



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA  
*Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale*  
*Località Campo di Pile – Via G.Gronchi 67100 L'Aquila*



*VIA G. VERDI, 7 63040 PIANE DI MORRO - FOLIGNANO (AP)*



## **Utilizzazione idroelettrica della sorgente di Stiffe**

*Stima del valor medio delle portate utilizzabili e determinazione DMV*

*Prof.Ing.Maurizio Leopardi*

**Maggio 2016**

Il presente studio viene redatto nell'ambito della Convenzione ***"Stima del valor medio delle portate utilizzabili, ai fini idroelettrici, della sorgente di Stiffe e determinazione del DMV nel Rio la Foce"*** stipulata tra l'Hydrowatt spa ed il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile Architettura ed Ambientale dell'Università degli Studi dell'Aquila in data 4 maggio 2016.

La Giunta di Dipartimento ha designato Responsabile Scientifico il sottoscritto Dr.Ing. Maurizio Leopardi titolare della Cattedra di Costruzioni Idrauliche ed Idrologia.

Nella presente relazione conclusiva vengono riportati i risultati delle analisi idrologiche relative all'acquisizione del valor medio della portata media annua e della curva di durata e di utilizzazione alla presa dell'impianto, sulla base di serie "storiche" di valori di portata misurati alla sorgente e da sopralluoghi di cui si dirà in seguito. L'impianto prevede la derivazione delle acque dalla scaturigine naturale, denominata Grotte di Stiffe, e la restituzione delle stesse nel Rio la Foce.

# Utilizzazione idroelettrica del Rio di Stiffe

**Prof. Ing. Maurizio Leopardi**

## Premessa

*“In<sup>1</sup> prossimità della frazione Stiffe di S. Demetrio scaturisce, da una fessura apertasi nei banchi di calcare, la sorgente Stiffe (portata di 123,0 l/s misurata il 7-10-53) le cui acque precipitano in numerose cascate fino a raggiungere la pianura, dove vengono incanalate ed utilizzate a scopi industriali.*

*Questa sorgente merita un cenno particolare in relazione all'orografia della sovrastante pianura di Rocca di Mezzo che è una conca chiusa, priva di scolo naturale.*

*Come ha rilevato anche il Perrone, la pianura si sarebbe trasformata in un vasto lago della superficie di circa 10 km<sup>2</sup> se le acque non si fossero aperte un varco tra le fessure degli strati calcarei, o meglio, se incanalate in pozzi raccoglitori, non fossero state condotte ad alcuni inghiottitoi, e in essi sprofondate*

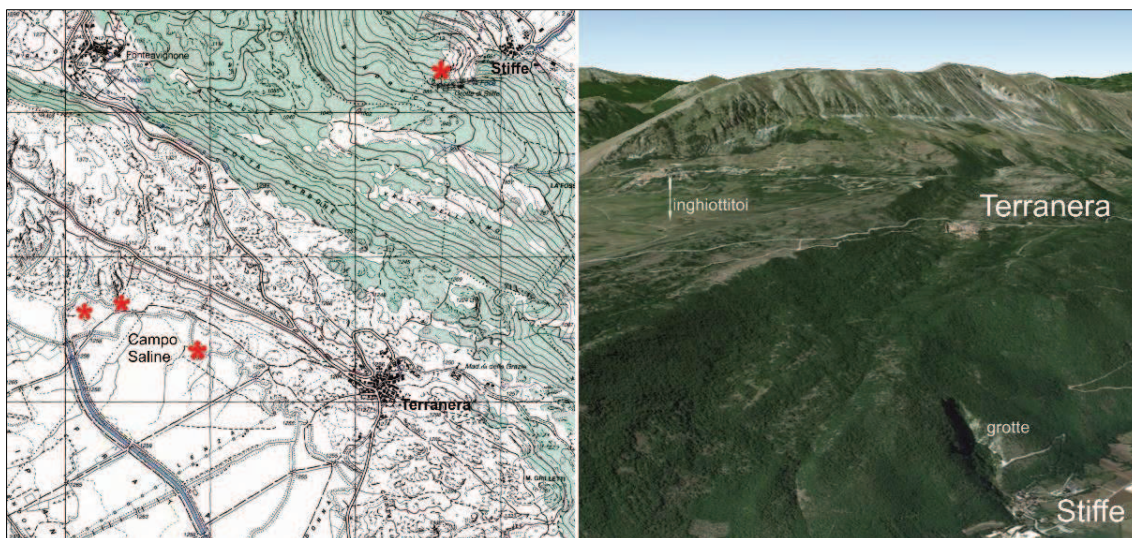
*E appunto da questi inghiottitoi trae origine la sorgente di Stiffe, che attraverso un canale sotterraneo apparentemente scosceso (come parrebbe dimostrare il rombo che proviene dall'interno). Scaturisce ad una quota di circa 550 metri inferiore agli inghiottitoi. Tuttavia da notare che tale sorgente non riceve l'esclusivo contributo della sovrastante pianura, ma anche e in massima parte quello di acque interne, come a suo tempo dimostrò il Perrone studiandone le magre nei periodi nei quali le acque esterne - utilizzate dai molini di Rocca di Mezzo e Rocca di Cambio, che lavoravano ad invaso-non ne potevano incrementare la portata. “*

*Le prime indagini di carattere geologico sulle grotte risalgono alla fine dell'ottocento. Queste furono eseguite dall'ing. Eugenio Perrone, probabilmente per la realizzazione di un impianto idroelettrico da parte del comune di S. Demetrio, il quale affermò che la sorgente di Stiffe è alimentata in gran parte dalle acque di ruscellamento superficiale che si immettono nell'inghiottitoio di Pozzo Caldaio in Campo Saline, nei pressi di Terranera, nell'altopiano di Rocca di Mezzo – L'Aquila.*

---

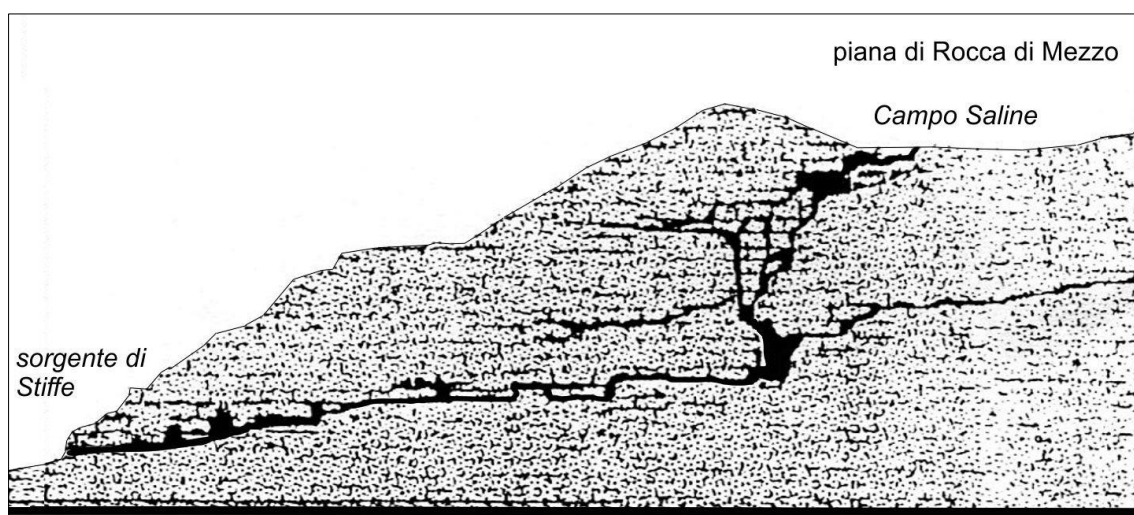
<sup>1</sup> Dal Volume “Le sorgenti italiane” Vol. IX – Abruzzo. Edito dal Ministero dei LLPP -1964 – Pag 153-54





**Figura 1. Pozzo Caldaio ed il sottostato abitato di Stiffe**

Queste zone, come anche la stessa Valle dell'Aterno, sono di carattere prevalentemente carsico e, come tali, caratterizzate da fenomeni e morfologie carsiche. Queste rocce sono costituite soprattutto da carbonato di calcio che unitamente all'azione fisico-chimica dell'acqua danno origine a delle forme particolari del suolo e del sottosuolo.



**Figura 2. Percorso di alimentazione della sorgente di Stiffe**

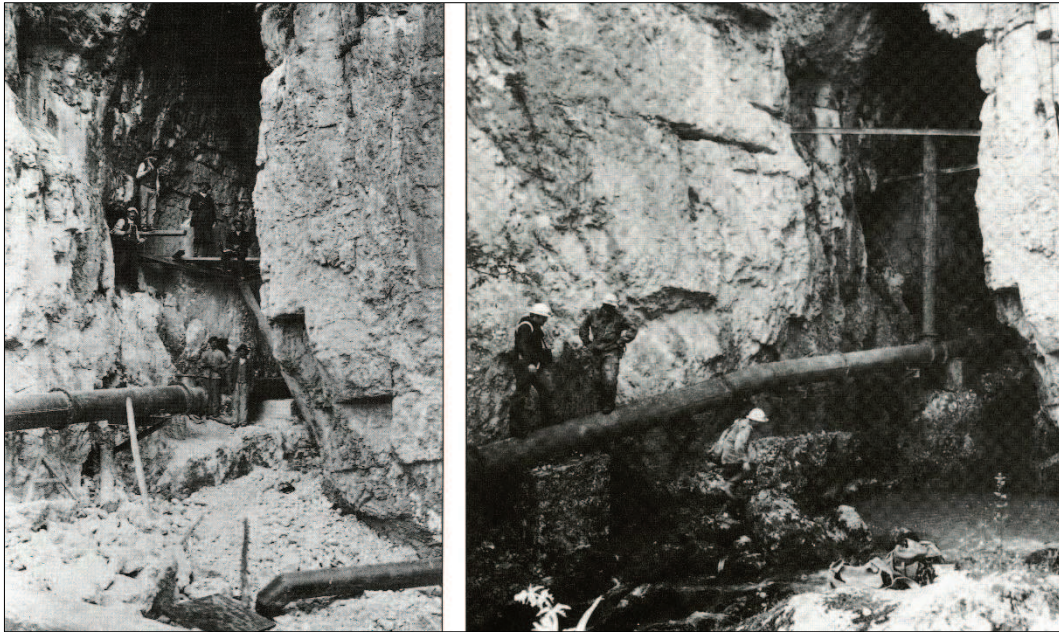
Le Grotte di Stiffe costituiscono un reticolo carsico evolutosi nel corso del Quaternario, che consente alle acque superficiali dell'Altopiano delle Rocche e delle aree montuose limitrofe di pervenire, con percorsi sotterranei, all'emergenza di Stiffe ed alla Piana del fiume Aterno.

Le acque percorrono un dislivello di circa 600 m, tornando alla luce dopo un percorso in linea d'aria di 3 km. Pertanto, le grotte sono "cavità di attraversamento" che mettono in comunicazione due bacini idrici indipendenti e di natura diversa: l'altopiano delle Rocche e la Valle dell'Aterno.

La particolare configurazione morfologica della scaturigine rese possibile l'utilizzazione delle acque sorgive per lo sfruttamento idroelettrico.<sup>2</sup> L'impianto, di limitata potenza, realizzato dal 1906 al 1910 è stato distrutto verso la fine della seconda guerra mondiale (Figure 3 e 4).

<sup>2</sup> B. Chiarelli - *La Cascata di Stiffe Immagini e documenti relativi alla costruzione della centrale Idroelettrica di Stiffe.*





***Figura 3 - Posa in opera dell'antica condotta nella sezione di uscita dalla grotta***



***Figura 4. Tratto terminale della condotta forzata e l'edificio della centrale***



***Figura 5 . Resti ancora visibili della condotta forzata***

## A. Indagini, studi e progetti sulla determinazione della portata media annuale

### a.1. 1898-99 - Prime misurazioni di portata

20 giugno 1898	Q = 0,122 m <sup>3</sup> /s	28 agosto 1898	Q = 0,080 m <sup>3</sup> /s
18 novembre 1898	Q = 0,227 m <sup>3</sup> /s	19 agosto 1899	Q = 0,068 m <sup>3</sup> /s

### a.2. Cassa per il Mezzogiorno<sup>3</sup>

le indagini condotte nei primi anni ottanta hanno restituito, all'emergenza di Stiffe, le seguenti stime di portata:

massima  $Q_{St-max} = 0,900 \text{ m}^3/\text{s}$  ; minima  $Q_{St-min} = 0,010 \text{ m}^3/\text{s}$  ;

media  $Q_{St} = 0,200 \text{ m}^3/\text{s}$  [1]

Misure differenziali di portata effettuate all'inghiottitoio ed alla sorgente hanno evidenziato che circa **il 70% dell'alimentazione della sorgente di Stiffe è ascrivibile alle portate immerse negli inghiottitoi**; la restante parte rappresenta lo sbocco sul versante di condotti carsici ipogei scavati nella massa rocciosa calcarea , con uno degli imbocchi all'inghiottitoio di Pozzo Caldaio ma, verosimilmente, più diffusamente distribuiti all'interno della montagna.

### a.3. 1987 - Convenzione stipulata tra l'ENEL e l'Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche dell'Università di L'Aquila

Lo studio ha riguardato indagini per l'individuazione di impianti idroelettrici di limitata potenza nell'area montana dei corsi d'acqua dall'Aso al Trigno compreso. Dopo una prima fase ricognitiva di selezione solo alcuni siti, tra quelli proposti, furono ritenuti idonei per approfondite indagini idrologiche, geologiche ed idrauliche finalizzate, essenzialmente, all'acquisizione degli elementi idonei a valutare il potenziale idroelettrico dei siti.

Tra questi è stato definito lo schema più idoneo dell'impianto idroelettrico di Stiffe ed è stata stimata l'energia media annua producibile sulla base di "ricostruite" curve di durata delle portate.

*La stima trova base nella ricostruzione delle linee isoiete medie annuali, nel calcolo degli afflussi meteorici e nella successiva valutazione delle portate annuali tramite l'applicazione di coefficienti di deflusso ricavati da bilanci idrologici di stazioni idrometriche e idrometrografiche con sezione di misura delle portate gestite dal Servizio Idrografico Italiano.*

*Pertanto furono rilevati, per tutte le 61 stazioni di misura su i corsi d'acqua con foce all'Adriatico dal Chienti al Trigno compreso, dati sulle portate medie pluriennali (moduli) delle portate medie annue e dalle caratteristiche topografiche e geomorfologiche dei bacini sottesi (estensione, altitudine media, percentuale della parte permeabile delle aree dei bacini apparenti).*

*I valori medi delle portate medie annuali, caratteristici delle differenti stazioni e dedotti da serie storiche di dimensione non inferiore a 4, sono stati rapportati alla estensione superficiale dei bacini apparenti sottesi ottenendo i valori dei contributi specifici espressi in l/s km<sup>2</sup>.*

*Gli stessi valori sono stati riportati su cartogramma bilogaritmico e perequati secondo la funzione di potenza*

$$q = aS^{-b} \quad [l/s \text{ km}^2]$$

*Determinati i valori del coefficiente a e dell'esponente b della funzione q(S) con il metodo dei minimi quadrati, si ottiene per il bacini del Fiume Aterno Pescara:*

$$q = 42,5 S^{-0,2601} \quad \text{con coefficiente di correlazione } r = 0,57$$

*applicando la suddetta relazione alla quota parte considerata attiva ai fini dei deflussi superficiali del bacino idrografico apparente della sorgente di Stiffe si ottiene:*

<sup>3</sup> Progetto speciale 29 –Risorse idriche – Celico 1983



[2]

5



**Tabella I**  
**Valori dei contributi medi annuali**

Corso d'acqua	Stazione	superficie	parte perm	contributo
		km <sup>2</sup>	%	l/s km <sup>2</sup>
Aterno	Treponti	114	34	9,04
Aterno	L'Aquila	531	46	7,31
Aterno	Molina	1303	60	4,2
Tasso	Scanno	80	97	8,62
Sagittario	Villalago	108	89	12,54
Sagittario	Capo Canale	599	93	11,6
Aterno-Sagittano	Allogg. Idraulico	1961	70	7,77
Nora	Cepagatti	199	4	14,37
Orta	Bolognano	153	43	23,4

Correlando il valore dei contributi alla area dei bacini sottesi e considerata la superficie  $S$  quale unica variabile esplicativa nella ipotesi di omogeneità idrologica dei bacini si ottiene:

$$q = 37,9 S^{-0,2284} \quad [l/s \text{ km}^2]$$

Assumendo l'esponente della funzione di potenza quale indice di omogeneità territoriale e facendo riferimento ai contributi del solo F. Aterno alla stazione di Molina si ottiene:

$$q = 22,3 S^{-0,2284} \quad [l/s \text{ km}^2]$$

Applicando la suddetta relazione alla quota parte considerata attiva del bacino  $S_r = 30 \text{ km}^2$ , ai fini dei deflussi superficiali del bacino idrografico apparente della sorgente di Stiffe, si ottiene:

$$q = 10,25 \quad [l/s \text{ km}^2] \quad \text{pari ad una portata media annua } Q_{\text{ing}} \cong 0,300 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sulla base dei dati disponibili e delle elaborazioni idrologiche condotte, può attendibilmente stimarsi un valore medio della portata media annuale della sorgente di Stiffe

$$\text{portata media } Q_{St} = 0,250 \text{ m}^3/\text{s} \quad [3]$$

#### **a.5. Atti della Stazione Scientifica di Stiffe<sup>5</sup>**

Un bilancio idrologico su base mensile, nel periodo che va dal 1950 al 1998, è stato elaborato considerando la portata di deflusso alla sorgente Stiffe derivante dal ruscellamento superficiale del bacino idrografico del Rio Gamberale più un'aliquota dovuta all'infiltrazione.

Definiti:

*il regime di precipitazione, con un afflusso totale medio annuo di circa 1065,5 mm;*

*l'evapotraspirazione media annua, calcolata in base alla formula di Turk è di 486 mm (pari al 45,6 % della precipitazione totale);*

*l'afflusso efficace, disponibile per lo scorrimento delle acque superficiali e l'infiltrazione efficace, risulta quindi pari a 579,36 mm ..... che, nel contesto dell'area endoreica dell'Altipiano delle Rocche, genera una*

$$\text{portata di deflusso media annua agli inghiottitoi } Q_{\text{ing}} = 0,385 \text{ m}^3/\text{s} \quad [4]$$

**Nota:** questa portata è stata ottenuta considerando una "superficie attiva di 21 km<sup>2</sup> rispondente all'area di affioramento dei litotipi calcarei relativi all'acquifero dei monti d'Ocre, senza considerare i versanti estremi allo spartiacque idrografico della conca tettonico-carsica."

<sup>5</sup> a cura di Mauro Panazanaro e Carlo Romagnoli – Museo speleologico V.Rivera - Gruppo speleologico aquilano

#### **a.6. Progetto Hydrowatt per la domanda di Concessione di derivazione per uso idroelettrico - 2014**

Analogamente a quanto già esposto ai punti a.3 ed a.4

*“è stata indagata la correlazione tra il contributo medio annuale  $q$ , espresso in  $l/s\ km^2$ , e l'estensione del bacino idrografico sotteso  $S$ , in  $km^2$ . Il best fitting è stato conseguito con riferimento alla classica dipendenza del tipo esponenziale, ottenendo:*

$$q = 36,7425 S^{-0,2291}$$

*Assumendo quindi l'esponente della funzione quale indice di omogeneità territoriale e facendo riferimento al contributo stimato per l'Aterno alle Stazioni di Treponti, di L'Aquila e di Molina, rispettivamente si ottiene:*

$$q = 26,7750 S^{-0,2291}$$

$$q = 36,7777 S^{-0,2291}$$

$$q = 21,7212 S^{-0,2291}$$

*Nelle successive elaborazioni il valore del fattore di scala si assume pari al minore dei tre coefficienti determinati. Ne consegue che il contributo medio annuale atteso per il bacino del Rio di Stiffe è dato da:*

$$q = 21,7212 S^{-0,2291}$$

*La specificità del bacino endoreico dell'Altopiano delle Rocche e dei residui bacini, anch'essi in parte endoreici, tutti apparentemente contribuenti, sebbene in differente misura, al deflusso della scaturigine di Stiffe, porta a ritenere attendibile il considerare quale bacino idrografico reale di alimentazione della sorgente un bacino di superficie decisamente inferiore a quella deducibile dalla mera perimetrazione del bacino idrografico superficiale. Considerata pertanto l'estensione della superficie attiva pari a non oltre il 50% della superficie del bacino idrografico apparente, si ha:*

*Superficie bacino idrografico apparente  $S = 59\ km^2$*

*Superficie bacino idrografico reale stimato  $S' = 30\ km^2$*

*Contributo medio annuo  $q = 10\ l/s\ km^2$*

$$\text{Portata media annuale } Q_{ing} = 0,300\ m^3/s \quad [3']$$

Nella successiva Tabella sono riassunti i valori delle portate stimate agli inghiottitoi e le portate “attendibili” del valor medio della portata media annua della Sorgente di Stiffe.

	A. Studi e progetti	Inghiottitoi	Sorgente di Stiffe
		portate stimate	portate attendibili
1987	Convenzione ENEL ed Università di L'Aquila	0,526 $m^3/s$	0,200 $m^3/s$
1992	Programma ENEL - VALOREN	0,300 $m^3/s$	0,250 $m^3/s$
1995	Atti della Stazione Scientifica di Stiffe	0,385 $m^3/s$	
2014	Hydrowatt per la domanda di Concessione	0,300 $m^3/s$	0,250 $m^3/s$

## B. Regime delle portate misurate alla sorgente di Stiffe

### b.1. Gruppo speleologico Aquilano

Nella **Tabella II** sono riportate le portate medie mensili anni 1994, 1995 e 1996 rilevate all'interno delle grotte di Stiffe con una stazione idrometrografica.

**Tabella II**

	1994	1995	1996
<i>gennaio</i>			712
<i>febbraio</i>			353
<i>marzo</i>		363	515
<i>aprile</i>		699	609
<i>maggio</i>	261	501	332
<i>giugno</i>	159	102	89
<i>luglio</i>		48	46
<i>agosto</i>		43	38
<i>settembre</i>		50	52
<i>ottobre</i>		35	
<i>novembre</i>		36	
<i>dicembre</i>	61	471	

Per l'anno idrologico convenzionale settembre 1995- agosto 1996 , o in alternativa ottobre 1995 - settembre 1996 il valore della

**portata media annua  $Q = 0,274 \text{ m}^3/\text{s}$**  [5]

### b.2. Comune di S.Demetrio né Vestini

Nel 1994 è stata installata presso le grotte di Stiffe una stazione idrometrica per la misura e la registrazione delle portate di cui sono disponibili valori relativi agli anni 1995 e 1999.

