

# CONSORZIO DI BONIFICA DELLA BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE

RIFACIMENTO INVASO SUL TORRENTE SESSERA IN SOSTITUZIONE  
DELL'ESISTENTE PER IL SUPERAMENTO DELLE CRISI  
IDRICHE RICORRENTI, IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA IDRICA  
DEGLI INVASI ESISTENTI SUI TORRENTI RAVASANELLA ED OSTOLA,  
LA VALORIZZAZIONE AMBIENTALE DEL COMPRESORIO

DATA PROGETTO

OTTOBRE 2010

AGGIORNAMENTO  
PROGETTO

**ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE GENERALE**



(dott. ing. Domenico Castelli)

*OPERE DI RITENUTA E DI DISTRIBUZIONE*

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**  
**QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE**  
*Caratteristiche Idrologiche*

ELABORATO N.

**4.3**

**ATTIVITA' SPECIALISTICHE**

**CONSULENZA GENERALE**  
(dott. ing. Gianfranco Saraca)

**CONSULENZA STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**  
**VAMS** Ingegneria  
(dott. agr. Guido Politi)

**PROGETTO DEFINITIVO**

PRATICA N 10131D

ARCH. N IB 80

MODIFICHE AGGIORNAMENTI	Aggiornamento			
	Data			
CONTROLLO		DISEGNATORE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
	FIRMA			D.C.

## **SOMMARIO**

4.3	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE .....	1
4.3.1	Idrologia afflussi anno medio.....	1
4.3.2	Calcolo della pioggia netta.....	8
4.3.3	Elaborazioni statistiche dati pluviometrici.....	9
4.3.4	Conclusioni valutative sugli afflussi .....	13

