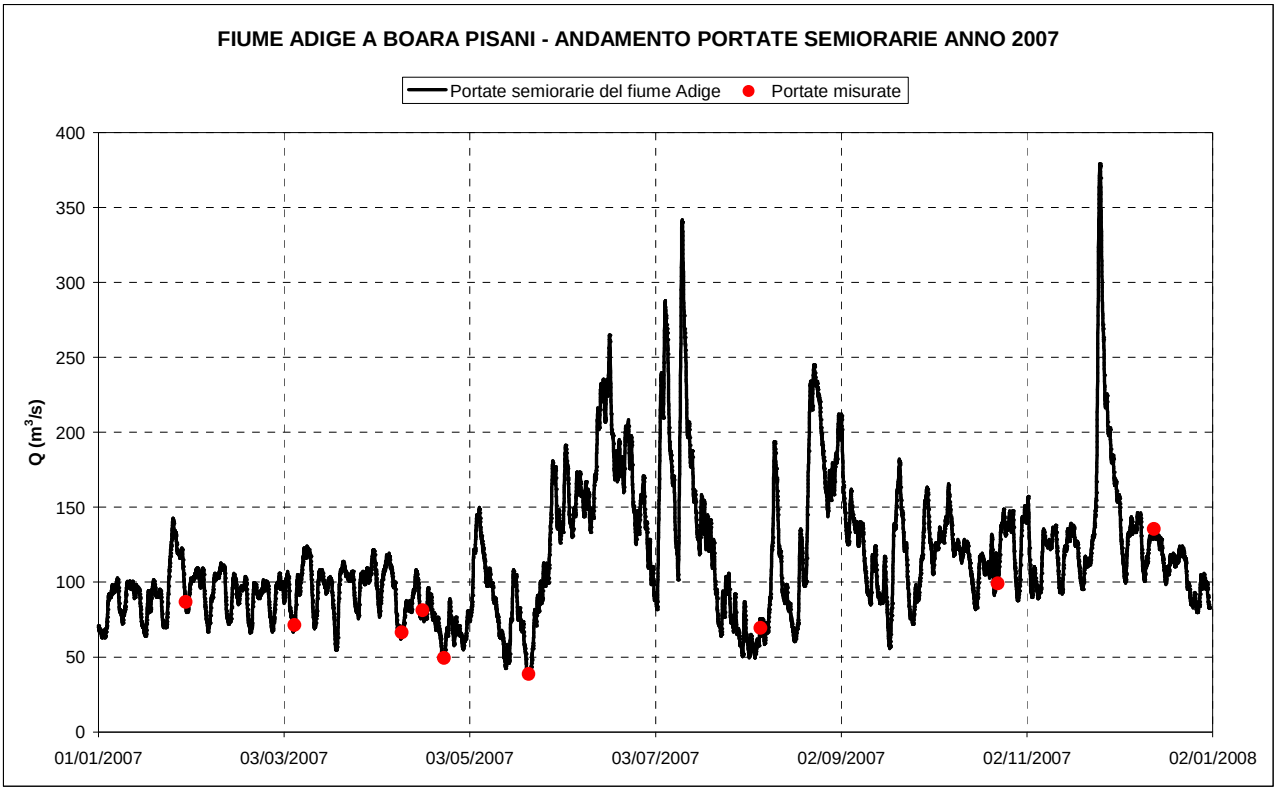

Figura 2 – Andamento delle portate semiorarie del fiume Adige al teleidrometro di Boara Pisani nell'anno 2007

4 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE GIORNALIERE DELL'ANNO 2007

Si sono voluti effettuare alcuni confronti sui deflussi dell'anno 2007 con le serie storiche di dati giornalieri. A tale proposito è bene rilevare come le portate del fiume Adige a Boara Pisani siano fortemente alterate rispetto ai deflussi naturali da numerosi fattori, tra i quali si ricordano:

1. le modulazioni giornaliere, settimanali e stagionali operate dalle Centrali idroelettriche e dai serbatoi realizzati a monte (a tale proposito è possibile osservare nella Fig. 2 la ciclicità settimanale della produzione idroelettrica che produce a Boara Pisani il raggiungimento dei minimi valori di livello e portata solitamente in corrispondenza della tarda mattinata e/o primo pomeriggio del martedì);

2. le derivazioni per i diversi usi operati a monte;
3. l'entrata in esercizio nel 1959 della galleria scolmatrice Mori-Torbole che è in grado di scaricare nel lago di Garda una portata massima pari a circa 500 m^3/s;
4. le manovre operate dalle principali traverse lungo l'Adige ed in particolare quelle del Canale Sava.