**Tabella III**

1995 331 giorni Portata media $0,230 \text{ m}^3/\text{s}$												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	0,850		0,230	0,300	0,830	0,190	0,060	0,040	0,040	0,040	0,030	0,030
2	0,490		0,240	0,600	0,630	0,170	0,060	0,040	0,040	0,040	0,030	0,030
3	0,210		0,560	0,730	0,720	0,160	0,050	0,040	0,040	0,040	0,030	0,030
4	0,170		1,030	0,430	0,510	0,150	0,050	0,040	0,040	0,040	0,030	0,030
5	0,150		1,100	0,360	0,450	0,140	0,050	0,050	0,040	0,040	0,030	0,030
6	0,140		0,610	0,330	0,410	0,130	0,050	0,040	0,060	0,040	0,030	0,030
7	0,130		0,560	0,310	0,370	0,120	0,050	0,040	0,050	0,040	0,030	0,030
8	0,120		0,420	0,300	0,340	0,120	0,050	0,040	0,040	0,040	0,030	0,030
9	0,120		0,390	0,280	0,310	0,110	0,050	0,040	0,050	0,040	0,030	0,040
10	0,120		0,340	0,260	0,300	0,110	0,050	0,040	0,050	0,040	0,030	0,040
11	0,120		0,310	0,240	0,340	0,130	0,050	0,040	0,040	0,040	0,030	0,040
12	0,110		0,280	0,250	0,400	0,120	0,070	0,040	0,040	0,030	0,040	0,040
13	0,110		0,260	0,250	1,680	0,120	0,060	0,040	0,040	0,030	0,040	0,060
14	0,110		0,250	0,230	2,040	0,110	0,050	0,040	0,140	0,030	0,040	0,100
15	0,090		0,230	0,250	0,870	0,100	0,050	0,040	0,090	0,030	0,040	0,090
16	0,100		0,210	0,260	0,670	0,090	0,050	0,040	0,060	0,030	0,040	0,120
17	0,100		0,230	0,270	0,570	0,090	0,050	0,040	0,060	0,030	0,040	0,140
18			0,190	0,440	0,480	0,090	0,050	0,050	0,060	0,030	0,050	0,160
19			0,180	1,090	0,440	0,080	0,040	0,050	0,050	0,030	0,050	0,350
20			0,170	1,710	0,390	0,080	0,040	0,040	0,050	0,030	0,040	0,190
21		0,230	0,160	2,470	0,390	0,070	0,040	0,040	0,050	0,030	0,040	0,150
22		0,230	0,160	1,550	0,350	0,070	0,040	0,040	0,050	0,030	0,040	0,130
23		0,250	0,150	0,940	0,310	0,070	0,040	0,050	0,040	0,030	0,030	0,130
24		0,630	0,170	1,330	0,280	0,080	0,040	0,040	0,040	0,030	0,030	0,560
25		0,370	0,160	1,870	0,250	0,070	0,040	0,040	0,040	0,030	0,030	0,290
26		0,300	0,200	1,110	0,230	0,070	0,040	0,040	0,040	0,030	0,030	1,000
27		0,250	0,200	0,920	0,220	0,060	0,040	0,050	0,040	0,030	0,040	4,320
28		0,230	0,530	0,740	0,210	0,060	0,040	0,040	0,040	0,030	0,040	0,930
29			0,310	0,400	0,190	0,060	0,040	0,040	0,040	0,030	0,030	0,700
30			0,730	0,630	0,190	0,060	0,040	0,050		0,030	0,030	0,530
31			0,320		0,180		0,040	0,050		0,030		3,380



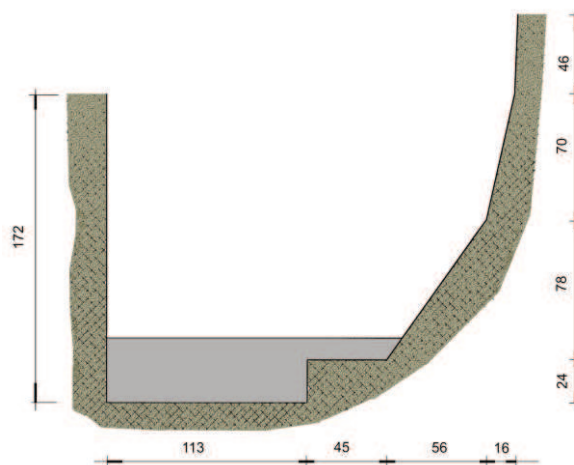
Tabella IV

<div> <div>1999</div> <div>365 giorni</div> <div>Portata media 1,041 m<sup>3</sup>/s</div> </div>												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	0,430	0,460	0,940	2,460	1,630	0,480	0,280	0,250	0,250	0,200	0,200	0,710
2	0,460	0,440	1,120	2,330	1,540	0,460	0,280	0,250	0,230	0,190	0,200	0,680
3	0,510	0,440	2,010	2,340	1,460	0,440	0,270	0,250	0,240	0,200	0,190	0,680
4	0,470	0,440	3,210	2,020	1,410	0,420	0,270	0,240	0,230	0,200	0,190	0,650
5	0,440	0,460	4,800	2,070	1,350	0,410	0,290	0,240	0,220	0,200	0,190	0,900
6	0,430	0,490	2,000	2,000	1,260	0,390	0,280	0,240	0,230	0,190	0,210	0,980
7	0,430	0,460	1,390	2,030	1,180	0,380	0,260	0,240	0,220	0,180	0,230	0,790
8	0,440	0,460	1,270	2,430	1,110	0,370	0,250	0,230	0,220	0,180	0,940	0,740
9	0,440	0,440	1,190	2,460	1,190	0,360	0,270	0,230	0,220	0,180	0,470	0,700
10	0,430	0,520	1,230	3,420	1,080	0,350	0,300	0,230	0,220	0,180	0,320	1,310
11	0,900	0,980	1,590	2,450	0,970	0,350	0,280	0,230	0,200	0,180	0,280	4,320
12	0,720	0,790	2,100	2,160	0,910	0,340	0,270	0,230	0,210	0,180	0,270	1,480
13	0,650	0,690	2,470	2,290	0,850	0,330	0,260	0,230	0,200	0,180	0,260	1,300
14	0,660	0,640	2,770	2,430	0,800	0,330	0,250	0,230	0,200	0,170	0,250	1,130
15	0,580	0,620	3,000	1,770	0,760	0,320	0,250	0,230	0,200	0,180	0,240	5,730
16	0,510	0,580	3,980	2,160	0,730	0,370	0,250	0,230	0,210	0,190	0,240	<b>12,740</b>
17	0,500	0,580	4,570	4,200	0,710	0,450	0,250	0,230	0,260	0,190	0,260	10,960
18	0,500	0,560	2,240	5,570	0,690	0,360	0,250	0,220	0,250	0,180	0,290	8,560
19	0,500	0,530	1,810	5,010	0,640	0,400	0,250	0,220	0,220	0,230	2,490	3,310
20	0,480	0,540	1,440	4,640	0,650	0,350	0,240	0,220	0,220	0,260	1,410	2,730
21	0,470	0,620	1,350	3,940	0,680	0,560	0,240	0,220	0,220	0,210	3,060	2,170
22	0,460	0,930	1,400	2,990	0,690	0,450	0,240	0,220	0,240	0,280	6,620	1,820
23	0,450	1,370	1,560	2,520	0,630	0,390	0,240	0,210	0,220	0,250	1,710	1,610
24	0,440	1,050	1,740	2,310	0,570	0,340	0,240	0,220	0,210	0,420	1,160	1,450
25	0,430	0,940	2,160	2,420	0,550	0,330	0,250	0,220	0,200	0,280	0,980	1,460
26	0,430	0,950	3,290	2,180	0,550	0,320	0,260	0,220	0,200	0,230	0,880	3,920
27	0,500	0,890	6,280	1,990	0,570	0,310	0,250	0,220	0,200	0,220	0,810	3,990
28	0,610	0,860	4,120	2,260	0,520	0,300	0,240	0,240	0,200	0,210	0,750	7,130
29	0,520		3,380	1,840	0,690	0,290	0,260	0,240	0,230	0,210	0,710	6,500
30	0,470		2,790	1,720	0,580	0,290	0,270	0,250	0,210	0,200	0,700	3,040
31	0,460		2,450		0,510		0,260	0,260		0,200		2,320

### **b.3.Monitoraggio delle portate negli anni 2003÷08 e 2014÷15**

Al fine di estendere ulteriormente le conoscenze sul Rio la Foce e poter integrare le conoscenze acquisite dagli studi precedenti è stato installato, a cura dell'Hydrowatt spa, all'interno delle grotte di Stiffe un misuratore di livello con annesso data-logger di registrazione.

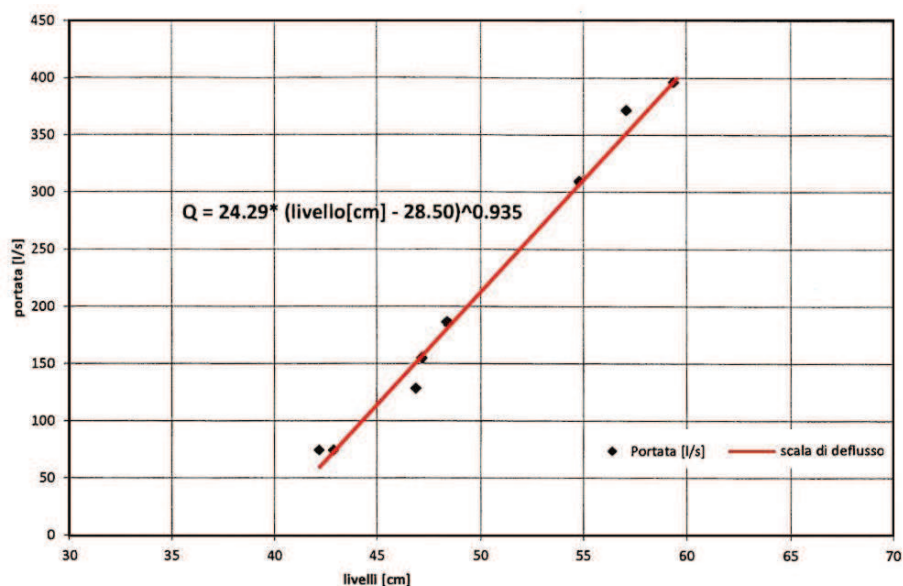
Questo sistema ha funzionato con buona continuità dal 2003 al 2008 con alcune interruzioni dovute a problemi di alimentazione del sistema. Ulteriori misure sono state rilevate nel 2014-15.



**Figura 7. Sezione di misura in alveo in roccia**

Nel periodo 2007-08 sono state effettuati, sulla sezione di misura, rilevamenti con mulinello idrometrico che hanno fornito le portate con le quali è stato possibile desumere la scala di deflusso della sezione:

20 aprile 2007	Q = 0,371 m <sup>3</sup> /s	24 aprile 2007	Q = 0,309 m <sup>3</sup> /s
5 maggio 2007	Q = 0,396 m <sup>3</sup> /s	14 maggio 2007	Q = 0,186 m <sup>3</sup> /s
25 maggio 2007	Q = 0,155 m <sup>3</sup> /s	20 giugno 2007	Q = 0,074 m <sup>3</sup> /s
30 ottobre 2008	Q = 0,128 m <sup>3</sup> /s	20 novembre 2008	Q = 0,074 m <sup>3</sup> /s



**Figura 8. Scala di deflusso del Rio la Foce all'interno delle grotte di Stiffe**

**Tabella V**

2003												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1				1,360	0,380							
2				0,970	0,360							
3			0,930	0,910	0,350							
4			0,860	0,870	0,330							
5			0,780	0,000	0,320							
6			0,740	0,810	0,320							
7			0,720	0,780	0,320							
8			0,710	0,770	0,380							
9			73,000	0,750	0,340							
10			0,830	0,730	0,300							
11			0,970	0,790	0,290							
12			0,900	0,750	0,290							
13			0,800	0,710	0,270							
14			0,730	0,680	0,260							
15			0,750	0,660	0,250							
16			0,770	0,650	0,240							
17			0,760	0,640								
18			0,760	0,620								
19			0,760	0,590								
20			0,770	0,570								
21			0,790	0,550								
22			0,780	0,540								
23			0,790	0,510								
24			1,050	0,490								
25			1,000	0,470								
26			0,940	0,450								
27			0,870	0,430								
28			0,870	0,410								
29			0,860	0,400								
30			0,870	0,390								
31			1,020									

**Tabella VI**

<div> <div>2004</div> <div>Giorni 330</div> <div>Portata media 0,629 m<sup>3</sup>/s</div> </div>												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	0,660	0,520	3,260	1,050	0,910	0,460	0,150	0,040	0,010	0,000	0,000	0,350
2	0,590	0,500	1,760	1,370	0,890	0,420	0,150	0,040	0,010	0,000	0,000	0,350
3	0,560	0,500	1,400	1,240	0,910	0,410	0,140	0,040	0,010	0,000	0,000	0,190
4	0,520	0,490	1,190	1,280	0,810	0,880	0,130	0,030	0,010	0,000	0,000	0,140
5	0,460	0,510	1,080	1,400	0,970	0,780	0,120	0,040	0,010	0,000	0,000	0,190
6	0,420	0,560	1,010	1,230	1,060	0,620	0,120	0,040	0,010	0,000	0,000	0,360
7	0,400	0,580	0,950	1,160	1,810	0,770	0,110	0,170	0,020	0,000	0,000	0,300
8	0,410	0,640	1,060	1,110	2,080	0,660	0,100	0,080	0,030	0,000	0,010	0,230
9	0,430	0,720	1,370	1,050	2,010	0,550	0,100	0,060	0,020	0,000	0,030	0,500
10	0,460	0,660	1,170	1,090	1,660	0,500	0,090	0,050	0,020	0,000	0,000	0,850
11	0,410	0,610	1,020	2,210	1,310	0,460	0,080	0,050	0,020	0,000	0,020	0,630
12	0,460	0,580	0,970	1,900	1,140	0,430	0,080	0,050	0,020	0,000	0,100	0,460
13	1,450	0,530	0,920	2,930	1,060	0,400	0,080	0,040	0,010	0,000	0,040	0,390
14	0,860	0,510	0,960	3,190	1,170	0,380	0,080	0,040	0,010	0,010	0,050	0,350
15	0,790	0,500	1,190	2,130	1,030	0,380	0,080	0,030	0,010	0,010	0,080	0,300
16	0,640	0,480	1,560	1,690	0,930	0,380	0,080	0,030	0,000	0,020	0,090	0,280
17	0,600	0,480	1,860	1,580	0,860	0,360	0,080	0,030	0,010	0,040	0,050	0,300
18	1,060	0,470	1,840	2,440	0,810	0,340	0,070	0,030	0,070	0,040	0,030	0,350
19	1,540	0,470	1,550	1,770	0,760	0,330	0,070	0,030	0,100	0,050	0,020	0,350
20	1,020	0,690	1,440	1,600	0,700	0,300	0,060	0,020	0,080	0,020	0,020	0,380
21	0,960	1,020	1,330	2,190	0,670	0,290	0,060	0,020	0,030	0,010	0,010	0,410
22	0,820	3,280	1,240	1,700	0,640	0,290	0,050	0,020	0,020	0,010	0,010	0,340
23	0,720	3,710	1,210	1,380	0,600	0,260	0,050	0,020	0,010	0,000	0,000	0,300
24	0,660	2,560	1,380	1,250	0,580	0,250	0,050	0,020	0,010	0,000	0,010	0,280
25	0,620	1,520	1,300	1,150	0,750	0,230	0,040	0,020	0,010	0,000	0,000	0,280
26	0,610	2,720	1,120	1,150	0,590	0,210	0,040	0,010	0,010	0,000	0,000	1,940
27	0,620	<b>4,210</b>	1,140	1,170	0,520	0,200	0,050	0,010	0,030	0,000	0,000	2,680
28	0,670	3,940	1,170	1,040	0,490	0,190	0,050	0,010	0,020	0,000	0,020	1,360
29	0,620		1,320	0,980	0,470	0,180	0,050	0,020	0,010	0,000	0,020	1,150
30	0,570		1,380	0,920	0,570	0,170	0,040	0,010	0,000	0,000	0,020	0,970
31	0,530		1,150		0,500		0,040	0,010		0,000		0,890

**Tabella VII**

<div> <div>2005</div> <div>Giorni 296</div> <div>Portata media 0,533 m<sup>3</sup>/s</div> </div>												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	0,810	0,260	0,270	3,650	0,700	0,220	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,720
2	0,730	0,270	0,270	3,420	0,670	0,210	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,450
3	0,660	0,260	0,260	2,750	0,640	0,210	0,050	0,010	0,000	0,000	0,000	0,780
4	0,590	0,250	0,230	1,390	0,630	0,200	0,050	0,030	0,000	0,040	0,000	1,320
5	0,560	0,240	0,260	1,220	0,600	0,190	0,040	0,010	0,000	0,030	0,000	1,070
6	0,550	0,230	0,280	1,070	0,610	0,180	0,040	0,010	0,000	0,010	0,000	2,580
7	0,520	0,230	0,270	1,000	0,610	0,260	0,040	0,010	0,000	0,000	0,060	1,490
8	0,500	0,220	0,260	0,950	0,550	0,480	0,030	0,010	0,040	0,010	0,040	1,060
9	0,490	0,230	0,260	1,670	0,510	0,260	0,020	0,010	0,040	0,040	0,010	0,880
10	0,470	0,230	0,270	3,340	0,480	0,280	0,020	0,010	0,090	0,030	0,010	0,780
11	0,450	0,230	0,280	3,670	0,460	0,230	0,020	0,010	0,060	0,010	0,000	0,710
12	0,440	0,230	0,300	<b>4,040</b>	0,450	0,200	0,020	0,010	0,010	0,000	0,000	0,750
13	0,430	0,310	0,340	3,820	0,460	0,180	0,020	0,010	0,010	0,000	0,000	0,850
14	0,410	0,400	0,390	2,250	0,440	0,170	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,890
15	0,400	0,360	0,480	1,790	0,410	0,160	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,860
16	0,380	0,330	0,570	1,570	0,390	0,170	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,780
17	0,360	0,310	0,710	1,440	0,380	0,150	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,770
18	0,350	0,300	0,860	1,350	0,450	0,140	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,770
19	0,380	0,290	1,020	1,190	0,420	0,130	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,640
20	0,330	0,300	1,260	1,180	0,450	0,120	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,590
21	0,350	0,280	1,370	1,140	0,350	0,110	0,010	0,010	0,000	0,090	0,000	0,550
22	0,360	0,290	1,470	1,030	0,310	0,100	0,010	0,010	0,000	0,070	0,000	0,510
23	0,320	0,260	1,530	0,940	0,290	0,100	0,010	0,020	0,000	0,050	0,000	0,480
24	0,350	0,190	1,690	0,880	0,290	0,090	0,010	0,010	0,000	0,020	0,000	0,450
25	0,350	0,260	2,890	0,920	0,320	0,090	0,010	0,020	0,000	0,010	0,000	0,440
26	0,340	0,280	3,470	0,850	0,290	0,080	0,010	0,020	0,000	0,010	0,260	0,480
27	0,310	0,290	3,660	0,790	0,270	0,080	0,010	0,010	0,000	0,000	1,230	0,500
28	0,310	0,280	3,980	0,770	0,260	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,490	1,320
29	0,300		0,000	0,750	0,250	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,330	0,780
30	0,270		3,860	0,720	0,230	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,720	0,660
31	0,270		3,830		0,220		0,000	0,000		0,000		0,600



**Tabella VIII**

2006												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	2,160	0,730				0,000	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
2	2,700	0,630				0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	1,400	0,620				0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	1,130	0,600				0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,980	0,570				0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,860	0,500				0,000	0,020	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
7	0,750	0,420				0,000	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
8	0,690	0,430				0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	0,670					0,000	0,050	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000
10	0,640					0,000	0,040	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000
11	0,600					0,000	0,030	0,020	0,000	0,000	0,000	0,010
12	0,550					0,000	0,020	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,530					0,000	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
14	0,500					0,000	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,490					0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000
16	0,460					0,000	0,010	0,010	0,050	0,000	0,000	0,000
17	0,440					0,000	0,010	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000
18	0,460					0,000	0,010	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000
19	0,530					0,000	0,010	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000
20	0,450					0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21	0,420					0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
22	0,410					0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23	0,390					0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000
24	0,360					0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,000
25	0,340					0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
26	0,320					0,060	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000
27	0,330					0,050	0,000	0,000	0,140	0,000	0,000	0,000
28	0,320					0,050	0,090	0,000	0,060	0,000	0,000	0,000
29	0,310					0,050	0,030	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
30	0,340					0,040	0,020	0,000		0,000	0,000	0,000
31	0,810						0,020	0,000		0,000		0,000

**Tabella IX**

2007												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	0,000			0,450								
2	0,000			0,400								
3	0,000			0,380								
4	0,000			0,370								
5	0,000			0,820								
6	0,000			1,150								
7	0,000			0,740								
8	0,000			0,650								
9	0,010			0,660								
10	0,020			0,870								
11	0,010			0,640								
12	0,010			0,590								
13	0,010			0,550								
14	0,000			0,520								
15	0,000			0,500								
16	0,000			0,480								
17	0,000			0,450								
18	0,000			0,430								
19	0,000											
20	0,000											
21	0,000											
22	0,000											
23	0,000											
24	0,000											
25	0,000											0,030
26	0,000											0,040
27	0,000											0,050
28	0,000		0,450									0,070
29	0,000		0,450									0,060
30	0,000		0,430									0,060
31	0,000		0,420									0,060

**Tabella X**

2008                      Giorni 265                      Portata media 0,445 m <sup>3</sup> /s												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	0,050	0,110	0,120	1,340	0,670	0,370	0,180	0,030	0,000	0,000	0,050	1,430
2	0,050	0,110	0,120	1,240	0,640	0,350	0,150	0,020	0,000	0,000	0,000	1,890
3	0,040	0,110	0,120	1,080	0,590	0,330	0,160	0,020	0,000	0,000	0,110	3,290
4	0,040	0,100	0,110	0,970	0,550	0,310	0,140	0,020	0,000	0,000	0,080	2,690
5	0,040	0,320	0,110	1,020	0,530	0,380	0,190	0,010	0,000	0,000	0,030	1,860
6	0,040	0,780	0,100	0,900	0,500	0,460	0,150	0,010	0,000	0,000	0,010	1,240
7	0,130	0,430	0,100	0,950	0,490	0,350	0,110	0,000	0,000	0,010	0,120	1,320
8	0,340	0,340	0,130	0,950	0,490	0,320	0,100	0,000	0,000	0,000	0,080	<b>3,740</b>
9	0,220	0,280	0,150	0,800	0,450	0,340	0,080	0,010	0,000	0,000	0,030	2,700
10	0,190	0,250	0,150	0,760	0,430	0,340	0,070	0,010	0,000	0,000	0,010	1,290
11	0,160	0,240	0,160	1,340	0,420	0,450	0,060	0,000	0,000	0,000	0,010	1,050
12	0,140	0,230	0,150	1,050	0,390	0,340	0,060	0,000	0,000	0,000	0,010	1,220
13	0,170	0,210	0,250	1,040	0,370	0,300	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	2,740
14	0,880	0,200	0,420	1,160	0,350	0,370	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	
15	0,380	0,190	0,730	1,050	0,370	0,380	0,050	0,000	0,000	0,000	0,010	
16	0,300	0,180	0,640	0,920	0,510	0,300	0,050	0,000	0,000	0,000	0,100	
17	0,280	0,170	0,540	0,860	0,390	0,280	0,040	0,000	0,000	0,000	0,050	
18	0,290	0,150	0,470	0,790	0,360	0,260	0,040	0,000	0,010	0,000	0,450	
19	0,260	0,140	0,430	0,740	0,310	0,240	0,040	0,000	0,000	0,000	0,310	
20	0,220	0,140	0,400	0,890	0,320	0,260	0,040	0,000	0,000	0,000	0,170	
21	0,200	0,140	0,440	0,930	0,300	0,230	0,030	0,000	0,000	0,000	0,110	
22	0,190	0,140	0,620	0,750	0,690	0,210	0,030	0,000	0,030	0,000	0,080	
23	0,180	0,140	0,610	0,690	1,150	0,190	0,030	0,000	0,010	0,000	0,060	
24	0,190	0,130	1,860	1,020	0,870	0,170	0,030	0,000	0,000	0,000	0,060	
25	0,150	0,130	2,660	0,940	0,630	0,160	0,040	0,000	0,000	0,000	0,080	
26	0,140	0,130	2,630	0,850	0,560	0,150	0,030	0,000	0,000	0,000	0,050	
27	0,130	0,130	1,260	0,950	0,510	0,140	0,020	0,000	0,000	0,000	0,890	
28	0,120	0,120	1,190	0,820	0,470	0,130	0,020	0,000	0,000	0,000	0,510	
29	0,120		1,360	0,750	0,430	0,120	0,020	0,000	0,000	0,000	0,330	
30	0,110		1,520	0,700	0,400	0,120	0,020	0,000	0,000	0,000	0,630	
31	0,110		1,340		0,380		0,030	0,010		0,030		