## 4.3 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

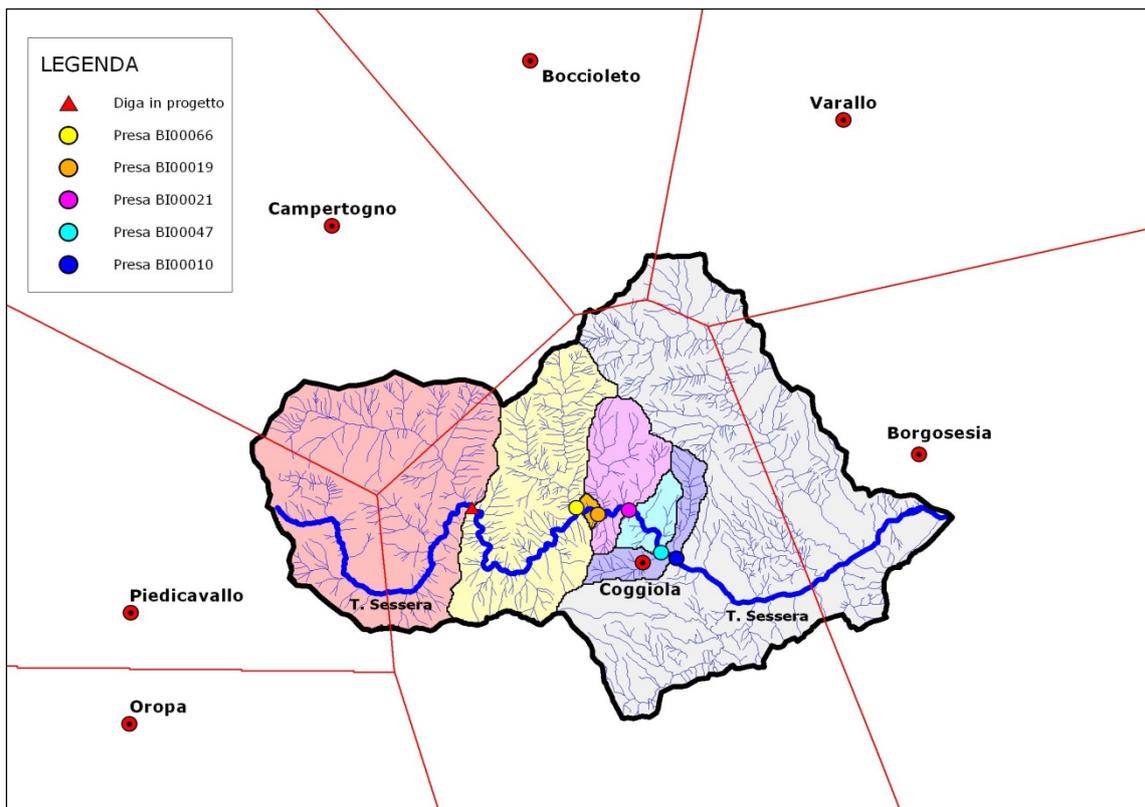
### 4.3.1 Idrologia afflussi anno medio

La caratterizzazione pluviometrica del bacino è stata funzionale alla determinazione degli afflussi medi mensili e delle serie cronologiche delle portate medie giornaliere nell'anno medio dei sottobacini sottesi alle sezioni di chiusura individuate in corrispondenza delle opere di derivazione principali assentite o in corso di istruttoria. Nel seguito si farà riferimento alle opere di presa per tramite del codice SIRI.

La pluviometria del bacino del T. Sessera chiuso in corrispondenza della confluenza in F. Sesia, e quindi dei suoi sottobacini, è definibile riferendosi alle osservazioni delle sette stazioni pluviometriche di Boccioleto, Borgosesia, Campertogno, Coggiola, Oropa, Piedicavallo, Varallo, le cui principali caratteristiche sono riportate nella Tab. 1 e nella figura associata. Le stazioni, eccezion fatta per Coggiola, sono tutte esterne al bacino e sono disposte in modo da racchiuderne il contorno.

Identificativo stazione	Stazione	Quota [m slm]	Latitudine N	Longitudine W	Periodo di osservazione S.I.M.N.
1	Boccioleto	667	45°50'	4°20'	1917-86
2	Borgosesia	360	45°43'	4°10'	1913-86
3	Campertogno	815	45°47'	4°25'	1922-86
4	Coggiola	468	45°41'	4°17'	1916-86
5	Oropa	1180	45°38'	4°30'	1913-86
6	Piedicavallo	1050	45°40'	4°30'	1914-86
7	Varallo	453	45°49'	4°12'	1913-86

Tab. 1 Anagrafica geografica delle stazioni pluviometriche utilizzate per la caratterizzazione idrologica del bacino del T. Sessera.



Il regime pluviometrico è tipicamente nord-mediterraneo con massimi primaverili ed autunnali e minimo invernale più accentuato di quello estivo. Sono state analizzate le altezze di precipitazione media mensile registrate nelle stazioni impiegate desunte dai dati pubblicati dal Servizio Idrografico.

Dall'analisi delle altezze di precipitazione media mensile, si è ricostruita la storia delle misurazioni di ogni stazione, individuando le annualità utilizzabili ai fini dell'elaborazione statistica delle piogge.

Come annualità utilizzabile è stata intesa l'annualità per la quale sono risultati disponibili almeno otto mensilità, scartando tutte le annualità per le quali mancano più di quattro mesi di registrazioni. Al fine di disporre di un periodo normale di registrazione il più esteso possibile è stata fatta una ulteriore selezione fra le stazioni di misura. I dati a disposizione sono stati ridefiniti su base quali-quantitativa e in base all'estensione del periodo di funzionamento della strumentazione. Il limite inferiore dell'intervallo temporale utilizzato per le elaborazioni è l'anno di inizio attività più grande tra quelli delle stazioni disponibili. Il periodo utilizzato si estende dal 1923 al 1986.

Definito il periodo di osservazioni da utilizzare (dal 1923 al 1986) sono stati filtrati gli anni aventi al più quattro mensilità mancanti. È stato introdotto un ulteriore vincolo che consiste nello scartare nel caso in cui manchi una annualità per una stazione le annualità di tutte le altre. Operando in questa maniera si è ottenuto un periodo di 53 anni in cui per ogni

stazione sono disponibili anni con misure complete.

Dalla letteratura (Remenieras, 1965; Moisello, 1998) si evince che le verifiche condotte per stazioni presso le quali sono disponibili lunghe serie di osservazioni hanno mostrato che lo scarto tra la media ricavata da serie parziali è poco più dell'8% della media ricavata dall'intero periodo per serie di 10 anni, poco più del 3% per serie di 20 anni e poco più del 2% per serie di 30 anni.