Dal confronto dei dati ricavati per l'anno 2007 con le serie storiche dei dati degli Annali Idrologici, opportunamente rivisitati, come ampiamente illustrato nelle relazioni n° 02/06 del 03/03/2006 "Portate medie giornaliere sul fiume Adige a Boara Pisani negli anni 2004 e 2005" e n° 02/07 del 21/05/2007 intitolata "Livelli e portate medie giornaliere del fiume Adige a Boara Pisani nell'anno 2006" si possono trarre le seguenti considerazioni:

a) L'ultimo anno è stato caratterizzato da deflussi nettamente inferiori rispetto a quelli medi del periodo 1928-2006; oltre che per l'aumento dei prelievi a monte tale circostanza può essere messa in relazione anche ad una riduzione degli afflussi occorsi in tutto il bacino idrografico, similmente a quanto rilevato negli ultimi 4 anni anche su molte altre zone del Veneto.
b) Il trend di riduzione dei deflussi manifestatosi dall'inizio del secolo sul fiume Adige è proseguito anche in questi ultimi anni, anzi si è accentuato; l'anno 2007 è stato il più povero in termini di acqua defluita di tutto il periodo 1928-90 e 2004-06 con un valore di portata media annua pari ad appena 115,0 m^3/s (Fig. 3).
c) La curva di durata delle portate defluite si è sensibilmente alterata in questi ultimi 50 anni soprattutto per effetto della costruzione di numerosi serbatoi a scopo idroelettrico e per l'incremento delle derivazioni a scopo irriguo; similmente anche quella dell'ultimo anno è risultata nettamente inferiore al periodo precedente (Fig. 4). Si ricorda che le curve di durata delle portate per il periodo 1928-50 e per il 1928-90 sono state ricalcolate sulla base delle portate medie giornaliere effettivamente defluite alla sezione di Boara Pisani.
d) Dal confronto tra i dati delle portate medie mensili effettivamente defluite del fiume Adige a Boara Pisani per il periodo 1928-90 e 2004-06 con quelle dell'anno 2007 si evince che in quest'ultimo anno i deflussi non si sono mai avvicinati alla media; la scarsità di precipitazioni durante tutto l'anno ha comportato un disavanzo medio annuale nei deflussi del 45 % confermando l'estrema siccità dell'annata rispetto al periodo analizzato (Fig. 5).