**Tabella XI**

2014												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1							0,369	0,107	0,028	0,020	0,010	
2							0,483	0,101	0,025	0,041	0,011	
3							2,499	0,094	0,023	0,031	0,010	
4							2,721	0,094	0,024	0,024	0,002	
5							1,583	0,090	0,024	0,024	0,007	
6							1,030	0,091	0,023	0,022	0,048	
7							0,799	0,089	0,020	0,018	0,036	
8							0,665	0,078	0,020	0,012	0,096	
9							0,577	0,100	0,020	0,011	0,578	
10							0,611	0,073	0,018	0,009	0,772	
11							0,544	0,076	0,019	0,011	1,229	
12							0,473	0,084	0,018	0,013	0,334	
13							0,413	0,071	0,019	0,013	0,243	
14							0,367	0,073	0,018	0,073		
15							0,330	0,079	0,017	0,011		
16						0,414	0,299	0,064	0,013	0,012		
17						0,257	0,279	0,058	0,048	0,008		0,506
18						0,203	0,253	0,052	0,055	0,012		0,400
19						0,217	0,235	0,049	0,033	0,007		0,335
20						0,174	0,195	0,046	0,059	0,010		0,316
21						0,153	0,172	0,042	0,052	0,013		0,291
22						0,142	0,160	0,042	0,035	0,012		0,261
23						0,135	0,146	0,041	0,027	0,013		0,248
24						0,123	0,134	0,040	0,023	0,013		0,230
25						0,114	0,125	0,039	0,024	0,012		0,214
26						0,112	0,148	0,034	0,067	0,011		0,209
27						0,109	0,121	0,035	0,076	0,012		0,192
28						0,104	0,119	0,032	0,031	0,012		0,195
29						0,127	0,113	0,030	0,024	0,008		0,183
30						0,263	0,130	0,029	0,021	0,005		0,150
31							0,116	0,028		0,010		0,127



Tabella XII

2015												
Giorni 325						Portata media 0,488 m <sup>3</sup> /s						
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	0,143	1,076	1,431	2,149	0,415	0,115	0,034	0,019	0,010	0,013	0,048	
2	0,163	0,857	1,765	2,103	0,406	0,137	0,034	0,019	0,010	0,021	0,045	
3	0,180	0,729	2,867	1,829	0,382	0,273	0,033	0,018	0,010	0,011	0,043	
4	0,233	0,672	2,144	1,606	0,355	0,144	0,030	0,018	0,017	0,008	0,042	
5	0,231	0,731	2,613	1,904	0,331	0,115	0,030	0,016	0,066	0,007	0,040	
6	0,190	1,058	1,750	1,597	0,303	0,105	0,030	0,013	0,025	0,007	0,036	
7	0,170	0,875	1,571	1,318	0,284	0,091	0,029	0,015	0,015	0,008	0,033	
8	0,172	0,788	1,493	1,199	0,275	0,087	0,029	0,017	0,012	0,007	0,031	
9	0,174	0,583	1,365	1,068	0,261	0,085	0,028	0,017	0,011	0,036	0,030	
10	0,193	0,642	1,279	0,913	0,249	0,095	0,028	0,019	0,010	0,196	0,028	
11	0,386	0,652	1,202	0,842	0,231	0,097	0,025	0,028	0,009	0,062	0,027	
12	0,591	0,612	1,195	0,790	0,218	0,081	0,023	0,029	0,009	0,030	0,028	
13	0,356	0,585	1,023	0,752	0,205	0,075	0,023	0,023	0,011	0,257	0,027	
14	0,307	0,572	0,962	0,742	0,195	0,071	0,021	0,023	0,011	0,719	0,027	
15	0,294	0,557	0,924	0,752	0,183	0,069	0,020	0,026	0,010	0,117	0,027	
16	0,273	0,572	1,469	0,758	0,182	0,067	0,020	0,025	0,007	0,066	0,025	
17	0,298	0,645	3,073	0,770	0,184	0,062	0,030	0,023	0,006	0,052	0,024	
18	0,505	0,748	3,882	0,765	0,167	0,114	0,022	0,021	0,006	0,088	0,024	
19	0,545	0,676	2,903	0,748	0,159	0,076	0,018	0,025	0,006	0,336	0,029	
20	0,479	0,625	2,335	0,711	0,164	0,065	0,018	0,053	0,005	0,154	0,286	
21	0,507	0,618	2,113	0,658	0,151	0,074	0,019	0,033	0,004	0,105	0,132	
22	0,589	0,795	1,988	0,617	0,144	0,063	0,021	0,029	0,004	0,081		
23	1,550	1,362	1,891	0,588	0,152	0,055	0,061	0,025	0,005	0,065		
24	1,566	1,861	1,898	0,566	0,150	0,055	0,053	0,022	0,012	0,056		
25	1,063	2,481	3,002	0,542	0,156	0,067	0,074	0,021	0,009	0,049		
26	0,787	2,311	<b>4,383</b>	0,513	0,151	0,055	0,045	0,017	0,007	0,047		
27	0,662	1,667	4,283	0,495	0,160	0,048	0,031	0,016	0,006	0,044		
28	0,582	1,537	4,232	0,519	0,142	0,046	0,026	0,015	0,005	0,051		
29	0,505		4,094	0,472	0,123	0,041	0,024	0,014	0,005	0,075		
30	1,719		3,418	0,458	0,116	0,040	0,021	0,013	0,005	0,064		
31	1,426		2,385		0,108		0,020	0,011		0,053		

I dati delle precedenti Tabelle possono essere convertiti in diagrammi cronologici delle portate defluenti nel Rio di Stiffe. Sono stati presi in considerazione **solo** gli anni con dati delle portate medie giornaliere superiori a 240 giorni, per cui, sono stati esclusi nell'ordine il 2003,2006,2007e 2014.

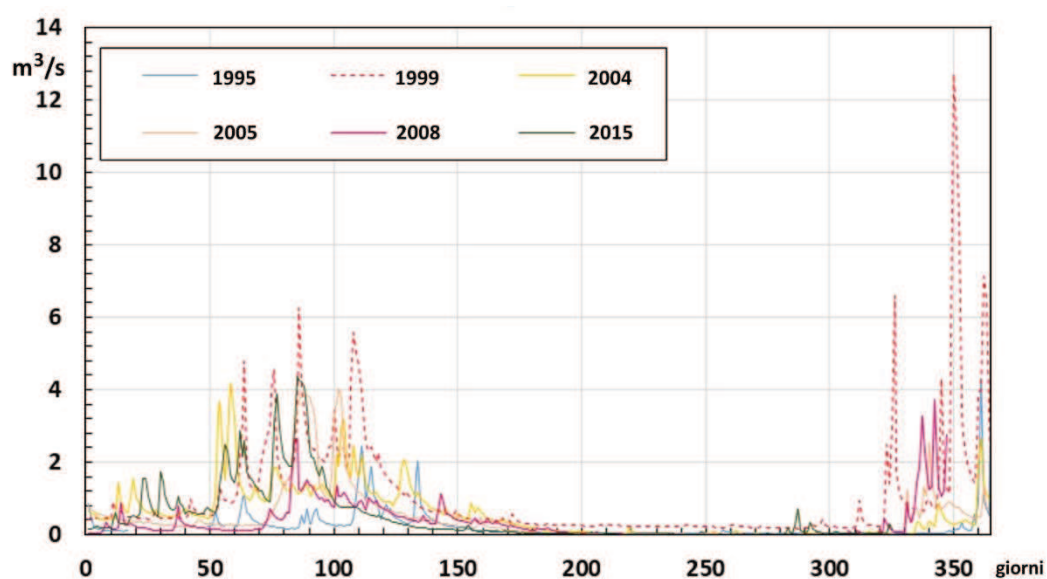


Figura 9. Diagrammi cronologici delle portate anni 1995 ÷ 2015



Malgrado la limitatezza del campione<sup>6</sup>, l'instabilità delle portate e le particolari caratteristiche della sorgente è sufficientemente definito un *regime idrologico delle portate defluenti* costante, caratterizzato da deflussi significativi nei mesi di marzo, aprile, novembre e dicembre.

Pertanto, può essere definito un *anno medio apparente* per il quale la portata media giornaliera  $Q$  di ciascun giorno è la media aritmetica delle portate osservate, nello stesso giorno nel periodo 1995÷2015.

La portata media annua alla sorgente di Stiffe

$$Q_{St} = 0,555 \text{ m}^3/\text{s}$$

[6]

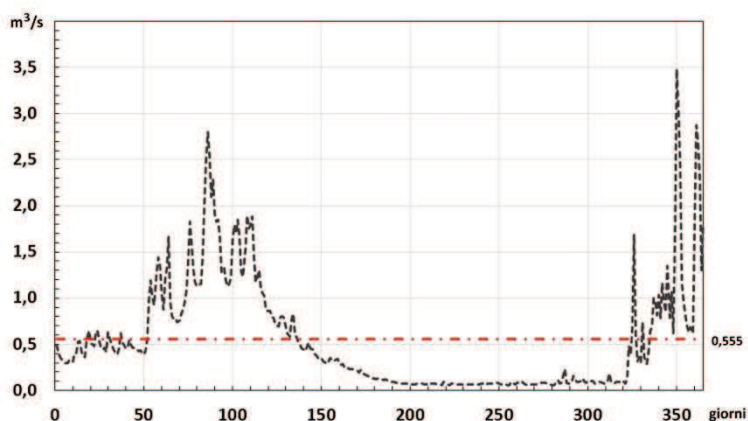


Figura 10. Diagramma cronologico delle portate dell'anno medio

Volendo considerare il 1999 come un "anno singolare" e, pertanto, escluso dalle precedenti valutazioni, l'*anno medio fittizio* è rappresentato dal diagramma cronologico raffigurato nella Figura 11;

la portata media annua si riduce a  $Q_{St} = 0,439 \text{ m}^3/\text{s}$

[6']

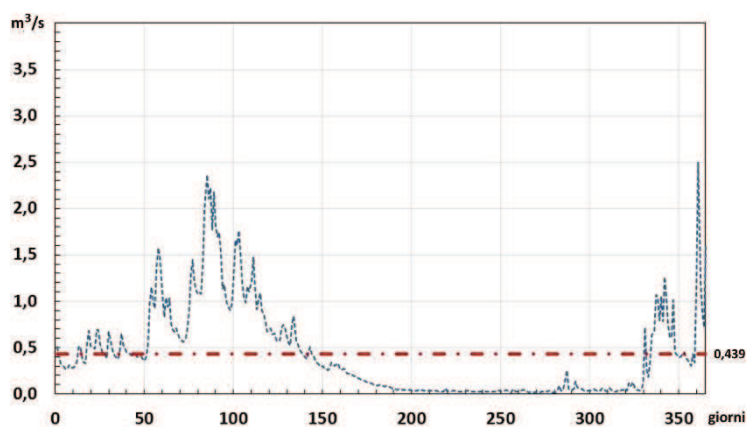


Figura 11.

In ogni caso la portata media è superata per circa un terzo dell'anno mentre, nel periodo estivo, il regime delle portate si riduce bruscamente con giorni caratterizzati da portate pressoché nulle.

**Nota :** osservato che il valore della portata media annua varia sensibilmente da un anno all'altro

**" si ritiene di poter individuare per ogni stazione un valore normale, quale valore medio di un numero di anni abbastanza elevato, così da soddisfare alla condizione che il valore medio stesso non vari sensibilmente includendo od escludendo dal conteggio un numero limitato di anni. In generale,**

<sup>6</sup> il Servizio Idrografico definisce, tra gli elementi idrologici caratteristici, la Portata media disponibile: la portata media del corso d'acqua nella sezione di derivazione in un lungo intervallo di tempo (possibilmente non meno di un quinquennio).

***si è rilevato che può essere senz'altro assunto come valore normale la media di 50 anni, avendosi valori già soddisfacenti ai fini pratici per medie di 25"***<sup>7</sup>

**Per questo motivo la serie ridotta di misure di portata non consente un'attendibilità elevata del valore determinato. Tuttavia, sulla base di osservazioni**<sup>8</sup> **è stato rilevato un errore sulla media calcolata a 5 anni pari al 123 % della media calcolata su portate misurate in 24 anni.**

Estendendo questo risultato al caso in oggetto, si deduce un valore della portata media annua alla sorgente di Stiffe pari, a seconda dei due casi:

$$Q_{St} \cong 0,451 \div 0,357 \text{ m}^3/\text{s} \quad [7]$$

Ricordato che *la sorgente di Stiffe è alimentata in gran parte delle acque di ruscellamento superficiale che si immettono nell'inghiottitoio di Pozzo Caldaio in Campo Saline, nei pressi di Terranera, nell'altopiano di Rocca di Mezzo – L'Aquila*", per completezza dell'indagine è stata stimata la portata media annua di afflusso agli inghiottitoi deducendola dagli afflussi di natura meteorica.

Pertanto con un campione di valori delle altezze di precipitazione misurate per una serie di anni molto estesa (tra il 1936 ed il 2002) è stata valutata, preliminarmente ed in maniera speditiva, la portata media annua derivante dall'altezza media annua delle precipitazioni cadute sul bacino idrografico.

Successivamente è stato applicato un modello analitico afflussi-deflussi che permette di depurare le piogge lorde dagli effetti dell'intercettazione della copertura vegetale, della detenzione superficiale e della infiltrazione.

Preliminarmente, nel successivo paragrafo, viene descritto e caratterizzato il bacino endoreico di alimentazione degli inghiottitoi presenti nella piana di Rocca di Mezzo e chiarito il loro funzionamento, anche attraverso sopralluoghi effettuati nei giorni 22 e 23 febbraio, 15 marzo e 6 aprile .

---

<sup>7</sup> Corso di Corso di Costruzioni Idrauliche dalle lezioni del Prof. U.Messina – Ed. Japadre Editore - 1980

<sup>8</sup> L'hydrologie de l'ingenieur - Erreurs résultant d'une période d'observation trop courte – Ed. Eyrolles 1972

## C. Regime pluviometrico e deflussi agli inghiottitoi

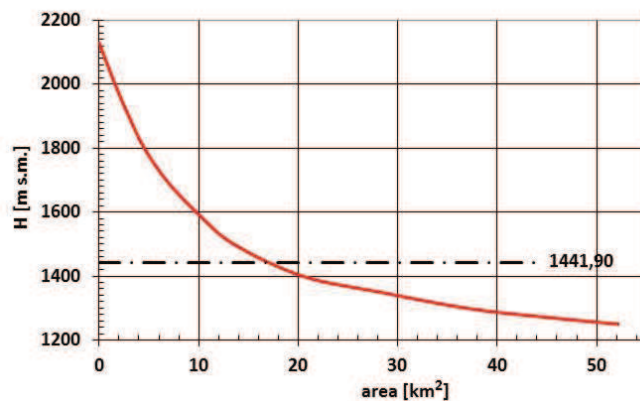
### c.1. Il bacino della piana di Rocca di Mezzo e la rete idrografica

Il bacino è stato delimitato con il criterio topografico sulla Carta Tecnica Regionale digitalizzata in scala 1:1000.



**Figura 12. Planimetria del bacino topografico della piana di Rocca di Mezzo**

E' stata misurata una superficie  $S_t = 52,62 \text{ km}^2$  ed un perimetro  $P = 38,38 \text{ km}$  mentre dalla curva ipsografica del bacino ( Figura 13) sono deducibili :

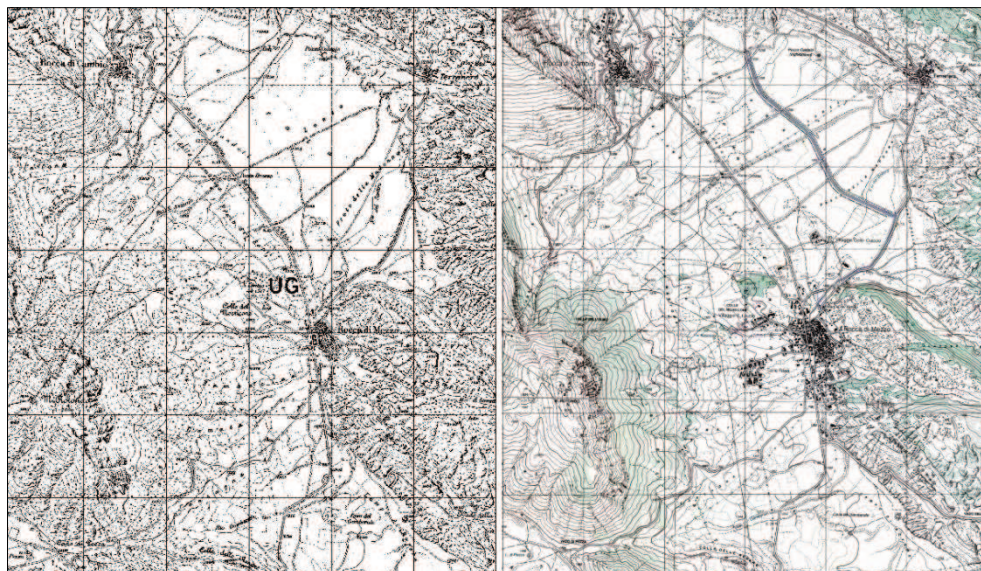


**Figura 13. Curva ipsografica del bacino del Rio Gamberale**

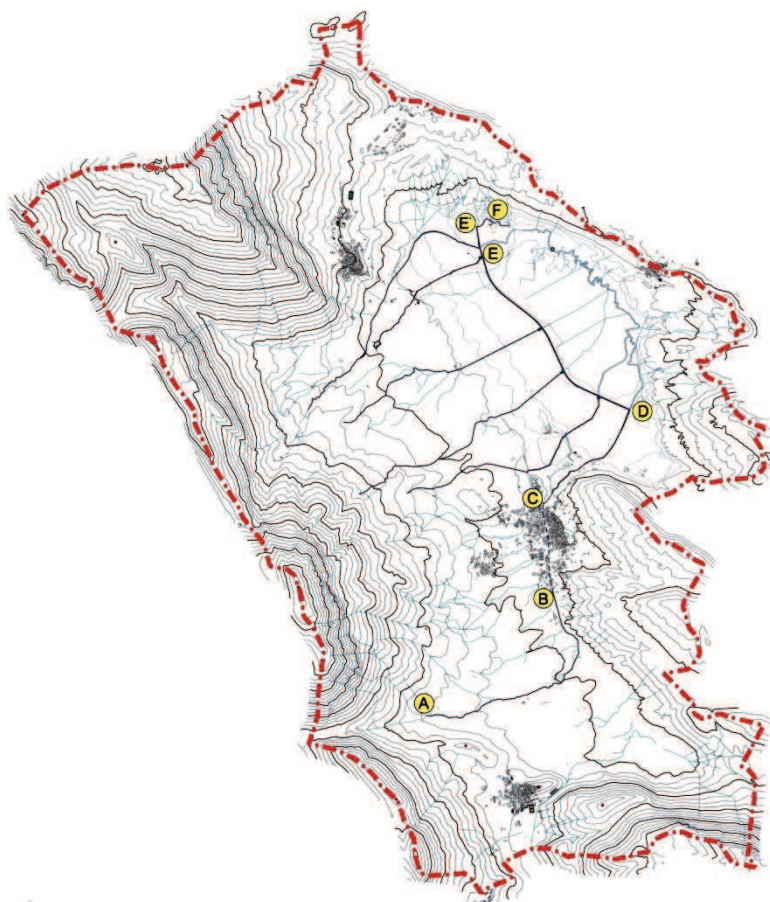
l'altitudine media del bacino:  $H_m = 1441,90 \text{ m s.m.}$  e l'altezza media del bacino alla quota degli inghiottitoi:  $H_0 = 1441,90 - 1254 = 187,90 \text{ m}$



Sul reticolo idrografico naturale, abbastanza complesso, sono stati realizzati negli anni sessanta un *canale di bonifica* che solca trasversalmente l'Altopiano ed alcuni canali secondari con la funzione di *scoline* (Figura 14). Non avendo trovato traccia del progetto nei Comuni di Rocca di Mezzo e Rocca di Cambio, si è ritenuto opportuno eseguire dei sopralluoghi a seguito dei quali è stato possibile rilevare i cambiamenti prodotti dal canale di bonifica sui deflussi della piana.



**Figura 14. La piana di Rocca di Mezzo nella cartografia IGMI del 1954 e 1990**



**Figura 15. Attuale rete idrografica della piana di Rocca di Mezzo**

Dallo stralcio della Carta Tecnica Regionale, in formato digitale in scala 1:1000, è stata localizzata l'asta principale suddivisa in sei tratti :

**Tabella XIII**

Rio Gamberale	$L_i$ [m]	quote	$\Delta q$ [m]	$i_i$ [m/m]
- tratto A - B	3.129	1344,0	65,5	0,0209
- tratto B-C	1.142	1278,5	5,5	0,0048
- tratto C-D	1.664	1273,0	13,0	0,0078
- tratto D-E	2.859	1260,0	2,0	0,0007
- tratto E-E'	265	1258,0	1,0	0,0038
- tratto E'-F	410	1257,0	4,5	0,0110
		1253,5		

$\Sigma$  9.469

Il Canale inizia sul punto D, dove interrompe il corso del Rio Gamberale, e termina al punto E dove intercetta il Rio Caporitorto (Figure 15,16, 17 e 18), rendendoli non più defluenti verso Pozzo Caldaio che resta alimentato solo da pochi fossi di limitata lunghezza che dallo spartiacque di Terranera defluiscono verso la piana .

Successivamente il canale prosegue in un alveo naturale che termina nella zona degli inghiottitoi (Figura 19 – punto F) di cui si dirà in seguito.



**Figura 16. Sezioni D e E**

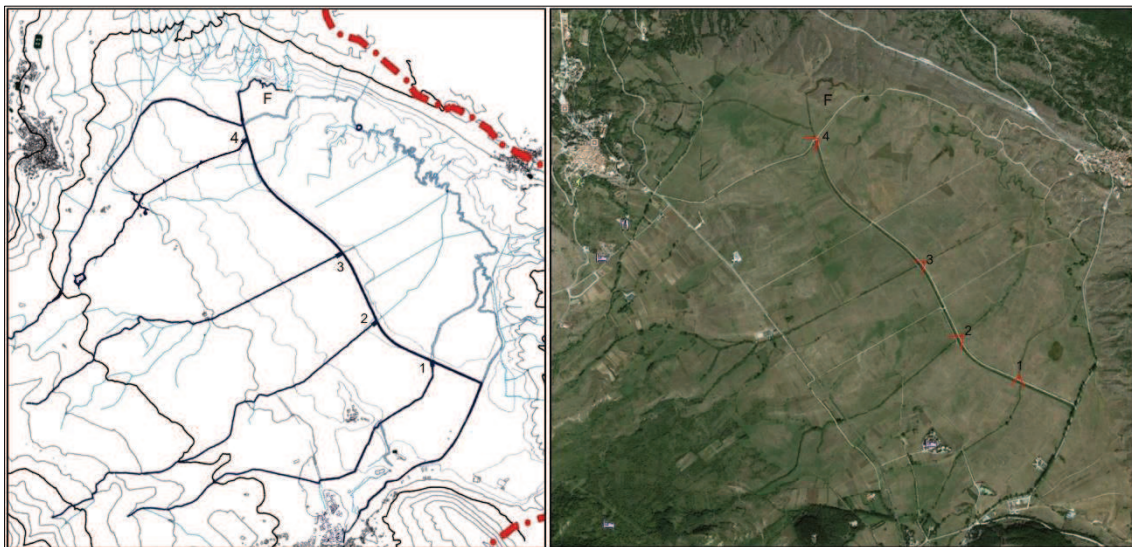


**Figura 17. Il canale D – E**

**Figura 18. Il Rio Gamberale a valle della sez. D**

Il canale intercetta 4 fossi : 1. Fosso del Scettro, 2. Fosso dell'Olmo, 3. Rio S. Antonio, 4. Anonimo; la parte a valle è regolata con una soglia in calcestruzzo.