Un periodo di osservazione di 20-30 anni è anche del tutto sufficiente a fornire un'ottima stima del valore medio del totale annuo di precipitazione.

Il periodo adottato esteso per 53 anni ha reso rispondente l'analisi.

L'afflusso meteorico è stato calcolato come somma degli afflussi a porzioni di superficie di area limitata, all'interno di ciascuna delle quali l'intensità di pioggia è stata ritenuta uniformemente distribuita. Il calcolo dell'afflusso meteorico al bacino coincide dunque con la determinazione del volume del corrispondente solido di pioggia. Il volume  $P$  del solido di pioggia (equivalente alla quantità d'acqua caduta nel bacino) è eguale al prodotto dell'area della proiezione orizzontale della superficie del bacino  $A$  per l'altezza di pioggia ragguagliata all'area  $h_r$ .

Il metodo adottato per il calcolo del volume di pioggia è il metodo dei poligoni di Thiessen (o dei topoletti) che si basa sull'assunzione che ogni stazione sia rappresentativa di una porzione di superficie o zona di influenza che non varia quale sia l'intervallo di tempo considerato.

L'area di influenza non sempre ricade interamente nel bacino. Conseguentemente, con l'assunzione fatta, il volume del solido di pioggia è stato calcolato come prodotto delle aree delle zone di influenza che ricadono nel bacino per le altezze di pioggia corrispondenti alle diverse stazioni per mezzo dell'espressione:

$$P = \sum_{i=1}^n v_i P_i$$

dove  $v_i$  rappresenta i pesi assegnati ad ogni stazione ( $0 \leq v_i \leq 1$ ). I pesi sono calcolati come rapporto tra l'area di influenza della  $i$ -esima stazione con l'area del bacino.

Applicando questo tipo di analisi è stato calcolato per ogni mese, partendo dalle altezze di precipitazione medie mensili di ogni stazione, il relativo solido di pioggia. Noto il volume del solido di pioggia, dividendo per il valore della superficie del bacino è stato ottenuta l'altezza media di precipitazione affluita sul bacino.

Il metodo è stato applicato per valutare l'altezza di precipitazione **media** mensile affluita rispettivamente al bacino del T. Sessera chiuso alla nuova diga ed ai bacini sottesi dalle opere di posa a servizio delle derivazioni d'acqua pubblica censite con codice SIRI 00010, 00019, 00021, 00047 e 00066. Nella Tab. seguente sono riportati i valori **medi** mensili di pioggia affluiti ai bacini.

ID Bacino	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Diga in progetto	51.7	65.6	108.7	175.3	223.5	158.7	113.6	148.7	153.6	198.8	166.4	71.1	1635.7
00066	52.0	63.3	113.2	187.3	224.5	189.2	141.9	165.0	166.7	206.2	160.8	68.9	1739.0
00019	52.0	63.3	113.2	187.3	224.5	189.2	141.9	165.0	166.7	206.2	160.8	68.9	1739.0
00021	52.0	63.3	113.2	187.3	224.5	189.2	141.9	165.0	166.7	206.2	160.8	68.9	1739.0
00047	52.0	63.3	113.2	187.3	224.5	189.2	141.9	165.0	166.7	206.2	160.8	68.9	1739.0
00010	52.0	63.3	113.2	187.3	224.5	189.2	141.9	165.0	166.7	206.2	160.8	68.9	1739.0

Afflusso medio mensile, valutato con il metodo dei topoietai, ai bacini sottesi dalle principali utilizzazioni sul T. Sessera espresso in mm.

I volumi **medi** di afflusso (in m<sup>3</sup>) corrispondenti ai regimi individuati sono di seguito riportati.