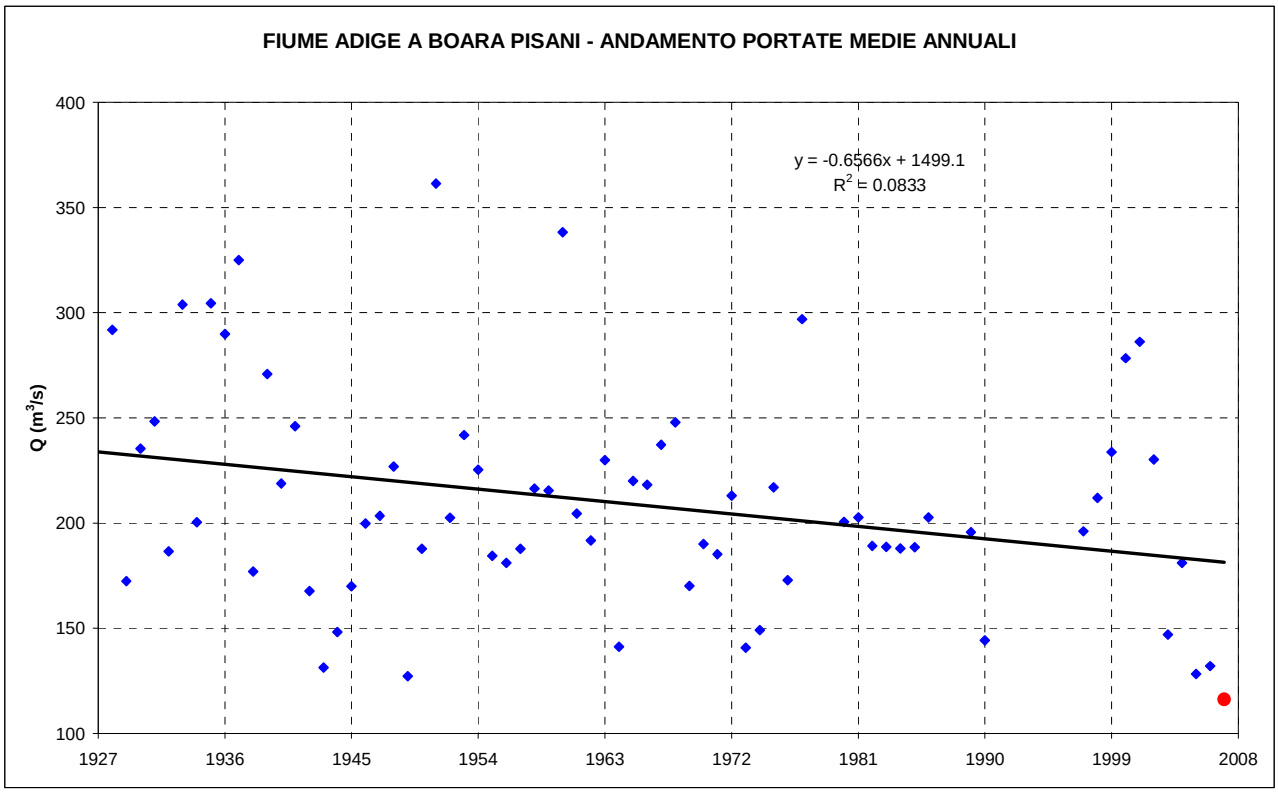

Figura 3 – Andamento delle portate medie annuali del fiume Adige a Boara Pisani

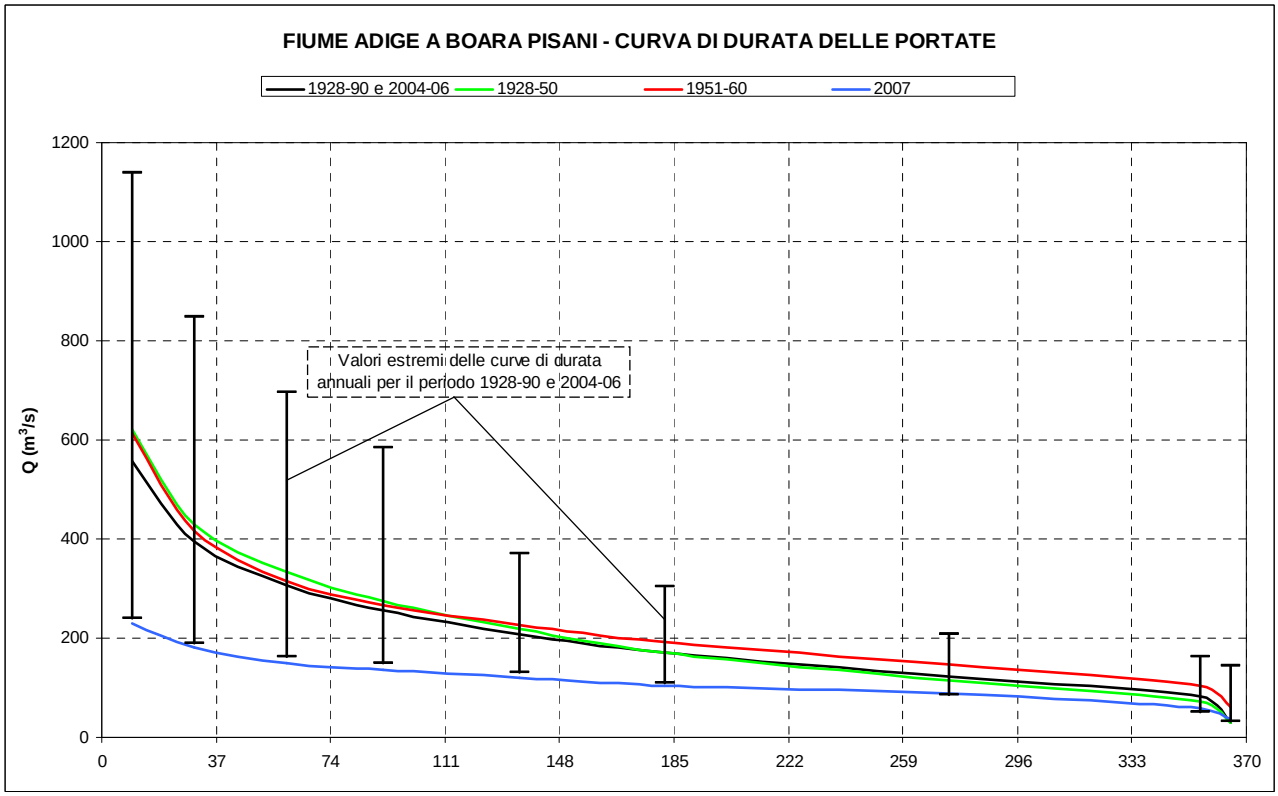

Figura 4 – Confronto fra curve di durata delle portate defluite per il fiume Adige a Boara Pisani