**Figura 19 . Sezioni sui tratti di suddivisione dell'asta principale**



**Figura 20. Fosso del Scettro e dell'Olmo**



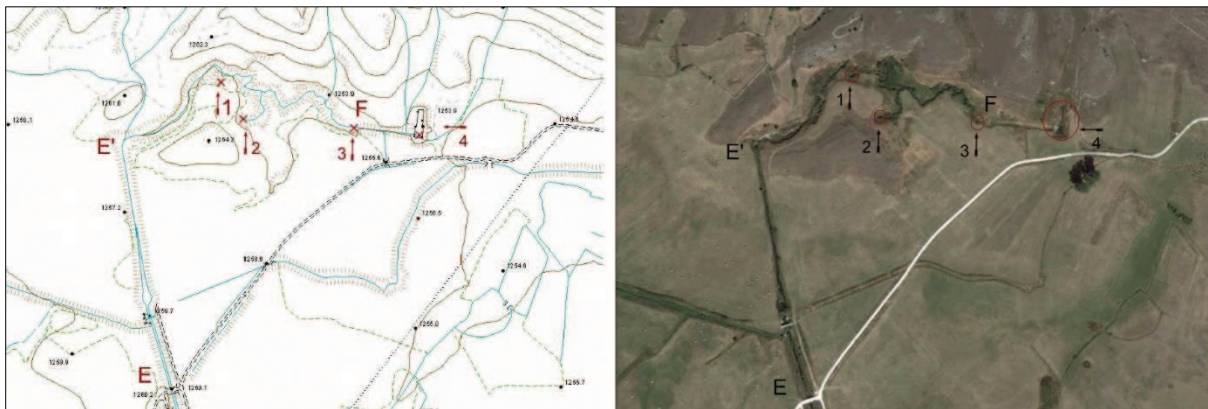
**Figura 21. Rio S. Antonio e fosso anonimo**

Malgrado il periodo non particolarmente piovoso e con modeste precipitazioni nevose non mancano i contributi dei fossi che vanno a sommarsi alla portata defluente dal Rio Gamberale.



## c.2. Campo Saline e gli inghiottitoi

A seguito della costruzione del canale di bonifica, contrariamente a quanto affermato dall'Ing. Perrone, la sorgente di Stiffe è alimentata non più dal Pozzo Caldaio ma da una serie di inghiottitoi minori di cui, nei sopralluoghi effettuati, è stato possibile ubicarne la posizione e di verificarne l'attuale attività.



**Figura 22. Campo Saline: ubicazione inghiottitoi**

Le seguenti Figure illustrano l'attività dei quattro inghiottitoi alla data del sopralluogo del 23 febbraio del 2016. Il primo inghiottitoio, scarsamente drenante, presenta una superficie stagnante.



**Figura 23. Inghiottitoio 1**

A valle di questo l'alveo si biforca: una parte della portata defluisce sulla destra, verso il secondo inghiottitoio, l'altra prosegue verso il successivo inghiottitoio 3.



**Figura 24. Inghiottitoio 2**





**Figura 25. Inghiottitoio 3**

L'inghiottitoio 3 è in linea sul corso dell'alveo; quando il tirante aumenta viene impegnato il tratto di alveo che termina nell'inghiottitoio 4 che, nel periodo di osservazione, è risultato non impegnato.



**Figura 26. Inghiottitoio 4**

### **c.3. portata correlata all'altezza media annuale di precipitazione**

In letteratura è ricorrente l'uso di formule che correlano le portate di un corso d'acqua al regime pluviometrico del bacino tributario. A seconda delle reali esigenze di precisione dei risultati e della disponibilità di dati, il fenomeno della **trasformazione afflussi-deflussi** si schematizza con minore o maggiore completezza e precisione a seconda di come vengono esplicitate le caratteristiche morfometriche, geologiche e pedologiche del bacino.

Una relazione di stima molto semplice che correla la portata di deflusso  $Q$  con  $\bar{h}$ , altezza media annuale di precipitazione, è espressa dalla formula di Iskowki

$$Q = \lambda \cdot m \cdot \bar{h} \cdot S_t$$

$\lambda$  ed  $m$  sono coefficienti determinanti nel processo di ruscellamento e riconducibili ad un unico coefficiente di proporzionalità corrispondente al più consueto coefficiente di deflusso  $\psi$ , stimato con la seguente relazione di stima<sup>9</sup>

$$\psi = 0,315 \left( \frac{S_{imp}}{S_t} \right)^{0,393}$$

una volta note:  $S_t$  superficie del bacino ed  $S_{imp}$  superficie della parte impermeabile.

Per un rapporto tra  $S_{imp}$  ed  $S_t$  (vedi Tabella I – pag. 6)  $\left( \frac{S_{imp}}{S_t} \right) = 0,46 \rightarrow \psi = 0,232$

Per l'inquadramento pluviometrico del territorio dell'Altipiano delle Rocche si è fatto riferimento ai dati registrati presso la stazione di Rocca di Mezzo dov'è situato il pluviografo-nivometro-termografo

<sup>9</sup> Regione Abruzzo – Piano Stralcio Difesa Alluvioni

registratore con memorizzazione elettronica, posto alla quota di 1329 m s.l.m; questo equipaggiamento ha sostituito il precedente, in funzione dal 1935 a lettura diretta.

Nella seguente Tabella XIV sono riportati i valori delle altezze medie mensili e le medie annue di precipitazione rilevate con continuità dal 1936 al 2002.

**Tabella XIV**  
**altezze annue di precipitazione**

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SETT	OTT	NOV	DIC	anno
1936	148,0	216,4	85,1	111,0	68,2	111,2	11,0	45,0	104,0	119,8	81,4	23,2	1124,3
1937	80,3	184,9	231,6	98,6	51,2	39,0	64,6	123,8	141,2	159,8	121,4	280,1	1576,5
1938	72,2	36,8	1,8	59,2	169,2	74,8	10,8	49,8	87,0	108,4	80,6	139,3	889,9
1939	51,2	44,3	84,8	35,2	164,8	102,0	2,6	35,4	187,8	158,8	82,8	48,3	998,0
1940	175,0	141,5	30,0	73,8	83,8	113,4	32,2	17,2	55,8	215,0	150,0	71,5	1159,2
1941	244,5	241,1	61,7	161,0	142,6	53,8	5,4	20,4	90,2	161,0	168,2	27,0	1376,9
1942	89,1	80,9	70,4	41,0	46,4	83,0	52,9	60,6	80,5	37,4	76,1	84,9	803,2
1943	78,5	46,8	82,3	45,2	126,8	17,5	18,0	1,8	130,3	123,5	214,3	98,4	983,4
1944	78,0	45,0	67,0	46,0	14,0	50,0	40,0	65,0	71,0	179,0	226,0	159,0	1040,0
1945	140,0	82,3	17,6	20,8	37,3	55,2	44,0	17,1	35,2	35,8	111,2	141,9	738,4
1946	85,0	16,8	42,4	38,9	82,4	23,0	50,4	26,6	2,0	189,6	313,9	79,8	950,8
1947	64,2	234,2	81,4	139,0	52,2	28,1	23,4	62,2	28,6	92,4	105,2	206,3	1117,2
1948	158,1	86,7	.	120,1	239,2	56,1	74,2	53,0	44,4	86,6	20,6	12,2	951,2
1949	20,4	53,0	59,2	13,0	109,0	108,2	50,2	34,0	61,0	94,6	383,4	71,2	1057,2
1950	49,8	44,3	9,1	88,2	83,6	38,5	12,8	53,8	73,0	122,2	73,2	111,9	760,4
1951	97,0	131,0	140,0	69,0	78,0	37,0	22,0	26,0	83,0	55,0	155,0	42,0	935,0
1952	70,0	53,0	5,0	54,0	108,0	36,0	81,0	28,0	75,0	84,0	110,0	200,0	904,0
1953	116,0	94,0	.	66,0	32,0	122,0	15,0	69,0	23,0	131,0	46,0	48,0	762,0
1954	34,0	35,0	63,0	72,0	94,0	45,0	45,0	14,0	17,0	23,0	99,0	59,0	600,0
1955	64,0	128,0	144,0	54,0	38,0	27,0	23,0	40,0	92,0	138,0	109,0	87,0	944,0
1956	31,0	127,0	49,0	118,0	35,0	53,0	12,0	2,0	14,0	60,0	120,0	16,0	637,0
1957	50,0	55,0	41,0	58,0	85,0	9,0	30,0	15,0	44,0	88,0	65,0	117,0	657,0
1958	37,0	60,0	148,0	122,0	52,0	67,0	27,0	5,0	62,0	39,0	202,0	209,0	1030,0
1959	50,0	7,0	51,0	81,0	60,0	61,0	6,0	88,0	52,0	149,0	135,0	242,0	982,0
1960	27,0	152,0	134,0	107,0	49,0	60,0	30,0	2,0	64,0	154,0	141,0	228,0	1148,0
1961	130,0	34,0	47,0	73,0	57,0	47,0	42,0	25,0	12,0	171,0	175,0	67,0	880,0
1962	99,0	87,0	176,0	75,0	40,0	8,0	38,0	22,0	105,0	79,0	253,0	183,0	1165,0
1963	253,0	114,0	52,0	59,0	67,0	11,0	99,0	16,0	41,0	95,0	100,0	202,0	1109,0
1964	9,0	38,0	102,0	30,0	44,0	49,0	19,0	75,0	12,0	265,0	95,0	133,0	871,0
1965	50,0	54,0	126,0	72,0	86,0	34,0	.	70,0	247,0	2,0	163,0	102,0	1006,0
1966	117,0	80,0	67,0	133,0	81,0	36,0	38,0	23,0	40,0	186,0	174,0	105,0	1080,0
1967	59,0	30,0	48,0	85,0	46,0	79,0	35,0	31,0	31,0	1,0	157,0	178,0	780,0
1968	77,0	63,0	18,0	21,0	51,0	79,0	30,0	72,0	70,0	18,0	108,0	231,0	838,0
1969	78,0	208,0	171,0	56,0	49,0	77,0	57,0	51,0	83,0	11,0	238,0	113,0	1192,0
1970	136,0	104,0	70,0	67,0	102,0	38,0	28,0	58,0	48,0	52,0	88,0	154,0	945,0
1971	125,0	81,0	74,0	101,0	37,0	58,0	98,0	1,0	131,0	6,0	299,0	42,0	1053,0
1972	119,0	78,0	30,0	70,0	102,0	16,0	86,0	76,0	115,0	79,0	75,0	56,0	902,0
1973	171,0	110,0	81,0	117,0	11,0	29,0	39,0	46,0	63,0	65,0	45,0	177,0	954,0
1974	60,5	110,2	35,0	142,7	43,2	21,8	17,0	22,4	186,7	172,7	127,6	23,8	963,6
1975	9,6	13,6	58,8	60,4	108,6	59,0	17,0	91,6	27,0	126,8	276,0	173,4	1021,8
1976	35,6	123,0	67,0	113,2	56,6	137,6	91,2	67,0	54,0	129,0	187,0	270,2	1331,4
1977	113,9	117,6	74,0	48,3	56,6	81,2	10,0	157,6	109,0	24,0	95,4	115,5	1003,1
1978	259,0	122,4	105,4	226,2	137,2	64,8	11,2	39,0	39,2	152,4	37,8	226,0	1420,6
1979	164,0	103,0	154,2	94,6	14,0	84,2	38,8	53,8	62,2	139,8	217,8	124,2	1250,6
1980	96,0	34,4	76,0	46,8	154,8	46,4	15,0	23,6	3,4	183,2	349,0	77,0	1105,6
1981	125,2	114,8	31,6	69,4	41,6	77,4	35,2	9,6	69,0	91,8	20,4	213,2	899,2
1982	12,9	48,0	105,8	48,2	67,6	62,4	55,8	32,4	13,6	147,2	92,4	191,3	877,6
1983	34,9	128,3	105,9	60,7	51,2	85,2	22,4	84,8	28,2	39,6	44,6	148,5	834,3
1984	86,8	128,6	103,0	62,5	130,5	57,1	5,0	17,8	73,9	134,0	141,0	76,0	1016,2
1985	73,5	22,4	118,4	34,4	105,2	26,6	41,2	32,6	21,0	97,6	274,0	47,8	894,7
1986	90,2	179,0	97,2	102,8	53,4	200,8	109,0	27,8	41,6	51,6	108,8	37,6	1099,8
1987	137,2	79,0	31,6	26,2	74,4	65,4	28,0	27,0	88,2	103,0	237,2	103,4	1000,6
1988	103,2	47,2	96,4	80,8	55,4	71,4	9,4	50,4	35,0	23,4	82,0	122,8	777,4
1989	9,8	91,8	108,2	110,8	49,6	92,8	74,8	18,2	140,6	82,0	173,2	35,6	987,4
1990	13,0	16,0	37,4	89,4	69,2	18,0	36,0	31,4	13,4	147,0	220,2	293,4	984,4
1991	52,2	79,4	53,0	107,2	118,4	75,8	59,0	56,8	37,6	178,8	315,8	49,4	1183,4
1992	38,0	4,8	116,2	206,2	50,6	78,0	19,2	12,8	49,4	213,4	128,2	206,4	1123,2
1994	135,6	124,2	8,0	118,8	65,6	78,6	35,2	33,2	59,8	67,4	65,6	58,0	850,0
1996	98,4	105,0	50,0	97,4	117,4	30,2	51,8	56,8	152,0	154,6	274,6	237,2	1425,4
1997	80,2	45,6	36,2	121,2	88,4	30,0	69,0	18,2	54,0	106,6	295,2	90,6	1035,2
1998	37,4	104,8	86,2	130,0	119,2	47,6	11,2	52,4	136,6	125,2	109,4	130,8	1090,8
1999	123,2	115,0	180,2	135,2	79,0	81,6	54,0	29,2	57,4	98,2	219,2	246,2	1418,4
2000	37,0	74,8	119,8	83,8	103,6	10,8	28,2	7,6	50,8	133,4	186,6	152,8	989,2
2001	109,6	76,4	76,2	149,6	69,8	19,4	16,6	38,0	54,4	9,4	162,0	108,6	890,0
2002	65,6	55,6	28,2	80,2	108,8	61,0	70,4	66,8	64,6	84,6	96,4	115,8	898,0
	altezza media [mm]												1004,2

La media dei valori con passo 5 anni evidenzia un andamento ciclico dei valori massimi e minimi nell'intorno del valore medio di circa 1000 mm.



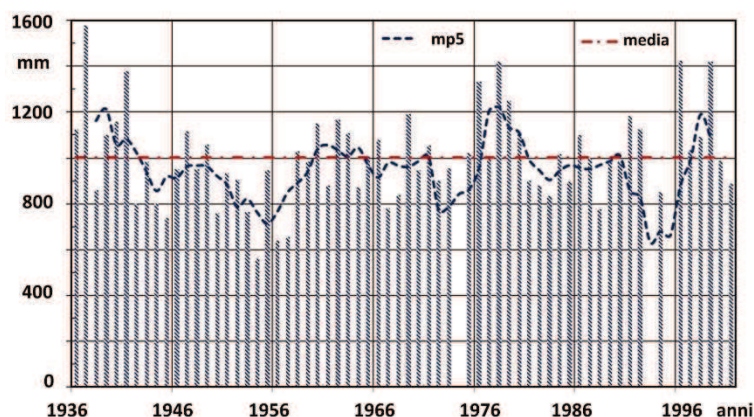


Figura 27. Altezze medie annue di precipitazione al pluviografo di Rocca di Mezzo

L'efflusso efficace, dovuto al ruscellamento superficiale sul bacino St, si riduce a circa 233 mm con un afflusso all'inghiottitoio di circa 12,267 milioni di m<sup>3</sup> pari ad una

$$\text{portata media di circa } Q_{\text{ing}} = 0,389 \text{ m}^3/\text{s} \quad [8]$$

#### c.4. Afflussi, ritenzione superficiale e deflusso nella rete idrografica

Tra i vari modelli analitici di trasformazione afflussi-deflussi, tralasciando quelli per i quali sono necessarie maggiori informazioni (quantitative) per la taratura del modello difficilmente quantizzabili per il caso in oggetto, è stato scelto il metodo del **Curve Number del Soil Conservation Service**, ampiamente utilizzato per stimare, con valori abbastanza verosimili, la portata di un bacino idrologico di piccole e medie dimensioni (alcune decine di km<sup>2</sup>). La formulazione del modello si basa sulla capacità di ritenzione del terreno  $S_p$  definita dalla seguente relazione empirica proposta dal S.C.S

$$S_p = \frac{25400}{CN} - 254 \quad [9]$$

dove CN è un parametro dipendente sia alle caratteristiche geologiche del bacino, della sua copertura vegetale ed uso del suolo ed infine legato alle condizioni di umidità del terreno.

##### Stima del Curve Number

Poiché lo stato iniziale di imbibizione del terreno influenza notevolmente la capacità di ritenzione e, conseguentemente, lo scorrimento superficiale, l'appropriato valore CN dovrà essere preso in corrispondenza di una Condizione media di umidità del terreno **AMC II - Antecedent Moisture Condition** (situazione antecedente l'evento) ovviamente compresa tra un *Potenziale di scorrimento superficiale minimo* AMC\_I ed un *Potenziale di scorrimento superficiale massimo* AMC-III.

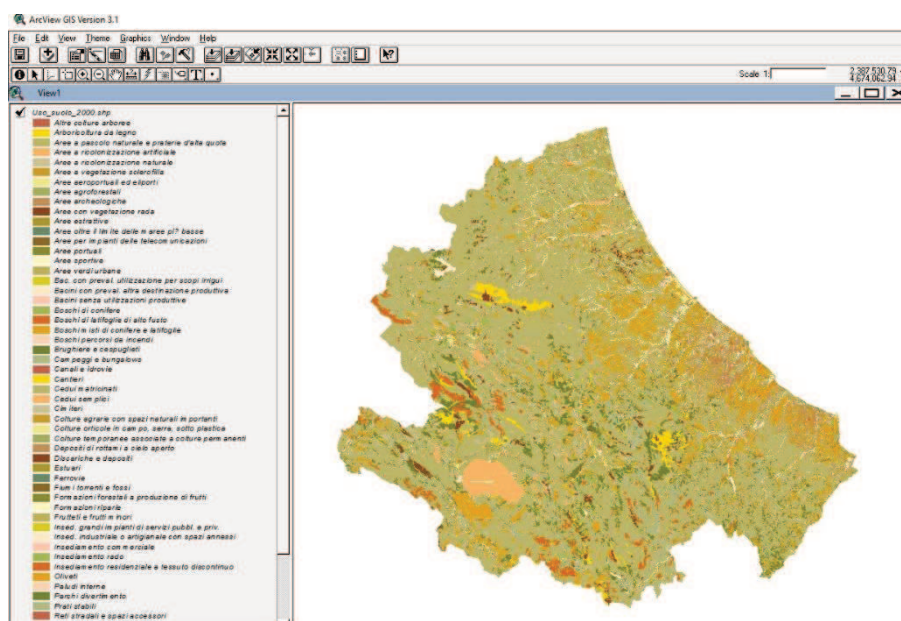
Preliminarmente, secondo la procedura del SCS, si suddivide il suolo in Gruppi o classi di permeabilità in funzione dalla *potenzialità di deflusso*:

Tabella XV

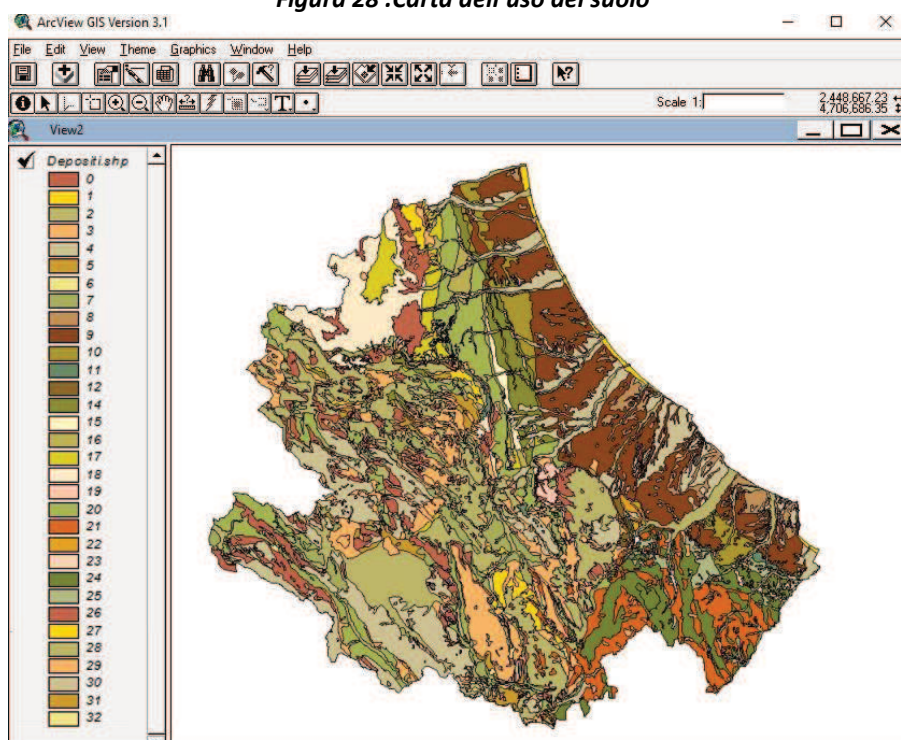
I numeri al disotto delle lettere indicano i valori min. e max. dell'infiltrazione espressa in mm

Gruppo	Descrizione
<b>A</b> 8 - 11	<b>Potenzialità di deflusso scarsa</b> Forti spessori di sabbia con scarissimo limo ed argilla, forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili
<b>B</b> 4 - 8	<b>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa</b> Strati sabbiosi meno spessi del gruppo A, terriccio marnoso sottile. Alta capacità di infiltrazione
<b>C</b> 1,5 - 4	<b>Potenzialità di deflusso moderatamente alta</b> Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla, poveri di contenuti organici. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
<b>D</b> 0 - 1,5	<b>Potenzialità di deflusso molto alta</b> Comprende la maggior parte di argille con capacità di rigonfiamento, strati sottili pressoché impermeabili in prossimità della superficie

Di seguito viene illustrato un approccio sistematico<sup>10</sup> che consente la stima del parametro CN utilizzando il software GIS ArcView. Le informazioni necessarie sulla copertura vegetale e sulla natura geo-litologica sono state desunte, per aree omogenee all'interno del bacino di interesse, dalle Carte dell'Uso del Suolo e Geolitologica, della Regione Abruzzo, disponibili in formato shape.



**Figura 28 .Carta dell'uso del suolo**



**Figura 29 . Carta Geolitologica**

Lo shapefile dei sottobacini idrografici, nel file .dbf, comprende i seguenti attributi:

- ⊕ numero identificativo del poligono (sottobacino);
- ⊕ perimetro del poligono;
- ⊕ area del poligono.