ID Bacino	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Diga in progetto	2,653,665	3,364,847	5,575,781	8,994,321	11,464,543	8,139,588	5,825,760	7,630,277	7,878,427	10,201,566	8,538,217	3,646,186	83,913,177
66	1,555,321	1,891,847	3,382,415	5,598,847	6,709,312	5,656,177	4,240,068	4,930,629	4,982,788	6,161,889	4,806,409	2,059,452	51,975,153
19	1,581,729	1,923,969	3,439,845	5,693,911	6,823,230	5,752,214	4,312,060	5,014,347	5,067,392	6,266,512	4,888,017	2,094,420	52,857,645
21	2,060,195	2,505,961	4,480,383	7,416,293	8,887,227	7,492,233	5,616,439	6,531,164	6,600,255	8,162,104	6,366,621	2,727,972	68,846,846
47	2,239,977	2,724,643	4,871,362	8,063,474	9,662,769	8,146,041	6,106,556	7,101,105	7,176,225	8,874,368	6,922,202	2,966,028	74,854,751
10	2,511,342	3,054,723	5,461,510	9,040,334	10,833,377	9,132,903	6,846,343	7,961,377	8,045,597	9,949,465	7,760,801	3,325,351	83,923,123

La trasformazione afflussi-deflussi è descritta dall'equazione del bilancio idrologico, che si ottiene identificando il bacino idrografico con un volume di controllo ed applicando a tale volume l'equazione di continuità.

Il volume di controllo adoperato nel presente studio ha una base coincidente con lo strato impermeabile sottostante al bacino, un tetto in aria, ad altezza tale da includere tutta la copertura vegetale ed un contorno cilindrico verticale passante per lo spartiacque superficiale.

Questa schematizzazione è giustificata dal fatto che il bacino è sito in una zona essenzialmente impermeabile come si evince dalla consultazione della carta geologica della Regione Piemonte. L'infiltrazione rappresenta un flusso interno al volume, entro il quale ha origine, e come tale non compare nell'equazione di continuità. L'evaporazione dal terreno umido e la traspirazione della vegetazione rappresentano invece dei flussi uscenti.

Nel caso in esame si è ipotizzato trascurabile l'apporto e le perdite d'acqua per scorrimento sotterraneo attraverso il contorno rispetto alla evapotraspirazione in relazione alla impermeabilità del bacino.

L'equazione del bilancio idrologico è:

$$P = ET + Q$$

Il deflusso alla sezione di chiusura  $Q$  alla luce delle ipotesi formulate può essere considerato come la parte di precipitazione che raggiunge la sezione di chiusura del bacino attraverso il solo scorrimento superficiale e prende il nome di pioggia netta  $P_n$ .

La pioggia netta è stata quindi calcolata come differenza tra la pioggia affluita al bacino e le perdite per evapotraspirazione, calcolate col metodo di Thornthwaite, attraverso la seguente formula:

$$ET_p = a_t \left( 10 \frac{T_t}{I} \right)^c$$

dove  $ET_p$  è l'evapotraspirazione mensile (in mm relativa ad un mese di 30 giorni e a una durata di insolazione di 12 ore in 24,  $T_t$  è la temperatura media del mese (in gradi Celsius),  $a_t$  e  $c$  sono due parametri il cui valore dipende dal clima del luogo considerato. I parametri  $a_t$  e  $c$  sono entrambi funzione dell'indice termico annuale  $I$ , fornito dalla formula:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{T_i}{5} \right)^{1,514}$$

dove  $T_i$  è la temperatura media mensile (nella sommatoria vengono omesse le eventuali temperature negative).

Le formule di  $ET_p$  e di  $I$  perdono di significato nei mesi in cui la temperatura media è inferiore od eguale a  $0^\circ\text{C}$ ; per tali periodi è stata ipotizzata  $ET_p$  nulla.

$c$ : Il coefficiente  $a_t$ , variabile col mese, dipende dalla latitudine dell'area in esame ed è costante di anno in anno,  $a_t$ , è rappresentativo della lunghezza media del giorno nei vari mesi dell'anno che può essere definito come insolazione media mensile.

I valori mensili di  $a_t$  per le nostre latitudini valgono:

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
0,76	0,80	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	0,93	0,77	0,72

Il coefficiente  $c$  può essere calcolato con la seguente formula:

$$c = 0,49239 + I^2 \cdot 0,01792 - I^2 \cdot 7,71 \cdot 10^{-5} + I^3 \cdot 6,75 \cdot 10^{-7}$$

### *Calcolo della temperatura media mensile*

Il metodo di Thornthwaite presuppone la sola conoscenza della temperatura media mensile essendo gli altri parametri calcolabili mediante espressioni matematiche.