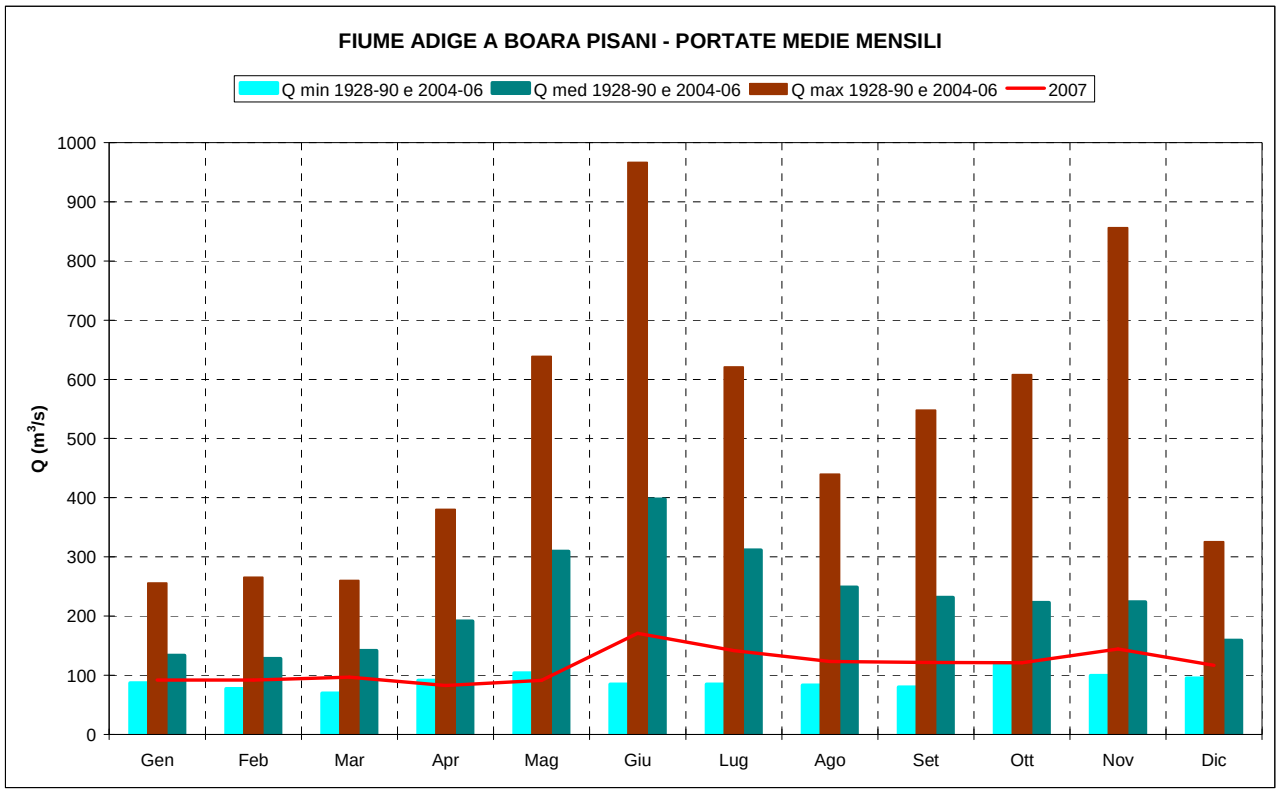

Figura 5 – Confronto fra le portate medie mensili defluite nel periodo 1928-90 e nell'anno 2006

5 CONCLUSIONI

In questo lavoro si sono fornite le portate medie mensili e giornaliere del fiume Adige alla sezione di Boara Pisani nell'anno 2007 calcolate utilizzando la scala di deflusso che è stata possibile costruire grazie alle numerose misure di portata effettuate.

Dall'esperienza maturata in questi anni si ravvisa la necessità del raddoppio del sensore ubicato sul ponte stradale con l'installazione di una sonda di pressione presso l'asta idrometrica di Boara Polesine. Si ravvisa la necessità di continuare nell'effettuazione di rilievi e misure nei vari stati idrometrici, sia in magra (per il ben noto problema della risalita del cuneo salino ed al fine di poter controllare il transito della portata di rispetto attualmente fissata pari a 70 m^3/s), sia in piena, viste le incertezze ancora esistenti sui reali deflussi in condizioni limite del corso d'acqua.