La carta dell'Uso del suolo, nel file .dbf, comprende fra gli altri, i seguenti attributi:

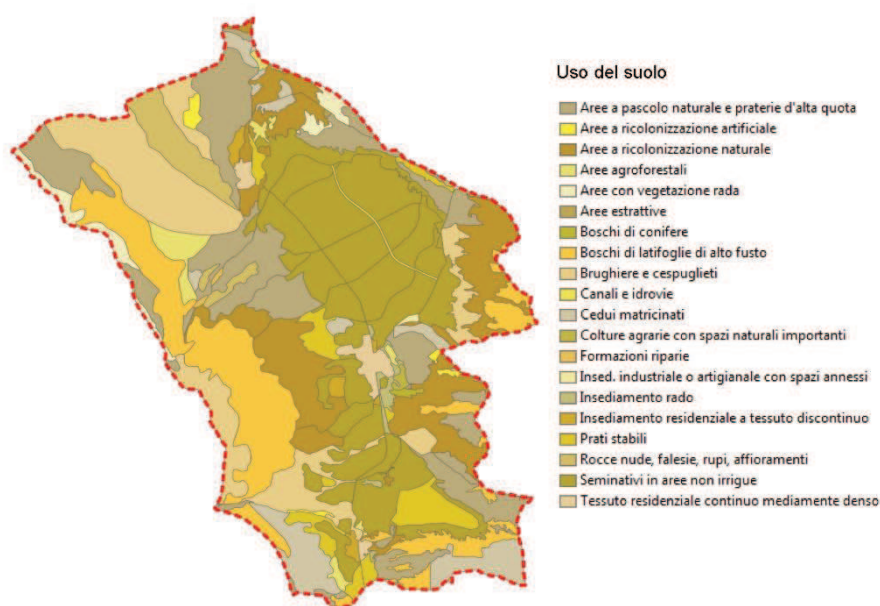
<sup>10</sup> M.Leopardi. *Manuale di Idrologia e di Idraulica per la Difesa dell'Ambiente dalle inondazioni*. Grafiche Martintype -2007

- ⊕ codice dell'uso del suolo;
- ⊕ descrizione poligoni (ad esempio: *Seminativi in aree non irrigue*);
- ⊕ area dei poligoni;
- ⊕ perimetro dei poligoni.

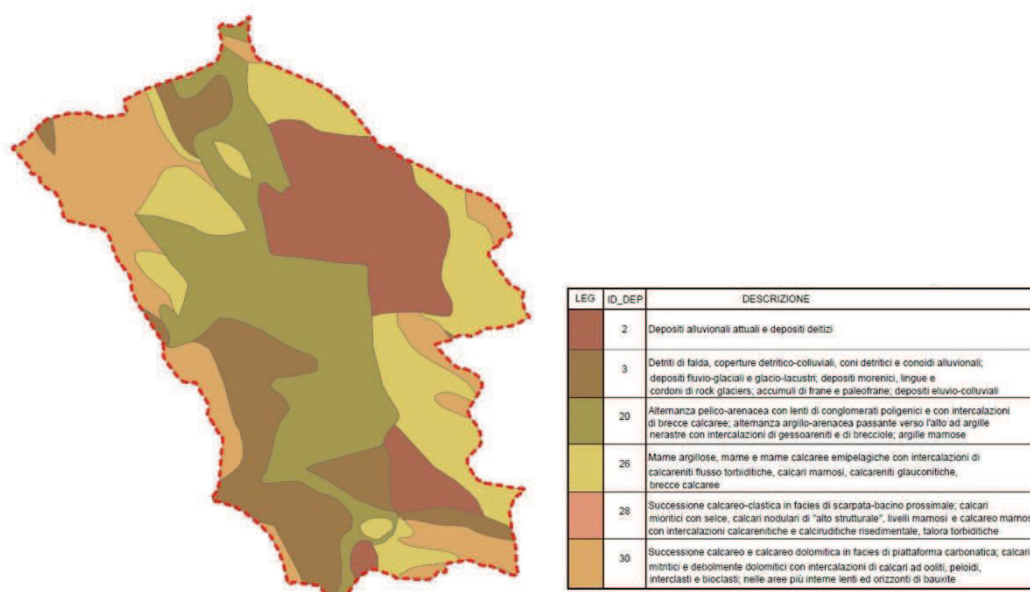
Analogamente la *Carta Geolitologica*, ha i seguenti attributi:

- ⊕ codice identificativo del poligono (deposito litologico);
- ⊕ codice identificativo della litologia;
- ⊕ area del poligono.

Sovrapponendo il perimetro territoriale del bacino d'interesse sulle due carte lo strumento *Geoprocessing Wizard* ne ritaglia i contorni (*Clip one theme based on another*) sul tema dell'uso del suolo e dei depositi litologici. Si creando così due nuovi shapefiles, Figure 30 e 31, ai quali per ogni tematismo, viene associato un database dove ogni singola superficie è associata ad un **ID\_DEP** ed una **DESCR\_DEP**. Ovviamente, gli attributi dei database delle due carte tematiche, inseriti nei file .dbf rimangono invariati con i temi originari ritagliati lungo il contorno prefissato.



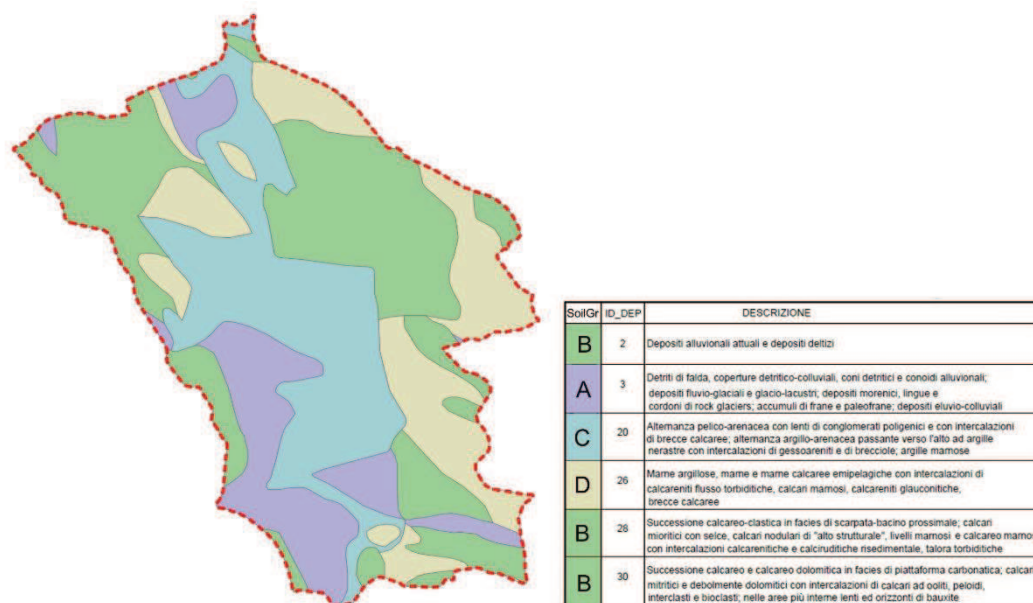
**Figura 30 . Carta dell'uso del suolo del Bacino idrografico del Rio Gamberale**



**Figura 31. Carta geolitologica del Bacino idrografico del Rio Gamberale**



Le singole unità geologiche ricadenti all'interno del bacino vengono, successivamente, correlate, secondo le indicazioni SCS, ad un Tipo di suolo: A,B,C e D in funzione dalla *possibilità di infiltrazione* Figura 32.



**Figura 32 . Individuazione dei Gruppi di Suoli secondo SCS**

Eseguendo l'intersezione tra i gruppi di suoli e le informazioni relative all'uso del suolo , si crea un terzo tematismo con un associato database (.dbf) avente come entità geometriche dei poligoni caratterizzati da un'unica litologia collegata ad uno specifico uso del suolo.

Aperto il database con il programma Excel (Tabella XVI) ogni poligono viene individuato con un ID\_DEP, secondo la classificazione della Carta Litologica, una DESCR\_POL, derivante dall'uso del suolo, misurato (superficie in m<sup>2</sup>) ed, infine, la CLASSE. Attraverso varie Tabelle, reperibili dalla vasta letteratura in oggetto (ad esempio la Tabella XV), vengono scelti gli appropriati valori del CN per la condizione media AMC II (*terreni mediamente umidi*) da introdurre nella [8]

**Tabella XVI <sup>11</sup>**

Cover type		hydrologic soil group			
	Hydrologic condition	A	B	C	D
Pasture, grassland, forage for grazing. Pascolo, prateria, foraggio per pascolo <i>Poor:</i> < 50% ground cover or heavily grazed molto pascolato <i>Fair:</i> 50 to 75% ground cover and not heavily grazed. <i>Good:</i> > 75% ground cover and lightly or only occasionally grazed.	Poor Fair Good	68 49 39	79 69 61	86 79 74	89 84 80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay. prato continuo con erba protetta dal pascolo, produzione di fieno	—	30	58	71	78
Brush, brush-weed-grass mixture arbusti, arbusti misti a graminacee <i>Poor:</i> < 50% ground cover. <i>Fair:</i> 50 to 75% ground cover. <i>Good:</i> > 75% ground cover.	Poor Fair Good	48 35 30	67 56 48	77 70 65	83 77 73
Woods—grass combination (orchard or tree farm). bosco misto ad erba, frutteto, agriturismo	Poor Fair Good	57 43 32	73 65 58	82 76 72	86 82 79
Woods. <i>Poor:</i> sottobosco, piccoli alberi, cespugli distrutti dal pascolo o bruciati <i>Fair:</i> bosco misto a pascolo non bruciato ma, coperto di sottobosco <i>Good:</i> bosco protetto dal pascolo con terreno coperto equamente da cespugli e sottobosco	Poor Fair Good	45 36 30	66 60 55	77 73 70	83 79 77

<sup>11</sup> Iowa Stormwater Management Manual - Versione 3 ottobre 2009

Tabella XVII

DESCR_POL	ID_DEP	AREA A <sub>i</sub>	CLASSE	CN <sub>i</sub>	CN <sub>i</sub> *A <sub>i</sub>
Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	2	862.543,9	B	61	52.615.175,03
	3	741.189,9	A	39	28.906.406,96
	20	3.217.789,4	C	74	238.116.418,12
	26	2.682.141,7	D	80	214.571.339,68
	28	43.329,0	B	61	2.643.066,44
	30	1.473.947,3	B	61	89.910.784,39
Aree a ricolonizzazione naturale	2	95.724,0	B	61	5.839.161,80
	3	796.162,4	A	39	31.050.333,60
	20	2.299.756,5	C	74	170.181.981,00
	26	3.122.119,5	D	80	249.769.560,00
	30	687.751,6	B	61	41.952.847,60
Aree agroforestali	2	1.329,9	B	65	86.443,88
	3	95.299,8	A	43	4.097.892,30
	20	578.282,4	C	76	43.949.465,97
	26	145.031,6	D	82	11.892.592,02
	28	1.522,2	B	65	98.943,85
	30	33.843,3	B	65	2.199.815,54
Aree con vegetazione rada	2	45.499,4	B	58	2.638.965,37
	3	52.977,5	A	30	1.589.324,46
	20	545,4	C	71	38.726,74
	26	265.608,3	D	78	20.717.443,97
	30	585.643,7	B	58	33.967.336,63
Aree estrattive	26	11.642,7	D	88	1.024.556,28
Boschi di conifere	26	63.081,9	D	77	4.857.303,22
Boschi di latifoglie di alto fusto	2	4.895,8	B	55	269.266,75
	3	2.612.314,2	A	25	65.307.855,80
	20	933.090,3	C	70	65.316.318,13
	26	1.504.703,3	D	77	115.862.156,72
	28	44.176,0	B	55	2.429.679,34
	30	2.040.558,5	B	55	112.230.715,85
Brughiere e cespuglieti	2	185.367,1	B	58	10.751.292,38
	3	1.055.593,3	A	30	31.667.799,33
	20	900.643,7	C	71	63.945.703,98
	26	1.807.428,1	D	78	140.979.391,10
	30	2.799.255,8	B	58	162.356.834,20
Canali e idrovie	2	103.689,7	B	100	10.368.969,80
Cedui matricinati	3	948.892,2	A	39	37.006.796,00
	20	215.811,9	C	70	15.106.830,27
	26	398.971,0	D	77	30.720.766,92
	30	1.062.814,0	B	61	64.831.656,01
Colture agrarie con spazi naturali importanti	26	74.744,8	D	85	6.353.310,72
Formazioni riparie	20	48.648,6	C	75	3.648.646,88
Insed. industriale o artigianale con spazi annessi	2	10.472,9	B	85	890.196,59
	26	5.400,3	D	90	486.031,05
	30	22.248,3	B	85	1.891.109,58
Insediamento rado	2	15.024,0	B	68	1.021.628,67
	3	29.123,5	A	51	1.485.297,63
	20	144.705,5	C	79	11.431.737,42
	26	115.068,9	D	84	9.665.784,41
	30	2.239,3	B	68	152.273,28
Insediamento residenziale a tessuto discontinuo	2	3.960,3	B	70	277.220,44
	3	22.813,7	A	54	1.231.940,50
	20	259.210,4	C	80	20.736.833,20
	26	105.559,6	D	85	8.972.567,19
Prati stabili	2	771.754,7	B	58	44.761.774,05
	3	483.591,1	A	30	14.507.733,51
	20	621.178,9	C	71	44.103.701,69
	26	75.722,6	D	78	5.906.365,92
Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	3	117.916,4	A	72	8.489.980,30
	20	425.043,6	C	87	36.978.790,07
	26	370.980,2	D	90	33.388.219,98
	30	562.507,0	B	81	45.563.069,67
Seminativi in aree non irrigue	2	7.360.717,7	B	74	544.693.110,91
	3	1.315.667,6	A	63	82.887.058,04
	20	3.669.795,4	C	82	300.923.221,32
	26	356.517,1	D	85	30.303.950,10
	28	35.200,1	B	74	2.604.804,88
	30	72.087,4	B	74	5.334.468,56
Tessuto residenziale continuo mediamente denso	2	17.865,5	B	72	1.286.317,94
	20	429.961,2	C	81	34.826.857,93
	26	277.691,2	D	86	23.881.439,50
	28	5.045,0	B	72	363.236,98
Σ area poligoni A <sub>i</sub>		52.349.431,1	ΣCN <sub>i</sub> *A <sub>i</sub>		3.510.916.596,34
				CN	67

Infine, calcolato il CN medio ponderale pari a  $\frac{\sum CN_i \cdot A_i}{\sum A_i} \cong 67$ , si determina la capacità potenziale d'infiltrazione del terreno

$$S_p = \frac{25400}{67} - 254 = 125,1 \text{ mm}$$

Il modello del SCS definisce l'altezza di precipitazione,  $I_a$  (*Initial abstraction*) per la quale non si ha deflusso superficiale

$$I_a = 0,2 \cdot S_p = 0,2 \cdot 125,1 = 25 \text{ mm}$$

Questo valore, sensibilmente elevato, trova conferma nella modesta "aliquota di assorbimento al suolo dell'altopiano e dalle fratture dell'ammasso roccioso affiorante" che ha comportato, spesso, impaludamento ed allagamento della piana conseguenti agli apporti idrici ai quali si contrapponevano periodiche bonifiche per favorire il drenaggio e gli ingressi all'inghiottitoio.

### c.5. Stima dell'altezza della pioggia efficace

Finché l'afflusso pluviometrico  $P$  [mm] (rappresentato dalla legge di pioggia  $P = h = a \cdot t^n$  con assegnato tempo di ritorno  $T_r$ ) non raggiunge il valore minimo  $I_a$ , il deflusso specifico  $Q_p$  [mm] resta uguale a zero.

$$Q_p = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad [\text{mm}]$$

Per  $P > I_a$  la portata è espressa dalla relazione di stima:  $Q = \frac{Q_p \cdot S_t}{t_c} \cdot \frac{1000}{3600} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$  [9]

con  $S_t$  area del bacino in  $\text{km}^2$  e  $t_c$  tempo di corrivazione in ore.

### c.6. Determinazione del tempo di corrivazione

Non è né agevole né univoca!

In questa prospettiva un indirizzo semplice, e non senza fondamento, è quello di considerare il ritardo pari al tempo di ruscellamento  $t_r$  della particella d'acqua lungo il versante fino alla linea di compluvio sommato al tempo di percorrenza o di vettoriamento  $t_v$  di ogni singolo tratto delle rete idrografica:

$$t_c = t_r + t_v$$

I risultati ottenuti spesso molto discordanti, confermano sia l'elevata incertezza nella stima di  $t_r$  e sia che l'andamento dei deflussi nel corso d'acqua dipende dalla capacità di invaso degli alvei costituenti la rete idrografica.

Trascurando il contributo del ruscellamento  $t_r$ , il tempo di corrivazione all'interno di ogni asta fluviale, di lunghezza  $L_i$  [m] percorso in condizioni di moto uniforme con velocità medie  $V_i$  [m/s] può essere espresso:

$$t_c = \sum_i \frac{L_i}{V_i} \cdot \frac{1}{3600} \quad [\text{ore}]$$

Secondo alcuni ricercatori, utilizzando valori della velocità  $V_i$  di moto uniforme si ottengono valori sottostimati della portata, ritenendo più attendibili valori pari a  $1,5 V_i$

$$t_c = \sum_i \frac{L_i}{1,5 \cdot V_i} \cdot \frac{1}{3600} \quad [\text{ore}]$$

Nel primo sopralluogo sono state rilevate sezioni trasversali (Figura 33) su ogni tratta dell'asta principale, successivamente utilizzate nei successivi sopralluoghi per misure speditive, con galleggiante, di velocità della corrente in superficie, i cui valori sono uguali a circa all'80 % della velocità media  $V_m$ .





**Figura 33 . Sezioni sui tratti di suddivisione dell'asta principale**

Nella seguente tabella sono riassunti, per ogni tratto, i valori medi delle velocità in superficie rilevate nei sopralluoghi ed i correlati valori del tempo di corrivazione.

**Tabella XVIII**

Rio Gamberale	L <sub>i</sub> [m]	V [m/s]	Li/1,5Vi
- tratto A - B	3.129	3,0	6258,0
- tratto B-C	1.142	2,5	1903,3
- tratto C-D	1.664	2,0	2218,7
- tratto D-E	2.859	0,2	381,2
- tratto E-E'	265	0,5	88,3
- tratto E'-F	410	2,0	546,7
			Σ 11396,2

V [m/s]	Li/1,5Vi	
3,5	7301,0	
3,0	2284,0	
2,5	2773,3	
0,2	381,2	
0,7	123,7	
2,5	683,3	
		Σ 13546,5

**tc= 3,17**

**tc= 3,76**

Questi valori sono confrontati con quelli dedotti da formule ricorrenti in letteratura che hanno fornito, tra tutte, dati sufficientemente simili :

$$\text{Giandotti : } t_c = \frac{4\sqrt{S_t} + 1,5L}{0,8 \cdot \sqrt{H_0}} = \mathbf{3,93 \text{ ore}} \quad \text{con } S_t = 52,63 \text{ [km}^2\text{]} \quad L = 9,402 \text{ [km]} \quad H_0 = 187,9 \text{ [m]}$$

$$\text{Kirpich : } t_c = 0,000325 \cdot \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0,77} = \mathbf{3,49 \text{ ore}} \quad L = 9.402 \text{ [m]}$$

$$\sqrt{i_a} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_i}{\frac{l_1}{\sqrt{i_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{i_2}} + \dots + \frac{l_i}{\sqrt{i_i}}} = \mathbf{0,0546} \quad \text{determinato con l'espressione di Fornari dove}$$

$l_1, l_2, \dots, l_i$  ed  $i_1, i_2, \dots, i_i$  sono rispettivamente lunghezze e pendenze dei vari tronchi dell'asta principale

Si rileva una sensibile concordanza tra i dati che ha portato a considerare un tempo di corrivazione:

$$\mathbf{t_c = 3,8 \text{ ore}}$$

### **c.7. Stima delle leggi di pioggia e delle correlate portate**

Tra i vari metodi statistico-probabilistici per l'analisi di campioni di altezze di pioggia massime annuali il più noto è quello di Gumbel (1958) che lega la legge di crescita della variabile casuale  $h$  con il tempo di ritorno  $Tr$  secondo l'espressione statistica :

$$h(Tr) = \bar{h} + F \cdot \sigma(h) \quad [a]$$

essendo :  $h(Tr)$  altezza di pioggia eguagliata o non superata ogni  $Tr$  (anni)

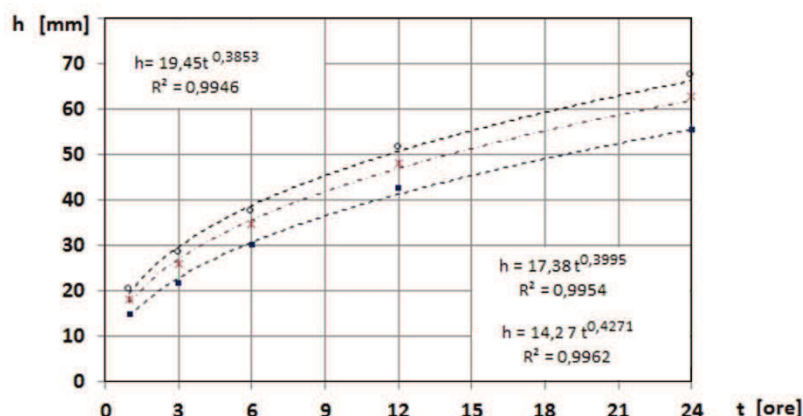
$\bar{h}$  il valore medio del campione dei valori delle altezze di precipitazione, di un'assegnata durata, misurate alla stazione di Rocca di Mezzo dal 1935 a 2002 (Tabella XVII)

F fattore di frequenza o fattore di crescita, funzione del tempo di ritorno  $T_r$

$\sigma(h)$  è la stima dello scarto quadratico medio del campione

**Tabella XIX**

Rocca di Mezzo					
	ore				
anno	1	3	6	12	24
1936	23,80	26,40	33,60	45,80	74,00
1938	28,40	40,80	40,80	42,20	60,50
1941	8,00	15,80	20,00	35,80	60,80
1942	13,60	22,80	32,40	33,60	39,40
1950	5,20	12,00	17,00	23,40	37,00
1951	15,20	17,80	22,00	40,80	49,20
1952	30,40	33,00	33,00	38,00	72,60
1953	17,00	17,00	22,00	39,00	43,20
1954	7,00	18,20	22,00	30,20	36,60
1955	16,40	18,40	23,00	37,60	41,40
1958	17,00	21,60	32,60	52,80	76,60
1959	19,40	23,20	35,40	51,40	72,60
1961	13,60	22,00	39,60	66,20	90,00
1962	26,20	27,40	27,40	33,60	52,00
1966	24,20	27,60	34,20	43,60	51,40
1967	17,40	20,80	32,00	34,60	45,00
1969	17,00	20,80	34,40	52,20	74,40
1970	15,00	25,40	27,00	38,20	43,60
1971	19,20	20,00	30,00	49,60	59,60
1975	17,40	29,20	38,40	64,60	93,60
1976	19,00	24,40	28,00	50,20	59,20
1977	17,20	30,20	40,60	58,20	62,60
1979	13,80	29,60	43,60	64,00	86,60
1980	15,00	25,00	40,00	57,80	88,40
1981	13,60	25,00	40,00	45,60	57,00
1982	12,60	20,20	27,80	47,00	66,00
1983	11,40	23,60	30,20	35,80	37,80
1985	18,40	32,40	60,00	67,20	67,20
1986	27,60	33,00	36,00	47,60	65,40
1987	52,00	60,40	62,80	64,20	110,00
1988	14,80	24,60	38,00	49,00	54,80
1989	15,80	23,20	36,80	53,80	79,20
1990	15,00	32,60	59,80	95,80	129,80
1991	14,20	27,00	43,80	69,40	82,20
1992	12,60	24,00	38,20	71,80	87,80
1996	15,40	28,20	35,20	50,00	62,40
1997	31,00	42,60	44,40	45,00	73,00
1998	46,20	74,80	82,80	83,20	87,40
1999	28,00	34,40	50,00	70,20	73,80
2000	24,20	27,00	31,60	46,60	57,60
2001	19,00	25,00	35,00	56,20	57,80
2002	31,40	35,20	36,80	36,80	52,00



Per accertare la validità dell'adattamento della legge di Gumbel al campione dei dati pluviometrici sono stati utilizzati i seguenti test statistici non parametrici, basati sull'analisi delle frequenze:

tests del  $\chi^2$  di Pizzetti-Pearson e di Kolmogorov-Smirnov ( $K-S$ ); le fasce Fiduciarie.