I dati a disposizione circa la termometria della zona sono stati desunti da uno studio condotto su committenza del Magistrato per il Po sull'intero bacino del Sesia (Idroser S.p.A. – Piano di bacino idrografico del Fiume Sesia).

Da tale studio si può enucleare il gradiente termico inteso come la variazione di temperatura per un incremento unitario di altitudine., dal quale si può osservare che il gradiente termico medio annuo di 5.2°C/m s.l.m. presenti in realtà differenze significative da mese a mese, come è lecito attendersi. In particolare i gradienti mensili minimi, inferiori a 4°C/m s.l.m. si registrano a Gennaio e Dicembre; i gradienti massimi si registrano da Aprile a Luglio con un picco a Giugno con valori superiori a 6°C/m s.l.m..

Nota la relazione gradiente-altitudine è stata calcolata la temperatura di ogni bacino in esame utilizzando le informazioni contenute nel modello digitale del terreno (DTM) del Bacino del Torrente Sessera. Pel tramite della relazione gradiente-altitudine dal DTM siamo passati quindi ad una distribuzione spaziale di temperatura e quindi alla temperatura media mensile.

Nella Tab. seguente sono riportate le temperature medie mensili e la temperatura media annua per ognuno dei bacini in istudio.

<b>ID Bacino</b>	<b>Gen</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Apr</b>	<b>Mag</b>	<b>Giu</b>	<b>Lug</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Ott</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Media</b>
Diga in progetto	-2.8	-2.2	0.6	4.5	7.1	12.1	14.7	13.9	11.0	6.5	1.5	-1.8	5.4
00066	-2.7	-2.1	0.6	4.4	7.0	11.9	14.6	13.7	10.9	6.5	1.4	-1.7	5.4
00019	-2.8	-2.1	0.6	4.4	7.0	12.0	14.6	13.8	11.0	6.5	1.5	-1.7	5.4
00021	-2.8	-2.1	0.6	4.4	7.0	12.0	14.6	13.8	11.0	6.5	1.5	-1.7	5.4
00047	-2.8	-2.1	0.6	4.5	7.1	12.0	14.7	13.8	11.0	6.5	1.5	-1.7	5.4
00010	-2.8	-2.1	0.6	4.5	7.1	12.0	14.7	13.8	11.0	6.5	1.5	-1.7	5.4
<b>Media</b>	-2.8	-2.1	0.6	4.4	7.0	12.0	14.6	13.8	11.0	6.5	1.5	-1.7	5.4

Regimi termometrici dei bacini sottesi dalle principali utilizzazioni sul T. Sessera espresso in °C.

## Riepilogo calcolo dell'evapotraspirazione

Nella Tab. seguente sono riportati i valori calcolati dell'evapotraspirazione potenziale e reale come altezza di evapotraspirato espressa in millimetri. L'evapotraspirazione reale si ottiene moltiplicando il valore dell'evapotraspirazione potenziale per un coefficiente K che tiene conto delle condizioni della vegetazione e delle condizioni del terreno.

Mese											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
<b>Altezza di evapotraspirazione potenziale media mensile</b>											
0.00	0.00	5.92	34.18	57.75	91.61	108.89	95.26	66.96	38.31	9.09	0.00
<b>Altezza di evapotraspirazione reale media mensile</b>											
0.00	0.00	1.78	9.16	16.40	31.15	39.20	32.77	23.84	13.94	2.65	0.00

Evapotraspirazione potenziale e reale media mensile espressa in mm.

Come si può notare l'evapotraspirazione ha un andamento crescente da Gennaio a Luglio per poi decrescere. Tale andamento rispecchia le varie fasi del ciclo biologico vegetale. L'introduzione di coefficienti riduttivi, desumibili dalla Letteratura (Allavena, Cravero; 1988; Indagini su alcuni metodi di stima dell'evapotraspirazione di riferimento in ambiente di pianura, di collina e di montagna; Tesi di Laurea Università di Torino – Facoltà di Agraria), si rende necessaria per legare il valore della quantità di evapotraspirato potenziale alle effettive condizioni dell'area oggetto di indagine. Poiché si è in presenza di un solo regime termometrico comune a tutti i bacini è gioco forza che lo siano anche i valori di evapotraspirazione.