**Nell'Appendice sono riportate, le elaborazioni numeriche delle leggi di pioggia, espresse in forma tabellare, le funzioni di distribuzione ed i risultati conseguiti.**

Sostituendo i valori noti nella [9] si ottengono portate correlate a piogge di progetto per assegnati tempi di ritorno che, nel caso di portate con sensibile probabilità, vengono assunti da **1,5 ÷ 2,5 anni**.

**Tabella XX**

Sezione di chiusura:		Inghiottitoio C			
Coordinate:		$t_c$	A	CN	S
lat:	42° 14' 23"	ore	Km <sup>2</sup>		mm
log:	13° 30' 36"	3,80	52,15	67,00	125,10
					25,02
$T_r$	a1	n1	P	$Q_p$	$Q_T$
anni			mm	mm	m <sup>3</sup> /s
1,5	14,72	0,427	26,0	0,008	0,031
2	17,38	0,400	29,6	0,163	0,624
2,5	19,45	0,385	32,5	0,425	1,623

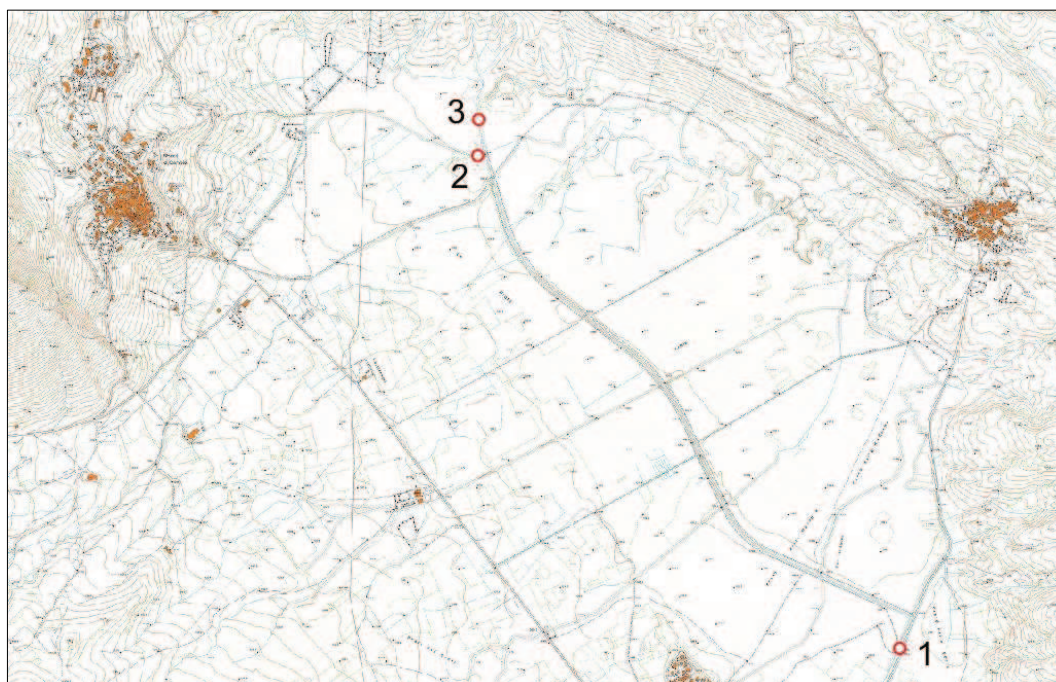
**E' bene sottolineare che il tempo di ritorno non è il numero di anni che separa due eventi di intensità eguale o superiore a quella assegnata ovvero attendere tr anni affinché l'evento si ripeta (con**

*certezza). Questo non è vero. Infatti, la probabilità rimane sempre a 1/tr in ciascun anno, indipendentemente dal verificarsi di un simile evento nell'anno precedente o in anni recenti.*

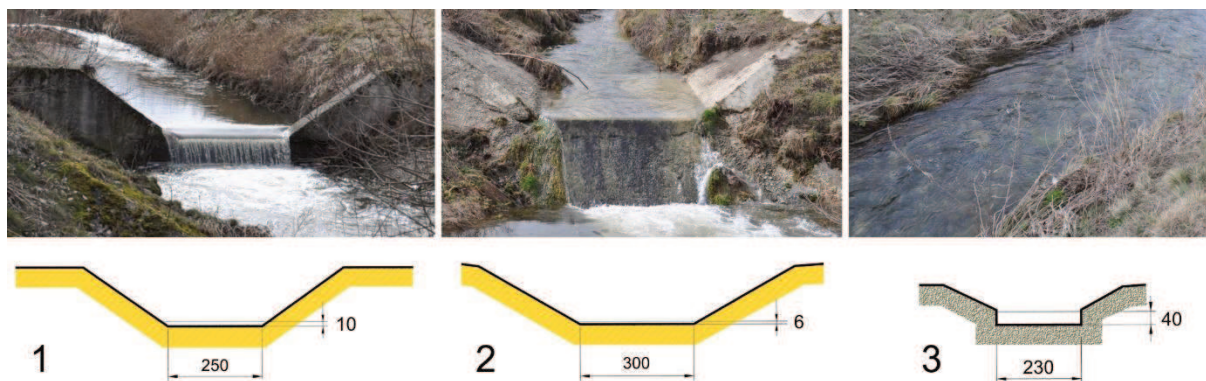
*Alla luce di quanto sopra, tenuto conto delle varie approssimazioni, una portata media sufficientemente rappresentativa potrebbe attestarsi a circa 0,400 m<sup>3</sup>/s che dovrebbe comportare alla sorgente di Stiffe un valore di circa 0,550 m<sup>3</sup>/s, che confermerebbe il valore desunto dalle misurazioni dirette.*

#### **c.8. Portata stimata con le misure acquisite nei sopralluoghi**

Durante i sopralluoghi del 23 febbraio, 15 marzo e 6 aprile è stata effettuata una stima, seppur approssimata, delle portate defluenti nelle sezioni 1,2 e 3, rispettivamente sul Rio Gamberale e Rio Caporitorto a monte della confluenza nel canale e sul tratto rettilineo di questo, a monte del tratto sinuoso prima della zona degli inghiottitoi.



**Figura 34 . Ubicazione delle sezioni di misura**



**Figura 35. Sezioni di misura**

La sezione 1 è stata presa sulla briglia; questa è assimilabile ad uno stramazzo in parete grossa con valore della portata

$$Q = 0,385 \cdot l \cdot h \sqrt{2g \cdot h}$$

con h altezza della lama d'acqua *fuori chiamata* pari a circa 1,5 l'altezza letta sulla gaveta di lunghezza l= 2,50 m , pertanto, la portata stimata per il Rio Gamberale è stata di circa 250, 290 e 144 l/s.



Anche la sezione 2 è assimilabile ad uno stramazzo in parete grossa; la vena effluente aderisce sulla soglia, larga 3 metri. Le portate del Rio Caporitorto risultano circa 138, 156 e 82 l/s.

Infine la sezione 3 è stata rilevata lungo un tratto pressoché rettilineo lungo circa 120 m sul quale sono stati misurati valori di tiranti idrici correlati a valori delle velocità in superficie e da queste le velocità medie; le portate stimate sono state rispettivamente : 440, 490 e 250 l/s

Nella seguente Tabella sono riassunti i valori delle portate stimate e la media dei valori letti allo stramazzo presso la grotta per un periodo di 5 giorni a cavallo della data del sopralluogo e riportati in Allegato.

	portata stimata l/s			portata misurata l/s
soprallugo	Sez.1	Sez.2	Sez.3	grotta di Stiffe
23 febbraio	250	138	440	639
15 marzo	290	156	490	724
6 aprile	144	82	250	335

**In conclusione si può ragionevolmente affermare che, in accordo con quanto riportato al punto a.2, agli inghiottitoi perviene una portata complessiva pari al 60 -70 % delle portate misurate alla sorgente di Stiffe.**

## D. Energia producibile – Curve di durata

L'energia producibile nell'anno medio è la quantità di kWh che gli apporti naturali permettono di produrre nella condizione che tutti gli apporti naturali vengano impiegati e tutta l'energia prodotta venga utilizzata. La potenza dell'impianto dipende, come noto, da due fattori: salto disponibile e portata. Il primo dipende da condizioni topografiche ed è invariabile mentre il secondo è sensibilmente instabile tra i valori estremi.

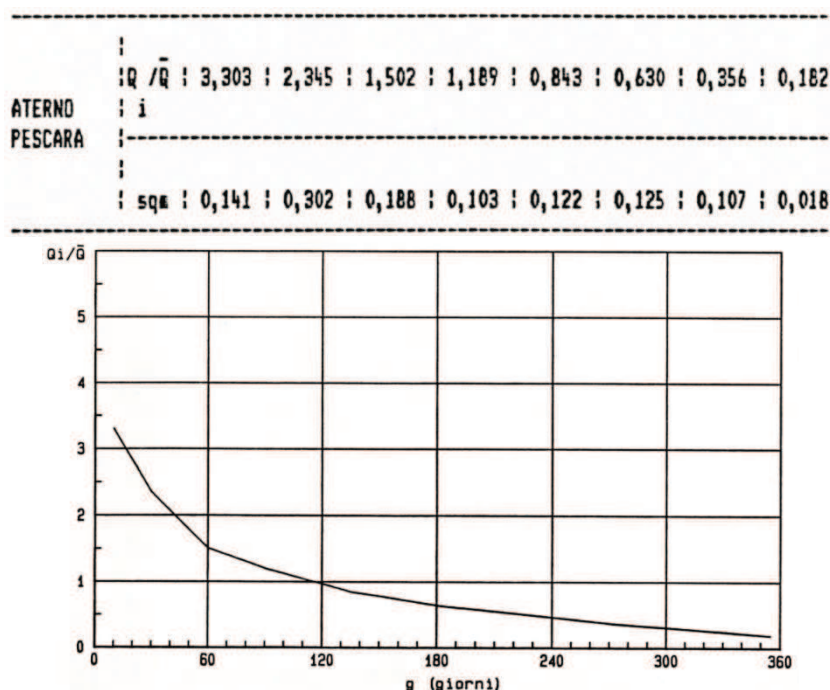
Per rappresentare il *valore industriale* di un corso d'acqua è consuetudine riprodurre le portate in funzione della durata dei suoi deflussi nell'arco dell'anno. Ordinando i valori delle portate in senso decrescente vengono definite le *curve di durata*.

### d.1. 1987 - Convenzione stipulata tra l'ENEL e l'Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche dell'Università di L'Aquila

Procedendo in analogia a quanto riportato al paragrafo a.3 è stato condotto uno studio preliminare mirato alla regionalizzazione della informazione idrologica puntuale disponibile al fine di conseguire elementi utili per la ricostruzione attendibile delle curve di durata.

La procedura è consistita nel

- considerate le sezioni dei corsi d'acqua con stazioni di misura delle portate e rilevare dagli Annali Idrologici i valori caratteristici delle stesse per prefissate durate;
  - successivamente sono stati resi adimensionali i dati di portata rapportandoli al valore della portata media caratteristica di ciascuna sezione;
  - per ciascun bacino idrologico e per ciascun sottobacino caratterizzati da omogeneità idrologica, sono stati determinati i valori medi e gli scarti quadratici medi dei valori dei rapporti di cui al punto b.
- Per il bacino del Fiume Aterno-Pescara i risultati conseguiti sono riportati nella seguente Figura 36



**Figura 36. Curve di durata adimensionalizzata del bacino dell' Aterno Pescara**

mentre nella Figura 37, i dati e la curva delle durate del Rio di Stiffe.

CURVA DI DURATA DI RIFERIMENTO		ATERNO - PESCARA						
DURATA :	10	30	60	91	135	182	274	355
Q	0,661	0,469	0,300	0,238	0,169	0,126	0,071	0,036

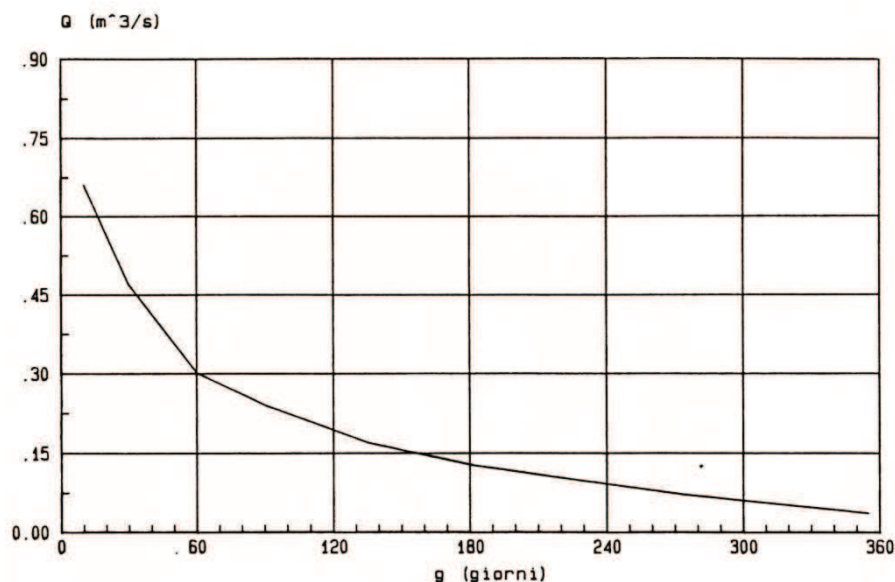


Figura 37. Curve di durata del Rio di Stiffe

#### d.2. 1992 - Programma ENEL- VALOREN

La considerata omogeneità idrologica del fiume Aterno delimitato tra le stazioni idrometriche con sezione di misura della portata di Treponti e di Molina, stazioni entro le quali ricade la sorgente di Stiffe, consente l'agevole determinazione della curva di durata a carattere territoriale. A tal fine sono stati elaborati i dati di portata di differente durata di ciascuna stazione, quali riportati sugli Annali Idrologici editi dal Ministero dei Lavori Pubblici, adimensionalizzati con riferimento al valore medio della portata media annuale. I risultati conseguiti sono riportati nella Tab. n. 2.2/1.

Tabella n. 2.2/1								
Regionalizzazione delle curve di durata del fiume Aterno								
a monte di Molina								
Stazione	Durata (giorni)							
	10	30	60	91	135	182	274	355
Treponti	5,11	2,72	1,76	1,22	0,80	0,46	0,16	0,05
L' Aquila	4,48	2,06	1,29	1,00	0,75	0,56	0,34	0,19
Molina	3,42	2,17	1,50	1,23	0,96	0,71	0,38	0,16
Media	4,34	2,32	1,52	1,15	0,84	0,58	0,29	0,13
s.q.m.	0,85	0,35	0,23	0,13	0,11	0,12	0,12	0,07

Attendibilmente, dati i riscontrati bassi valori denunciati dalle stime degli scarti quadratici medi (s.q.m.), la media aritmetica dei valori  $Q/Q_{med}$  di differente durata può assumersi quale dato caratteristico della curva adimensionale di durata regionale.

Trasferendo i risultati conseguiti alla sorgente di Stiffe, risulta agevole determinare la curva di durata delle portate della medesima. I risultati conseguiti sono riportati nella Tab. 2.2/2 e nella figura n.2.2./1



Tabella n. 2.2/2									
Durata delle portate della sorgente Stiffe									
Durata (gg)	1	10	30	60	91	135	182	274	355
Portata (l/s)	2094	1085	580	380	288	210	145	73	33

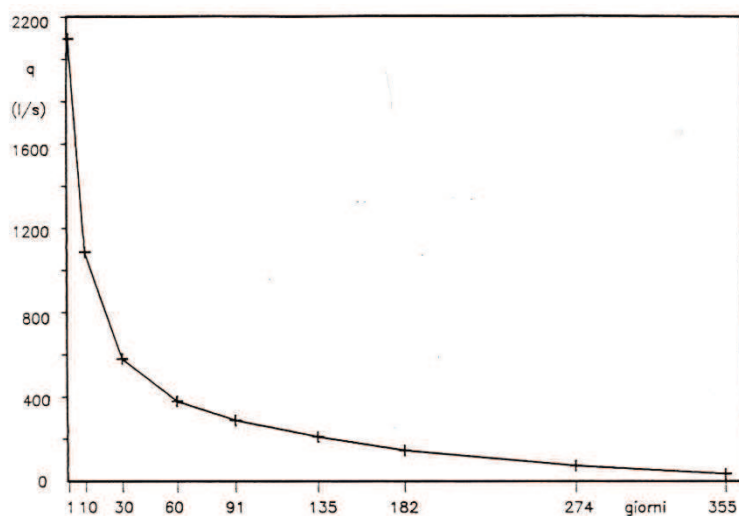


figura n.2.2./1

### d.3. Progetto Hydrowatt per la domanda di Concessione di derivazione per uso idroelettrico – 2014

Nella seguente Figura 38 sono riportate due curve di durata relative a due differenti ipotesi.

#### CURVE DELLA DURATA DELLE PORTATE ALLA SCATURIGINE DI STIFFE

Ipotesi A) valori dedotti dalle misure di portata;

Ipotesi B) valori dedotti dalla regionalizzazione

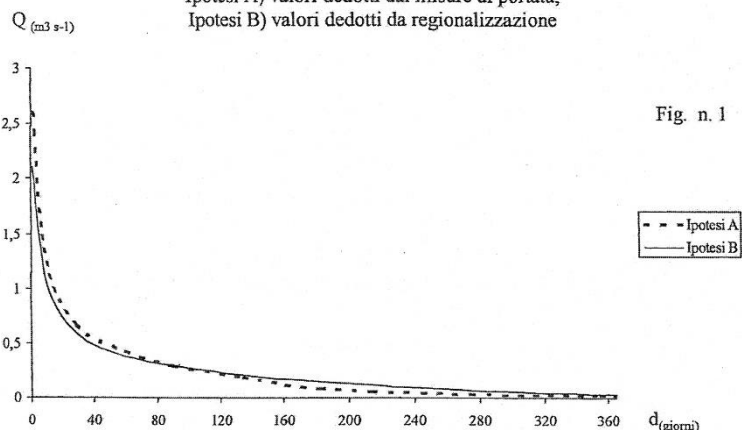


Fig. n. 1

Figura 38.

La B riporta i valori secondo la procedura di cui al punto d.2, a cui è sovrapposta l'ipotesi A i cui valori di durata delle portate sono stati determinate con le portate misurate dal Gruppo Speleologico Aquilano (vedi b.1 – pag.8) adimensionalizzati, in questo caso, con la portata media annua  $Q = 0,274 \text{ m}^3/\text{s}$ . I risultati sono riportati nella seguente Tabella.

#### Dati caratteristici della curva di durata delle portate giornaliere della Sorgente di Stiffe

##### A) Valori dedotti da misure di portata

Durata (gg)	1	10	30	60	91	135	182	274	355	365
Portata ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	2,586 *	1,229	0,659	0,434	0,288	0,189	0,087	0,036	0,028	0,028

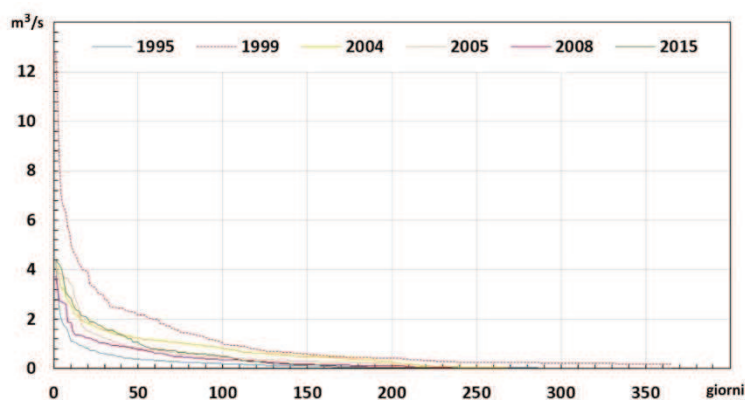
##### B) Valori dedotti da regionalizzazione

Durata (gg)	1	10	30	60	91	135	182	274	355	365
Portata ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	2,109 *	1,070	0,583	0,380	0,290	0,210	0,145	0,073	0,033	0,033

(\*) valori stimati nell'ipotesi di variazione lineare delle portate con la durata nell'intervallo  $d = 1$  giorno e  $d = 10$  giorni

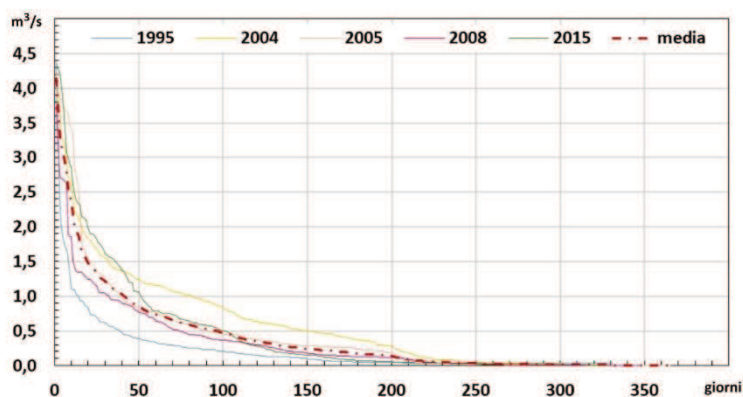
#### **d.4. Curve di durata desunte dalle portate misurate dal 1995 al 2015 nel Rio di Stiffe**

Ordinando in senso decrescente i dati delle portate giornaliere misurate ( vedi Tabelle III, IV, VI, VII, X e XII) vengono tracciate le curve di durata del Rio di Stiffe.



**Figura 39. Curve di durata delle portate anni 1995 ÷ 2015**

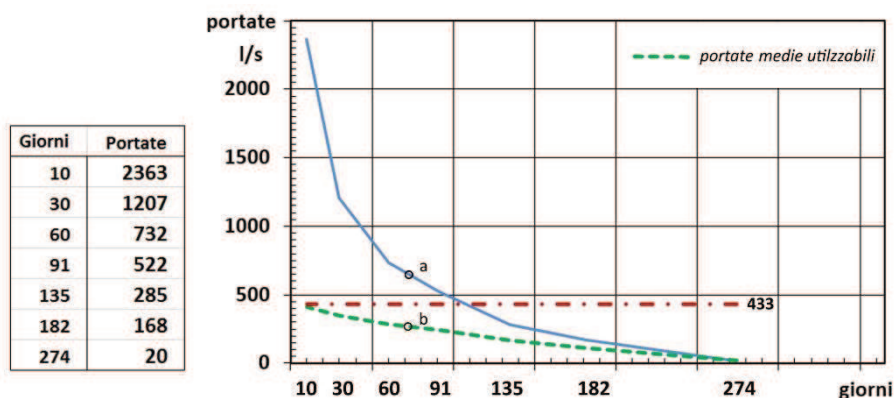
Analogamente a quanto detto al punto b3 – pagine 14 e 15 , escludendo il 1999 come “anno singolare” anche in questo caso può essere definita la “curva di durata dell’anno medio”.