### 4.3.2 Calcolo della pioggia netta

Depurando il valore delle altezze di precipitazione dalle perdite naturali che, per la natura geomorfologica del bacino concernono le sole perdite per evapotraspirazione, è stata ottenuta l'altezza **netta media** mensile di precipitazione e di conseguenza il volume medio mensile di pioggia netta ossia di quella quota parte di afflusso meteorico che si trasforma in portata del corso d'acqua.

Nella Tab. seguente sono riportati i valori di precipitazione **media** mensile dedotte le perdite per i bacini chiusi rispettivamente alla nuova diga (51.31 km<sup>2</sup>) ed in corrispondenza delle opere di presa identificate con codice SIRI 00010 (48.18 km<sup>2</sup>), 00019 (30.31 km<sup>2</sup>), 00021 (39.51 km<sup>2</sup>), 00047 (42.96 km<sup>2</sup>) e 00066 (29.81 km<sup>2</sup>)

ID Bacino	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Diga in progetto	51.9	65.6	106.6	166.1	207.2	127.5	74.0	115.8	129.7	185.1	163.8	71.3	1464.6
00066	52.0	63.3	111.4	178.2	208.1	158.1	102.7	132.2	142.9	192.2	158.2	68.9	1568.0
00019	52.0	63.3	111.4	178.2	208.1	158.1	102.7	132.2	142.9	192.2	158.2	68.9	1568.0
00021	52.0	63.3	111.4	178.2	208.1	158.1	102.7	132.2	142.9	192.2	158.2	68.9	1568.0
00047	52.0	63.3	111.4	178.2	208.1	158.1	102.7	132.2	142.9	192.2	158.2	68.9	1568.0
00010	52.0	63.3	111.4	178.2	208.1	158.1	102.7	132.2	142.9	192.2	158.2	68.9	1568.0

Afflusso medio mensile netto ai bacini sottesi dalle principali utilizzazioni sul T. Sessera espresso in mm.

Confrondando i valori delle altezze di precipitazione affluita, delle altezze di evapotraspirazione reale (calcolata secondo il metodo di Thornthwaite) e delle altezze di precipitazione affluita depurate dalle perdite si può osservare come l'influenza dell'evapotraspirazione, che raggiunge i suoi massimi valori nel periodo estivo, riduca il valore delle precipitazioni utili soprattutto nel periodo di più scarso afflusso meteorico ascrivibile al mese di Luglio.

I volumi medi di afflusso corrispondenti ai regimi delle piogge nette individuati sono riportati nella tab. seguente.

ID Bacino	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Diga in progetto	2,649,079	3,348,461	5,435,579	8,475,699	10,569,786	6,501,634	3,776,359	5,905,786	6,613,903	9,442,684	8,355,103	3,637,191	74,711,263
66	1,555,321	1,891,847	3,329,327	5,325,058	6,219,119	4,725,168	3,068,337	3,951,186	4,270,297	5,745,086	4,727,064	2,059,452	46,867,261
19	1,581,729	1,923,969	3,385,856	5,415,473	6,324,714	4,805,397	3,120,435	4,018,274	4,342,803	5,842,633	4,807,325	2,094,420	47,663,026
21	2,060,195	2,505,961	4,410,062	7,053,629	8,237,912	6,259,008	4,064,352	5,233,783	5,656,481	7,610,003	6,261,519	2,727,972	62,080,878
47	2,239,977	2,724,643	4,794,905	7,669,162	8,956,792	6,805,199	4,419,027	5,690,508	6,150,092	8,274,088	6,807,929	2,966,028	67,498,352
10	2,511,342	3,054,723	5,375,790	8,598,253	10,041,874	7,629,624	4,954,376	6,379,892	6,895,153	9,276,463	7,632,684	3,325,351	75,675,524

Volume medio mensile di afflusso meteorico netto ai bacini sottesi dalle principali utilizzazioni sul T. Sessera espresso in m<sup>3</sup>.

### 4.3.3 Elaborazioni statistiche dati pluviometrici

I dati di pioggia annuale acquisiti nelle stazioni meteorologiche di Piedicavallo, Campertogno e Coggiola poste in prossimità del bacino sotteso dal nuovo invaso in progetto sono stati sottoposti in questa sede ad ulteriori elaborazioni statistiche al fine di valutare gli effetti delle relative variazioni sull'idrologia degli anni siccitosi.

I dati dei totali annui degli afflussi acquisiti per ogni stazione, relativi a 54 anni di misurazioni compresi tra il 1923 ed il 1986, sono stati elaborati al fine di ottenere il valore di pioggia annuale minima corrispondente ai tempi di ritorno di 2, 5 e 10 anni.

Per interpretare la distribuzione delle precipitazioni totali annue è stata utilizzata una procedura automatica che prevede l'utilizzo di un unico modello probabilistico per ciascuna stazione pluviometrica adottando specifici parametri per ogni serie dei dati.

La distribuzione probabilistica presa in considerazione è la distribuzione "Normale":

$$F = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \int_{-\infty}^q e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sqrt{2}\cdot\sigma}\right)^2} dx$$

della variabile "pioggia totale annuale" ( $P_{tot}$ ) e delle seguenti trasformate (logaritmo, radice quadrata, radice cubica):

- 1)  $x = \text{Ln}(P_{tot})$
- 2)  $x = (P_{tot})^{1/2}$
- 3)  $x = (P_{tot})^{1/3}$

Per determinare la trasformata più adatta sono stati effettuati, per ogni serie a disposizione, il test sul coefficiente di asimmetria con un livello di significatività del 5% e il test di adattamento di Kolmogorov-Smirnov (*Goodness of fit test*).

La prima verifica è stata effettuata sul coefficiente di asimmetria, che affinché il test sia verificato deve ricadere nell'intervallo:

$$\left[ -z_{0,025} \cdot \sqrt{\frac{6}{n}} \ ; \ +z_{0,975} \cdot \sqrt{\frac{6}{n}} \right]$$

in cui "z" è la variabile normale standardizzata ed "n" numero di elementi del campione estratto, i cui valori estremi rappresentano rispettivamente i frattili del 2,5 % e del 97,5 % della distribuzione teorica dello stimatore in questione.

La seconda verifica viene effettuata sulla funzione di probabilità cumulata (*ECDF - Empirical cumulative distribution function*) con il test di Kolmogorov-Smirnov; per questo test non viene ipotizzato un valore critico al di sotto del quale è verificata l'ipotesi ma viene selezionata la distribuzione che ha valore del test minimo.

La successiva tabella contiene i risultati delle elaborazioni condotte sui dati pluviometrici, le cui colonne rappresentano:

1. CODICE codice di riferimento della stazione pluviometrica;
2. STAZIONE nome della stazione
3. Tr=2 anni valore di pioggia totale minima con Tr = 5 anni espresso in mm
4. Tr=5 anni valore di pioggia totale minima con Tr = 5 anni espresso in mm;
5. Tr=10 anni valore di pioggia totale minima con Tr = 10 anni espresso in mm;
6. N° anni numero di osservazioni utilizzate per l'elaborazione;
7. Trasformata trasformata utilizzata nel calcolo, la cui legenda è:
  - 1) Serie originale  $Y = X$
  - 2) Logaritmo  $Y = LN(X)$
  - 3) Radice quadrata  $Y = X^{1/2}$
  - 4) Radice cubica  $Y = X^{1/3}$
8. Coeff. di asimmetria valori del coefficiente di asimmetria calcolato per ogni serie annuale;
9. Kolmogorov-Smirnov: valori del test di Kolmogorov-Smirnov calcolato per ogni serie annuale;

CODICE	STAZIONE	Precipitazione annua (mm/anno)			N° Anni	Trasformata
		Tr = 2 anni	Tr = 5 anni	Tr = 10 anni		
10	PIEDICAVALLO	1703,15	1347,90	1192,20	54	1
20	CAMPERTOGNO	1442,84	1147,16	1006,07	54	3
30	COGGIOLA	1672,09	1316,92	1162,39	54	2

CODICE	STAZIONE	Coeff. di Asimmetria				Kolmogorov-Smirnov			
		Y = X	Y = LN(X)	Y = X <sup>1/2</sup>	Y = X <sup>1/3</sup>	Y = X	Y = LN(X)	Y = X <sup>1/2</sup>	Y = X <sup>1/3</sup>
10	PIEDICAVALLO	-0,20	NA	-0,51	-0,62	0,10	0,12	0,11	0,12
20	CAMPERTOGNO	0,33	-0,20	0,06	-0,03	0,10	0,11	0,10	0,11
30	COGGIOLA	0,57	-0,05	0,26	0,16	0,12	0,12	0,12	0,12

Sulla base dei dati di precipitazione annuale minima per tempi di ritorno di 2, 5 e 10 anni, al netto dell'evapotraspirazione media annua come precedentemente stimata, sono stati valutati gli afflussi meteorici (espressi in m<sup>3</sup>) all'invaso in progetto riportati nel seguente prospetto.