**Figura 40. Curva di durata dell’anno medio**

Sulla base dei risultati vengono individuate le portate caratteristiche con durate:

9 mesi :	Portata di magra ordinaria	20 l/s
6 mesi :	Portata mediana o semipermanente	168 l/s
3 mesi :	Portata di piena ordinaria	522 l/s



**Figura 41. Curva di durata dedotta da misure di portata alla sorgente di Stiffe**

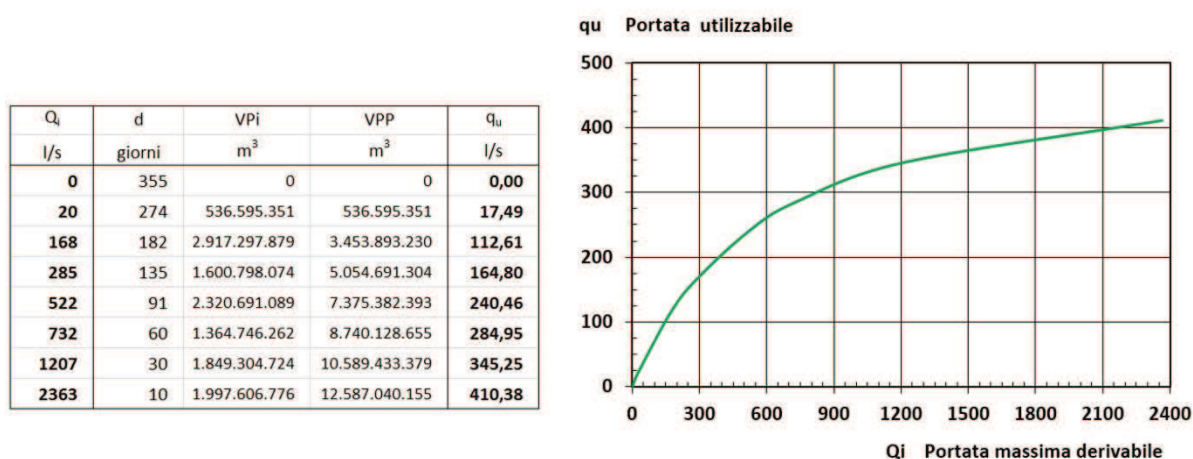
Ad un qualsiasi punto **a**, preso sulla curva di durata, corrisponde un determinato valore **b** a cui coincide una *portata media utilizzabile*. Associando, per le diverse durate, a ciascun valore di portata giornaliera la correlata portata media viene tracciata nella Figura 41 la curva a tratti.

Questa ha origine sull'asse delle ordinate ad una distanza dall'origine, pari alla *portata media disponibile* e termina, ovviamente, sul valore minimo della portata.

Le due curve così tracciate si presentano come elementi caratteristici della situazione idrologica, e della sua utilizzazione per produzione di energia: infatti, le dimensioni dell'opera di utilizzazione, e quindi la spesa occorrente per la costruzione, dipendono soprattutto dal valore della portata massima che essa è in grado di utilizzare.

Mentre il diagramma delle durate delle portate massime utilizzabili può dare un'idea delle spese d'impianto, il diagramma delle portate medie utilizzabili vale a definire i possibili proventi.

Le due curve della Figura 41 si riassumono in quella rappresentata nella Figura 42 ove, come ascisse, sono state riportate le *portate massime derivabili* e come ordinate le corrispondenti *portate utilizzabili*. Questa curva rappresenta la *caratteristica idrologica della utilizzazione* o più semplicemente la *curva di utilizzazione*.



**Figura 42. Curva di utilizzazione**

Associando alle portate derivabili i costi dell'impianto ed alle portate utilizzabili i correlati ricavi si evince che questi ultimi si incrementano in modo notevolmente inferiore rispetto ai primi.

Benché sia consuetudine fissare il limite di convenienza economica in corrispondenza del ginocchio della curva, con una portata utilizzabile  $Q_i = 0,250 \div 0,300 \text{ m}^3/\text{s}$ , questa dovrà essere determinata dal Committente con riferimento a considerazioni economiche.

Infatti la portata ottimale di riferimento per il dimensionamento dell'impianto idroelettrico ad acqua fluente, sia con riferimento alle opere di trasporto e sia con riferimento al macchinario, è quella che rende minima la somma di due funzioni di costo, **il costo incrementale dell'impianto** ed **il costo incrementale dell'energia perduta** per mancata derivazione.

La curva idrologica di utilizzazione ricostruita con riferimento ai dati di portata misurati alla sorgente di Stiffe, consente di associare a ciascun valore della portata massima derivabile la correlata portata media e, quindi, derivare il valore dell'energia perduta.



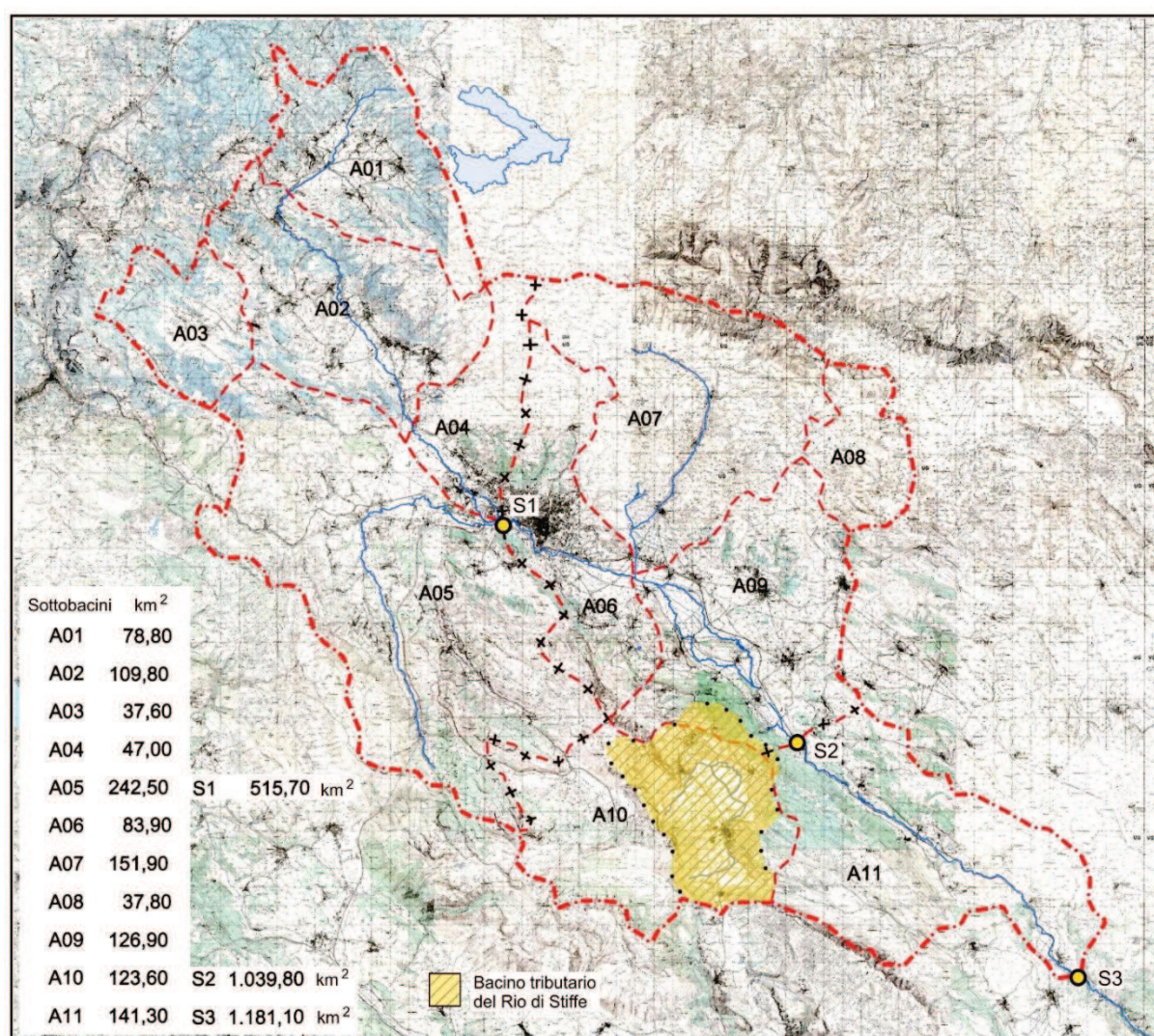
## 6. Stima del valore del DMV nella sezione non strumentata del Rio la Foce

Le metodologie di definizione del DMV possono essere suddivise in due tipologie:

- *Metodi speditivi regionalizzati*, che utilizzano parametri idrologici sintetici;
- *Metodi sperimentali*, che mirano a determinare la relazione tra la portata e la qualità dell'habitat e che, generalmente, si riferiscono ai valori ottimali di tali parametri per una prefissata specie di riferimento.

La scelta dell'uno o dell'altro metodo è legata essenzialmente alla scala di applicazione ed ai dati disponibili. Nel caso del Rio la Foce per la determinazione del DMV è stato utilizzato, tra i *Metodi speditivi regionalizzati*, il  $Q_{7,10}$  basato sulla minima portata media di 7 giorni (media mobile) con tempo di ritorno 10 anni

Nella Figura 43 è riportato il corso dell'Aterno, con i principali affluenti e relativi bacini, fino alla stazione idrometrografica **S3** di Molina; è riprodotta anche la chiusura del bacino alla stazione **S1** di L'Aquila.



**Figura 43. Bacino idrografico del Fiume Aterno alla Stazione di Molina**

Per queste due stazioni sono disponibili i valori delle portate medie giornaliere nel periodo 1951 – 1976 (in realtà per la stazione di Molina il campione è maggiore).

Determinati i valori della  $Q_{7,10}$ , in queste due sezioni sono stati, successivamente, utilizzati per la stima della  $Q_{7,10}$  nella sezione di confluenza del Rio la Foce nell'Aterno.

Nell'elaborazione si è valutata quale magra annuale del corso d'acqua, il valore minimo della media mobile delle portate medie giornaliere  $Q_7$ , calcolata per finestra temporale pari a 7 giorni, il cui campione, di dimensione  $N = 22$  per la Stazione di L'Aquila ed  $N = 24$  per la stazione di Molina, è riportato nella Tabella XXI.

Tabella XXI

Stazione di L'Aquila				Stazione di Molina			
anni	$Q_{med}$	$Q_{365}$	$Q_7$	anni	$Q_{med}$	$Q_{365}$	$Q_7$
1951	4,13	1,00	1,043	1951	4,84	1,32	1,42
1952	4,23	0,75	0,844	1952	3,85	0,96	0,98
1953	2,81	0,79	0,819	1953	3,46	1,61	1,64
1954	1,91	0,83	0,870	1954	3,29	1,22	1,24
1955	2,61	0,50	0,790	1955	2,87	0,60	0,60
1956	3,15	0,78	0,883	1956	4,35	1,36	1,36
1957	2,60	0,70	0,740	1957	3,8	1,47	1,47
1958	3,50	0,80	0,846	1958	4,91	1,36	1,41
1959	4,01	0,75	0,750	1959	5,19	1,69	1,71
1960	8,48	2,80	2,857	1960	10,92	3,26	3,40
1961	3,48	1,50	1,643	1961	5,72	2,56	2,58
1962	4,48	0,90	1,020	1962	6,7	2,56	2,56
1963	8,08	2,02	2,111	1963	10,55	3,65	3,85
1964	4,27	1,20	1,357	1964	5,99	2,20	2,52
1965	4,88	1,90	1,964	1965	6,82	2,50	2,52
1966	4,86	1,35	1,633	1966	5,87	1,99	2,09
1967		-----	-----	1967	3,96	1,58	1,61
1968		-----	-----	1968	3,46	1,46	1,46
1969	4,71	1,45	1,450	1969	5,98	2,24	2,27
1970	5,18	1,66	1,753	1970	6,74	1,50	1,60
1971	4,30	0,48	1,016	1971	4,33	1,54	1,58
1972	2,89	0,99	1,123	1972	3,83	1,61	1,61
1973	1,91	0,63	0,630	1973	4,21	1,63	1,69
1974	1,69	0,67	0,693	1974	3,1	1,24	1,28
1975	1,46	0,59	0,590	1975	2,3	1,32	1,40
1976	2,85	0,44	0,470	1976	3,31	0,39	0,42

Per completezza, si ritiene utile illustrare, seppure sinteticamente, il metodo di calcolo usato per la determinazione della  $Q_{7-10}$

1. per ogni stazione il campione delle  $Q_7$ , ordinati in senso decrescente è stata applicata la statistica di Gumbel con variabile casuale trasformata. Trattando della casualità del minimo valore osservato secondo la statistica **EVI** di *Gumbel* con variabile casuale trasformata, la probabilità di non superamento è data dalla relazione di stima:

$$P(x) = e^{-e^{a(\ln x + x_0)}}$$

La correlata *funzione densità di probabilità*  $f(x)$  della variabile casuale  $x$  è data dalla relazione:

$$f(x) = a \cdot e^{a(\ln x + x_0)} \cdot e^{-e^{a(\ln x + x_0)}}$$

La determinazione dei due parametri  $a$  ed  $x_0$ , eseguita con il *metodo dei momenti*, porta a relazioni di stima di tipo esplicito di agevole impiego:

$$x_0 = -\overline{\ln x} - m \cdot a^{-1} \quad a^{-1} = n \cdot \sigma_x \quad \text{con } m=0,5772 \quad n=0,7797$$

nelle quali:

$-\overline{\ln x}$ , stima del valore medio del campione della variabile trasformata;

$\sigma_x$ , stima dello scarto quadratico medio del campione della variabile trasformata  $\ln x^{-1}$ .

2. per ogni campione è stato effettuato il test K-S (*Kolmogorov-Smirnov*) con  $T_i$  stimato secondo la formula di Gringorten pari a:

$$T_i = \frac{N + 0,12}{i - 0,44}$$

Le successive Tabelle XXII e XXIII mostrano la procedura su descritta per ogni stazione idrometrica:

nella prima colonna, è riportato il rango dei dati graduati in ordine crescente;

nella seconda colonna, i valori della variabile casuale  $Q_7$ ;

nella terza colonna, i valori  $\ln(1/Q_7)$ ;

nella quarta colonna, i valori della *variabile ridotta di Gumbel*:  $a[\ln(1/Q_7) - x_0]$ ;

nella quinta colonna, i valori del tempo di ritorno  $T_i$  stimato secondo *Gringorten*;

nella sesta colonna, i valori  $F_i$  della probabilità campionaria di non superamento stimati con la relazione  $F_i = 1 - T_i^{-1}$ ;

nella settima colonna, i valori della probabilità di non superamento stimati secondo la **EV1**:

$$P = \exp\left[-e^{a(\ln Q_7 - x_0)}\right];$$

nella ottava colonna, i valori della variabile  $D_{\text{diff}}$  di *Kolmogorov-Smirnov*:  $D_{\text{diff}} = |F_i - P|$ .

Dalla Tabella XIV, in corrispondenza del livello di significatività del 5% per *la dimensione del campione*  $N=24$  e  $N=26$ , interpolando, si ottiene, rispettivamente  $D_0 = 0,275$  e  $0,276$ , valori nettamente superiori ai valori dei  $D_{\text{diff,max}}$  calcolati.

Ne consegue che l'ipotesi di adattamento (*ipotesi nulla*) non è rigettata e, pertanto, si è proceduto nel calcolo della  $Q_{7-10}$ , per tempo di ritorno pari a 10 anni.

**Tabella XXII** Valori teorici di  $D_0$  relativi al test Kolmogorov-Smirnov

N	Livello di significatività per $D_0 = \max  F(x_i) - P(x_i) $			
	0,150	0,100	0,050	0,010
8	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,342	0,368	0,410	0,490
11	0,326	0,352	0,391	0,469
12	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,292	0,314	0,349	0,416
15	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,274	0,295	0,328	0,392
17	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,259	0,278	0,309	0,371
19	0,252	0,272	0,301	0,363
20	0,246	0,264	0,294	0,356
25	0,220	0,240	0,270	0,320
30	0,200	0,220	0,240	0,290
35	0,190	0,210	0,230	0,270
oltre 35	$1,14/\sqrt{N}$	$1,22/\sqrt{N}$	$1,36/\sqrt{N}$	$1,63/\sqrt{N}$



**Tabella XXIII. Valori della  $Q_{7-10}$  nella stazione di L'Aquila**

**Stazione di L'Aquila**

rango	Q	ln (1/Q)	ln(1/Q) - $x_0$	$a^*[\ln(1/Q) - x_0]$	Ti	Fi	P	Diff
1	0,470	0,76	1,01	2,86	41,29	0,98	0,94	0,03
2	0,590	0,53	0,78	2,22	14,82	0,93	0,90	0,04
3	0,630	0,46	0,71	2,03	9,03	0,89	0,88	0,01
4	0,693	0,37	0,62	1,76	6,49	0,85	0,84	0,00
5	0,740	0,30	0,55	1,57	5,07	0,80	0,81	0,01
6	0,750	0,29	0,54	1,53	4,16	0,76	0,81	0,05
7	0,790	0,24	0,49	1,39	3,52	0,72	0,78	0,06
8	0,819	0,20	0,45	1,28	3,06	0,67	0,76	0,09
9	0,844	0,17	0,42	1,20	2,70	0,63	0,74	0,11
10	0,846	0,17	0,42	1,19	2,42	0,59	0,74	0,15
11	0,870	0,14	0,39	1,11	2,19	0,54	0,72	0,18
12	0,883	0,12	0,38	1,07	2,00	0,50	0,71	0,21
13	1,016	-0,02	0,24	0,67	1,84	0,46	0,60	0,14
14	1,020	-0,02	0,23	0,66	1,71	0,41	0,60	0,18
15	1,043	-0,04	0,21	0,59	1,59	0,37	0,58	0,21
16	1,123	-0,12	0,13	0,38	1,49	0,33	0,51	0,18
17	1,357	-0,31	-0,05	-0,16	1,40	0,28	0,31	0,03
18	1,450	-0,37	-0,12	-0,34	1,32	0,24	0,24	0,00
19	1,633	-0,49	-0,24	-0,68	1,25	0,20	0,14	0,06
20	1,643	-0,50	-0,25	-0,70	1,18	0,15	0,13	0,02
21	1,753	-0,56	-0,31	-0,88	1,12	0,11	0,09	0,02
22	1,964	-0,68	-0,42	-1,21	1,07	0,07	0,04	0,03
23	2,111	-0,75	-0,50	-1,41	1,02	0,02	0,02	0,01
24	2,857	-1,05	-0,80	-2,27	0,98	-0,02	0,00	0,02
media		-0,05					max_diff	0,21 ok
$\sigma$		0,45					Do	0,27

n	0,7797	1/a	0,351
m	0,5772	$x_0$	-0,251
Tr	10,00	P	0,10
a	2,85	ln1/x	0,54

$Q_{7,10}$	0,583
------------	-------

**Tabella XXIV . Valori della  $Q_{7-10}$  nella stazione di Molina**

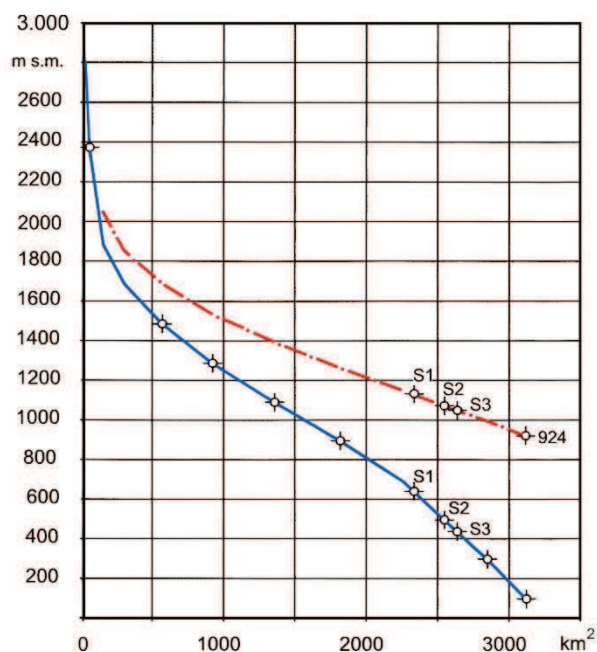
**Stazione di Molina**

rango	Q	ln (1/Q)	ln(1/Q) - $x_0$	$a^*[\ln(1/Q) - x_0]$	Ti	Fi	P	Diff
1	0,42	0,87	1,56	4,23	46,64	0,98	0,99	0,01
2	0,60	0,51	1,20	3,26	16,74	0,94	0,96	0,02
3	0,98	0,02	0,72	1,94	10,20	0,90	0,87	0,04
4	1,24	-0,21	0,48	1,30	7,34	0,86	0,76	0,10
5	1,28	-0,25	0,44	1,20	5,73	0,83	0,74	0,09
6	1,36	-0,31	0,38	1,04	4,70	0,79	0,70	0,08
7	1,40	-0,34	0,36	0,96	3,98	0,75	0,68	0,07
8	1,41	-0,34	0,35	0,95	3,46	0,71	0,68	0,03
9	1,42	-0,35	0,34	0,93	3,05	0,67	0,67	0,00
10	1,46	-0,38	0,31	0,85	2,73	0,63	0,65	0,02
11	1,47	-0,39	0,31	0,83	2,47	0,60	0,65	0,05
12	1,58	-0,46	0,23	0,63	2,26	0,56	0,59	0,03
13	1,60	-0,47	0,22	0,60	2,08	0,52	0,58	0,06
14	1,61	-0,48	0,22	0,59	1,93	0,48	0,57	0,09
15	1,61	-0,48	0,22	0,59	1,79	0,44	0,57	0,13
16	1,64	-0,50	0,20	0,53	1,68	0,40	0,56	0,15
17	1,69	-0,52	0,17	0,46	1,58	0,37	0,53	0,17
18	1,71	-0,54	0,16	0,42	1,49	0,33	0,52	0,19
19	2,09	-0,74	-0,04	-0,12	1,41	0,29	0,32	0,03
20	2,27	-0,82	-0,13	-0,35	1,34	0,25	0,24	0,01
21	2,52	-0,92	-0,23	-0,62	1,27	0,21	0,15	0,06
22	2,52	-0,92	-0,23	-0,63	1,21	0,17	0,15	0,02
23	2,56	-0,94	-0,25	-0,67	1,16	0,14	0,14	0,01
24	2,58	-0,95	-0,26	-0,69	1,11	0,10	0,14	0,04
25	3,40	-1,22	-0,53	-1,44	1,06	0,06	0,01	0,05
26	3,85	-1,35	-0,66	-1,78	1,02	0,02	0,00	0,02
media		-0,48					max_diff	0,19 ok
$\sigma$		0,47					Do	0,27

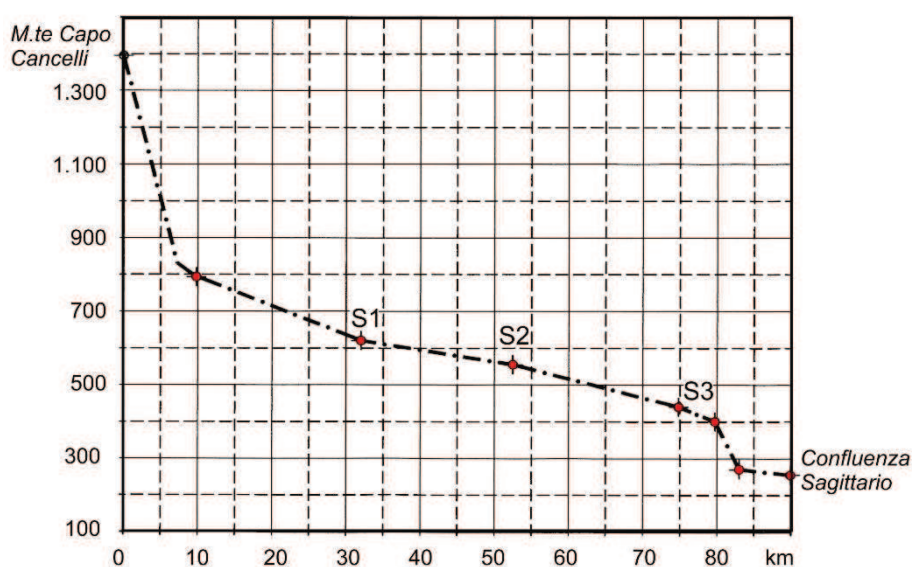
n	0,7797	1/a	0,37
m	0,5772	$x_0$	-0,69
Tr	10,00	P	0,10
a	2,71	ln1/x	0,14

$Q_{7,10}$	0,871
------------	-------

Costruita la curva ipsografica e dell'altitudine media  $H_m$  (Figura 44) ed il profilo longitudinale del F. Aterno (Figura 45) è possibile ritenere costanti le caratteristiche idrauliche tra le sezioni idrometriche dell'Aterno a L'Aquila **S1** ed a Molina **S3** e quindi, verosimilmente, considerare la  $Q_{7-10}$  uniformemente distribuita lungo il percorso.