ELABORAZIONI ANNO MEDIO

CODICE	STAZIONE	Precipitazione media annua (mm/anno)	Evapotrasp. media annua (mm/anno)	Pioggia netta media annua (mm/anno)	Superficie bacino (kmq)	Volume afflussi medi annui (mc/anno)
10	PIEDICAVALLO	1703,15	170,89	1532,26	16,04	24.577.514,56
20	CAMPERTOGNO	1466,31	170,89	1295,42	17,29	22.397.777,22
30	COGGIOLA	1738,92	170,89	1568,03	17,98	28.193.107,48
SOMMA					51,31	75.168.399,26

ELABORAZIONI AFFLUSSI MINIMI TR2

CODICE	STAZIONE	Precipitazione media annua (mm/anno)	Evapotrasp. media annua (mm/anno)	Pioggia netta media annua (mm/anno)	Superficie bacino (kmq)	Volume afflussi medi annui (mc/anno)
10	PIEDICAVALLO	1703,15	170,89	1532,26	16,04	24.577.514,56
20	CAMPERTOGNO	1442,84	170,89	1271,95	17,29	21.992.015,50
30	COGGIOLA	1672,09	170,89	1501,20	17,98	26.991.576,00
SOMMA					51,31	73.561.106,06
					% AFFLUSSI MEDI ANNI	98%

ELABORAZIONI AFFLUSSI MINIMI TR5

CODICE	STAZIONE	Precipitazione media annua (mm/anno)	Evapotrasp. media annua (mm/anno)	Pioggia netta media annua (mm/anno)	Superficie bacino (kmq)	Volume afflussi medi annui (mc/anno)
10	PIEDICAVALLO	1347,90	170,89	1177,01	16,04	18.879.176,24
20	CAMPERTOGNO	1147,16	170,89	976,27	17,29	16.879.656,43
30	COGGIOLA	1316,92	170,89	1146,03	17,98	20.605.583,44
SOMMA					51,31	56.364.416,11
					% AFFLUSSI MEDI ANNI	75%

ELABORAZIONI AFFLUSSI MINIMI TR10

CODICE	STAZIONE	Precipitazione media annua (mm/anno)	Evapotrasp. media annua (mm/anno)	Pioggia netta media annua (mm/anno)	Superficie bacino (kmq)	Volume afflussi medi annui (mc/anno)
10	PIEDICAVALLO	1192,20	170,89	1021,31	16,04	16.381.748,24
20	CAMPERTOGNO	1006,07	170,89	835,18	17,29	14.440.331,36
30	COGGIOLA	1162,39	170,89	991,50	17,98	17.827.170,00
SOMMA					51,31	48.649.249,60
					% AFFLUSSI MEDI ANNI	65%

#### **4.3.4 Conclusioni valutative sugli afflussi**

Come indicato nella tabella riassuntiva immediatamente precedente, gli afflussi meteorici previsti in condizioni di anno medio risultano pari ad oltre 75 milioni di metri cubi; nel caso di precipitazione minima con Tr2 il volume di afflusso risulta di poco inferiore, pari a circa 73.5 milioni di metri cubi.

Maggiori riduzioni dei volumi invasati annualmente dal nuovo manufatto sono legate a precipitazioni minime con tempi di ritorno pari a 5 e 10 anni: nei due casi gli afflussi risultano pari a 56.3 milioni di metri cubi ed a 48.7 milioni di metri cubi, pari a rispettivamente il 75% ed il 65% della quantità in arrivo nel corso dell'anno medio.

Le suesposte considerazioni sono essenziali per valutare la gestione degli afflussi invasati negli anni scarsi, così come sarà dettagliato nel successivo capitolo 4.4 del presente studio di impatto.