**Figura 44. Curva ipsografica e dell'altitudine media  $H_m$  del bacino del Fiume Aterno - Pescara**



**Figura 45. Profilo longitudinale del F. Aterno fino alla confluenza con il F. Sagittario**

Pertanto, viene determinato un valore  $Q_{7-10} = 0,722 \text{ m}^3/\text{s}$  nella sezione **S2**, sulla confluenza del Rio di Stiffe nell'Aterno.

La superficie del bacino a monte è di  $1039,8 \text{ km}^2$  con una portata specifica:

$$q_{7-10} = Q_{7-10} / S = 0,0007 \text{ m}^3/\text{km}^2$$

ricordato che la Superficie del bacino idrografico reale stimato  $S' = 30 \text{ km}^2$  si desume una portata

$$Q_{7-10} \cong 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$$

In accordo con il valore della **Portata di magra ordinaria = 20 l/s**

## Considerazioni conclusive

Oggetto del Contratto è dare riscontro a due quesiti:

*la stima del valor medio delle portate utilizzabili, ai fini idroelettrici, della sorgente di Stiffe;*  
*la determinazione del DMV nel Rio la Foce.*

Per quanto attiene il primo è stato, preliminarmente, ricercato quanto già scritto sul tema.

Si è così evidenziato :

- 1. che la sorgente di Stiffe è alimentata in gran parte delle acque di ruscellamento superficiale che si immettono nell'inghiottitoi in località Campo Saline nell'altopiano di Rocca di Mezzo, tra gli abitati di Terranera e Rocca di Cambio (ing. E. Perrone);*
- 2. misure differenziali di portata effettuate all'inghiottitoio ed alla sorgente (circa 200 l/s) hanno evidenziato che circa il 70% dell'alimentazione della sorgente di Stiffe è ascrivibile alle portate immerse negli inghiottitoi. (Cassa per il Mezzogiorno- Progetto Speciale 29 – 1983)*

Successivi studi, nell'ipotesi di omogeneità idro-geo-morfologica di alcuni bacini abruzzesi, hanno ipotizzato una correlazione tra il contributo medio annuale  $q$  in  $l/s\ km^2$  e l'estensione del bacino idrografico  $S$  in  $km^2$

$$q = aS^{-b} \quad [l/s\ km^2]$$

Mentre negli Atti della Stazione Scientifica di Stiffe viene pubblicata un'ipotesi di bilancio idrogeologico confermando che *"le portate di deflusso misurate a Stiffe al netto del deflusso idrico di base, costituiscono il fattore di ruscellamento superficiale del bacino idrografico del Rio Gamberale"*.

Nella successiva Tabella sono riassunti i valori delle portate stimate agli inghiottitoi e le portate "attendibili" del valor medio della portata media annua della Sorgente di Stiffe.

**Tabella XXV**

	A. Studi e progetti	Inghiottitoi	Sorgente di Stiffe
		portate stimate	portate attendibili
1987	Convenzione ENEL ed Università di L'Aquila	0,526 m <sup>3</sup> /s	0,200 m <sup>3</sup> /s
1992	Programma ENEL - VALOREN	0,300 m <sup>3</sup> /s	0,250 m <sup>3</sup> /s
1995	Atti della Stazione Scientifica di Stiffe	0,385 m <sup>3</sup> /s	
2014	Hydrowatt per la domanda di Concessione	0,300 m <sup>3</sup> /s	0,250 m <sup>3</sup> /s

Dai valori si osserva che le portate attendibili alla sorgente sono inferiori a quelle stimate agli inghiottitoi, al contrario di quanto affermato al precedente punto 2. Questo sicuramente per motivi prudenziali sul valore da assumere nella seguente fase di progettazione dell'impianto.

Chiuso il Capitolo su indagini, studi e progetti disponibili, sulla base di misure di portata effettuate su una stazione idrometrica installata presso le grotte di Stiffe, è stato possibile definire il regime delle portate della sorgente. I dati utilizzati si riferiscono agli anni 1995 e 1999 (Comune di San Demetrio né Vestini), dal 2003 al 2008 ed infine nel 2014 e 2015 (Hydrowatt spa).

I dati sono stati convertiti in diagrammi cronologici delle portate defluenti nel Rio di Stiffe per gli anni 1995, 1999, 2004, 2005, 2008 e 2015, anni per i quali il campione dei valori delle portate medie giornaliere è superiori a 240 giorni.

Definito un *anno medio apparente* per il quale la portata media giornaliera  $Q$  di ciascun giorno è la



media aritmetica delle portate osservate nello stesso giorno, è stata determinata *la portata media annua alla sorgente di Stiffe* per i sei anni precedentemente definiti e , successivamente, escludendo il 1999 come un “anno singolare” (Tabella XXV).

**Tabella XXVI :**

<b>B. Regime delle portate misurate</b>	<b>Sorgente di Stiffe</b>	
	<i>portata media</i>	<i>portata corretta</i>
<b>anni 1995, 1999, 2004,2005, 2008, 2015</b>	0,555 m <sup>3</sup> /s	0,451 m <sup>3</sup> /s
<b>anni 1995, 2004,2005, 2008, 2015</b>	0,439 m <sup>3</sup> /s	0,357 m <sup>3</sup> /s

Benché il Servizio Idrografico definisca la Portata media disponibile: la portata media del corso d'acqua nella sezione di derivazione rilevata in un lungo intervallo di tempo, possibilmente non meno di un quinquennio (nel caso in studio gli anni sono sei), volendo altresì tener conto “ *di poter individuare per ogni stazione un valore normale, quale valore medio di un numero di anni abbastanza elevato, così da soddisfare alla condizione che il valore medio stesso non vari sensibilmente includendo od escludendo dal conteggio un numero limitato di anni. In generale, si è rilevato che può essere senz'altro assunto come valore normale la media di 50 anni, avendosi valori già soddisfacenti ai fini pratici per medie di 25*” ai valori precedentemente definiti è stato applicato un “correttivo”<sup>12</sup> con il quale si deducono valori della portata media annua, a seconda dei due casi , riportati nella precedente Tabella XXVI.

Osservato che i valori della portata media annua misurata alla sorgente di Stiffe sono sensibilmente diversi da quelli precedentemente espressi, per completezza dell'indagine, è stata eseguita una valutazione della portata affluente agli inghiottitoi utilizzando un modello analitico di trasformazione di afflussi meteorici in correlati deflussi nel bacino idrologico della piana di Rocca di Mezzo.

Il Modello utilizzato è quello del CN - *Curve Number del Soil Conservation Service* e, di seguito, vengono riportate le conclusioni.

**Alla luce di quanto sopra, tenuto conto delle varie approssimazioni, una portata media sufficientemente rappresentativa potrebbe attestarsi a circa 0,400 m<sup>3</sup>/s che dovrebbe comportare alla sorgente di Stiffe un valore di circa 0,550 m<sup>3</sup>/s, che confermerebbe il valore desunto dalle misurazioni dirette.**

Successivamente è stata eseguita, con modalità approssimate e speditive, una misurazione delle portate esitate agli inghiottitoi in sopralluoghi effettuati il 22 e 23 febbraio e, per verifica, il 15 marzo. Sulla sezione del corso d'acqua a monte degli inghiottitoi, lungo un tratto pressoché rettilineo, con pendenza uniforme e sezione dell'alveo costante è stata stimata una portata  $Q_{ing}=0,460 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Correlate misure di portata rilevate, nello stesso periodo, all'interno delle grotte di Stiffe, con le modalità di cui al punto b.3, hanno fornito un valore medio  $Q_{St} = 0,612 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**In conclusione si può ragionevolmente affermare che, nei mesi di febbraio e marzo, agli inghiottitoi è pervenuta una portata complessiva molto simile alla portata media annua già precedentemente determinata con altri metodi, mentre, nella sorgente di Stiffe, sono state misurate portate maggiori del 33% , in accordo con quanto riportato al punto a.2**

Infine per la determinazione del DMV del Rio la Foce sono stati utilizzati *Metodi speditivi regionalizzati*. Per una sua prima stima orientativa è stato assunto come **portata di Deflusso Minimo Vitale** la **Portata di magra ordinaria di 20 l/s** con una durata di 274 giorni (9 mesi ), risultata dalla curva di durata (vedi punto d.4).

<sup>12</sup> Vedi nota pagine 15 e 16

Successivamente ritenendo costanti le caratteristiche idrauliche tra le due sezioni idrometriche dell'Aterno a L'Aquila  $S_1$  ed a Molina  $S_3$  è verosimile considerare la  $Q_{7-10}$ , *minima portata media di 7 giorni con tempo di ritorno 10 anni*, uniformemente distribuita lungo il percorso e, pertanto, definire una portata specifica:

$$q_{7-10} = Q_{7-10} / S = 0,0007 \text{ m}^3/\text{km}^2$$

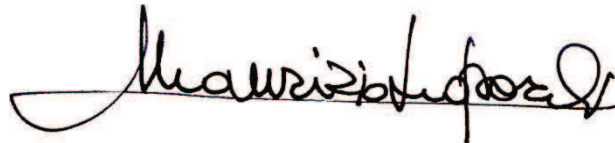
che per la *Superficie del bacino idrografico reale stimato*  $S' = 30 \text{ km}^2$  restituisce una portata

$$Q_{7-10} \cong 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$$

in accordo con il valore della **Portata di magra ordinaria** = 20 l/s

L'Aquila, 24 maggio 2016

Prof.Ing. Maurizio LEOPARDI

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Maurizio Leopardi', written over a horizontal line.

## Bibliografia

Alessandroni MG, Leopardi M., Remedia G. *Deflusso Minimo Vitale – Considerazioni Idrologiche sulla portata residuale del fiume Aterno* – DISAT Pubblicazione n.4 – 2001

Chiarelli B. - *La Cascata di Stiffe Immagini e documenti relati i alla costruzione della centrale Idroelettrica di Stiffe.*

Comune di San Demetrio né Vestini  
*Relazione Illustrativa - Rilevazione delle portate del Torrente "Rio la Foce" 1995*

ENEL – Uninvestità degli Sudi di L'Aquila  
*Indagine per l'individuazione di impianti idroelettrici di limitata potenza nell'arra montana dei bacini dal'Aso al Trigno.* – Giugno 1987

Leopardi M  
*Realizzazione di un manuale di progettazione idraulica applicata a tutela e difesa dell'ambiente dalle inondazioni.*  
Regione Abruzzo – Direzione territorio, Urbanistica, Beni Ambientali , Parchi, Politiche e Gestione dei Bacini idrografici – Servizio gestione demanio Idrico e Dighe. 2003- 2004

Leopardi M  
*Piano Di Tutela Delle Acque - D.Lgs. 3 Aprile 2006, n.152 - Linee guida per la determinazione del Minimo Deflusso Vitale nei corsi d'acqua della Regione Abruzzo.*  
Regione Abruzzo – Direzione Lavori Pubblici, Servizio Idrico Integrato, Gestione Integrata dei Bacini Idrografici , Protezione Civile. 2006 - 2007

Leopardi M. Remedia G, *Eventi estremi le magre e le piene del fiume Aterno* 2002

Leopardi M. *Revamping dell'impianto idroelettrico di Stiffe - L'Aquila*  
XXXIII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche  
Brescia, 10-15 settembre 2012

L'hydrologie de l'ingenieur - Erreurs résultant d'une pèriode d'observation trop courte – Ed. Eyrolles  
1972

Messina U.– *Corso di Costruzioni Idrauliche* Ed. Japadre Editore - 1980

Panazanaro M. , Romagnoli C. *Atti della Stazione Scientifica di Stiffe*

Regione Abruzzo – *Piano Stralcio Difesa Alluvioni*

## Progetti

Programma VALOREN – *Studio di Fattibilità dell'Impianto Idroelettrico di Stiffe* - Reg. CEE 3301/86

Hydrowatt spa. - *Impianto Idroelettrico ad acqua fluente di Stiffe - Domanda di Concessione di derivazione per uso idroelettrico-* Relazione Tecnica - 2014

Hydrowatt spa. - *Impianto Idroelettrico ad acqua fluente di Stiffe* - Relazione Tecnica - 2015



Allegati :

Sorgente di Stiffe :  
stralcio delle portate misurate allo stramazzo dal 21/2 all'8/4 2016  
Test statistici di adattamento

Larghezza Gaveta	2,2 m						
altezza stramazzo	0,3 m						
Inizio lettura	Data/Tempo	Livello [cm]	Q [l/s]				
dal 21 al 25 febbraio 2016							
21/02/2016 00:00	21/02/2016 01:00	25,8	689,0	23/02/2016 12:00	23/02/2016 13:00	25,9	693,3
21/02/2016 01:00	21/02/2016 02:00	25,7	684,7	23/02/2016 13:00	23/02/2016 14:00	27,0	740,8
21/02/2016 02:00	21/02/2016 03:00	25,6	680,5	23/02/2016 14:00	23/02/2016 15:00	28,7	816,8
21/02/2016 03:00	21/02/2016 04:00	25,4	672,0	23/02/2016 15:00	23/02/2016 16:00	31,0	924,3
21/02/2016 04:00	21/02/2016 05:00	25,3	667,8	23/02/2016 16:00	23/02/2016 17:00	32,1	977,6
21/02/2016 05:00	21/02/2016 06:00	25,2	663,6	23/02/2016 17:00	23/02/2016 18:00	32,0	972,7
21/02/2016 06:00	21/02/2016 07:00	25,1	659,4	23/02/2016 18:00	23/02/2016 19:00	31,5	948,4
21/02/2016 07:00	21/02/2016 08:00	25,0	655,3	23/02/2016 19:00	23/02/2016 20:00	30,9	919,5
21/02/2016 08:00	21/02/2016 09:00	24,9	651,1	23/02/2016 20:00	23/02/2016 21:00	30,1	881,6
21/02/2016 09:00	21/02/2016 10:00	25,0	655,3	23/02/2016 21:00	23/02/2016 22:00	29,4	849,0
21/02/2016 10:00	21/02/2016 11:00	25,1	659,4	23/02/2016 22:00	23/02/2016 23:00	28,7	816,8
21/02/2016 11:00	21/02/2016 12:00	25,2	663,6	23/02/2016 23:00	24/02/2016 00:00	28,1	789,7
21/02/2016 12:00	21/02/2016 13:00	25,1	659,4	24/02/2016 00:00	24/02/2016 01:00	27,7	771,8
21/02/2016 13:00	21/02/2016 14:00	25,1	659,4	24/02/2016 01:00	24/02/2016 02:00	27,2	749,6
21/02/2016 14:00	21/02/2016 15:00	25,1	659,4	24/02/2016 02:00	24/02/2016 03:00	26,7	727,7
21/02/2016 15:00	21/02/2016 16:00	25,2	663,6	24/02/2016 03:00	24/02/2016 04:00	26,3	710,4
21/02/2016 16:00	21/02/2016 17:00	25,1	659,4	24/02/2016 04:00	24/02/2016 05:00	26,0	697,5
21/02/2016 17:00	21/02/2016 18:00	25,1	659,4	24/02/2016 05:00	24/02/2016 06:00	25,7	684,7
21/02/2016 18:00	21/02/2016 19:00	25,0	655,3	24/02/2016 06:00	24/02/2016 07:00	25,6	680,5
21/02/2016 19:00	21/02/2016 20:00	25,0	655,3	24/02/2016 07:00	24/02/2016 08:00	25,3	667,8
21/02/2016 20:00	21/02/2016 21:00	24,9	651,1	24/02/2016 08:00	24/02/2016 09:00	25,1	659,4
21/02/2016 21:00	21/02/2016 22:00	24,8	646,9	24/02/2016 09:00	24/02/2016 10:00	25,0	655,3
21/02/2016 22:00	21/02/2016 23:00	24,7	642,8	24/02/2016 10:00	24/02/2016 11:00	25,0	655,3
21/02/2016 23:00	22/02/2016 00:00	24,7	642,8	24/02/2016 11:00	24/02/2016 12:00	24,9	651,1
22/02/2016 00:00	22/02/2016 01:00	24,5	634,5	24/02/2016 12:00	24/02/2016 13:00	24,7	642,8
22/02/2016 01:00	22/02/2016 02:00	24,4	630,4	24/02/2016 13:00	24/02/2016 14:00	24,7	642,8
22/02/2016 02:00	22/02/2016 03:00	24,4	630,4	24/02/2016 14:00	24/02/2016 15:00	24,5	634,5
22/02/2016 03:00	22/02/2016 04:00	24,3	626,3	24/02/2016 15:00	24/02/2016 16:00	24,5	634,5
22/02/2016 04:00	22/02/2016 05:00	24,2	622,2	24/02/2016 16:00	24/02/2016 17:00	24,4	630,4
22/02/2016 05:00	22/02/2016 06:00	24,1	618,1	24/02/2016 17:00	24/02/2016 18:00	24,3	626,3
22/02/2016 06:00	22/02/2016 07:00	24,0	614,1	24/02/2016 18:00	24/02/2016 19:00	24,1	618,1
22/02/2016 07:00	22/02/2016 08:00	23,9	610,0	24/02/2016 19:00	24/02/2016 20:00	24,0	614,1
22/02/2016 08:00	22/02/2016 09:00	23,9	610,0	24/02/2016 20:00	24/02/2016 21:00	23,9	610,0
22/02/2016 09:00	22/02/2016 10:00	23,9	610,0	24/02/2016 21:00	24/02/2016 22:00	23,7	601,9
22/02/2016 10:00	22/02/2016 11:00	23,9	610,0	24/02/2016 22:00	24/02/2016 23:00	23,6	597,9
22/02/2016 11:00	22/02/2016 12:00	23,9	610,0	24/02/2016 23:00	25/02/2016 00:00	23,5	593,9
22/02/2016 12:00	22/02/2016 13:00	23,9	610,0	25/02/2016 00:00	25/02/2016 01:00	23,3	585,9
22/02/2016 13:00	22/02/2016 14:00	23,8	606,0	25/02/2016 01:00	25/02/2016 02:00	23,1	577,9
22/02/2016 14:00	22/02/2016 15:00	23,8	606,0	25/02/2016 02:00	25/02/2016 03:00	22,9	570,0
22/02/2016 15:00	22/02/2016 16:00	23,8	606,0	25/02/2016 03:00	25/02/2016 04:00	22,7	562,1
22/02/2016 16:00	22/02/2016 17:00	23,7	601,9	25/02/2016 04:00	25/02/2016 05:00	22,6	558,2
22/02/2016 17:00	22/02/2016 18:00	23,6	597,9	25/02/2016 05:00	25/02/2016 06:00	22,5	554,3
22/02/2016 18:00	22/02/2016 19:00	23,5	593,9	25/02/2016 06:00	25/02/2016 07:00	22,4	550,4
22/02/2016 19:00	22/02/2016 20:00	23,4	589,9	25/02/2016 07:00	25/02/2016 08:00	22,4	550,4
22/02/2016 20:00	22/02/2016 21:00	23,4	589,9	25/02/2016 08:00	25/02/2016 09:00	22,3	546,5
22/02/2016 21:00	22/02/2016 22:00	23,2	581,9	25/02/2016 09:00	25/02/2016 10:00	22,3	546,5
22/02/2016 22:00	22/02/2016 23:00	23,1	577,9	25/02/2016 10:00	25/02/2016 11:00	22,3	546,5
22/02/2016 23:00	23/02/2016 00:00	23,0	574,0	25/02/2016 11:00	25/02/2016 12:00	22,4	550,4
23/02/2016 00:00	23/02/2016 01:00	23,0	574,0	25/02/2016 12:00	25/02/2016 13:00	22,4	550,4
23/02/2016 01:00	23/02/2016 02:00	22,9	570,0	25/02/2016 13:00	25/02/2016 14:00	22,4	550,4
23/02/2016 02:00	23/02/2016 03:00	22,9	570,0	25/02/2016 14:00	25/02/2016 15:00	22,4	550,4
23/02/2016 03:00	23/02/2016 04:00	23,0	574,0	25/02/2016 15:00	25/02/2016 16:00	22,4	550,4
23/02/2016 04:00	23/02/2016 05:00	22,9	570,0	25/02/2016 16:00	25/02/2016 17:00	22,3	546,5
23/02/2016 05:00	23/02/2016 06:00	22,9	570,0	25/02/2016 17:00	25/02/2016 18:00	22,3	546,5
23/02/2016 06:00	23/02/2016 07:00	22,9	570,0	25/02/2016 18:00	25/02/2016 19:00	22,2	542,7
23/02/2016 07:00	23/02/2016 08:00	23,0	574,0	25/02/2016 19:00	25/02/2016 20:00	22,2	542,7
23/02/2016 08:00	23/02/2016 09:00	23,2	581,9	25/02/2016 20:00	25/02/2016 21:00	22,1	538,8
23/02/2016 09:00	23/02/2016 10:00	23,2	581,9	25/02/2016 21:00	25/02/2016 22:00	22,1	538,8
23/02/2016 10:00	23/02/2016 11:00	23,6	597,9	25/02/2016 22:00	25/02/2016 23:00	22,2	542,7
23/02/2016 11:00	23/02/2016 12:00	24,5	634,5	25/02/2016 23:00	26/02/2016 00:00	22,3	546,5
Media periodo							639

Inizio lettura	Data/Tempo	Livello [cm]	Q [l/s]	Inizio lettura	Data/Tempo	Livello [cm]	Q [l/s]
dal 13 al 17 marzo 2016							
13/03/2016 00:00	13/03/2016 01:00	30,5	900,5	15/03/2016 12:00	15/03/2016 13:00	25,9	693,3
13/03/2016 01:00	13/03/2016 02:00	30,2	886,3	15/03/2016 13:00	15/03/2016 14:00	25,8	689,0
13/03/2016 02:00	13/03/2016 03:00	30,0	876,9	15/03/2016 14:00	15/03/2016 15:00	25,8	689,0
13/03/2016 03:00	13/03/2016 04:00	29,8	867,6	15/03/2016 15:00	15/03/2016 16:00	25,9	693,3
13/03/2016 04:00	13/03/2016 05:00	29,5	853,6	15/03/2016 16:00	15/03/2016 17:00	25,9	693,3
13/03/2016 05:00	13/03/2016 06:00	29,4	849,0	15/03/2016 17:00	15/03/2016 18:00	25,9	693,3
13/03/2016 06:00	13/03/2016 07:00	29,2	839,8	15/03/2016 18:00	15/03/2016 19:00	25,8	689,0
13/03/2016 07:00	13/03/2016 08:00	29,1	835,1	15/03/2016 19:00	15/03/2016 20:00	25,8	689,0
13/03/2016 08:00	13/03/2016 09:00	29,0	830,6	15/03/2016 20:00	15/03/2016 21:00	25,7	684,7
13/03/2016 09:00	13/03/2016 10:00	29,0	830,6	15/03/2016 21:00	15/03/2016 22:00	25,7	684,7
13/03/2016 10:00	13/03/2016 11:00	28,9	826,0	15/03/2016 22:00	15/03/2016 23:00	25,6	680,5
13/03/2016 11:00	13/03/2016 12:00	28,8	821,4	15/03/2016 23:00	16/03/2016 00:00	25,5	676,3
13/03/2016 12:00	13/03/2016 13:00	28,7	816,8	16/03/2016 00:00	16/03/2016 01:00	25,5	676,3
13/03/2016 13:00	13/03/2016 14:00	28,7	816,8	16/03/2016 01:00	16/03/2016 02:00	25,6	680,5
13/03/2016 14:00	13/03/2016 15:00	28,6	812,3	16/03/2016 02:00	16/03/2016 03:00	25,7	684,7
13/03/2016 15:00	13/03/2016 16:00	28,5	807,7	16/03/2016 03:00	16/03/2016 04:00	25,8	689,0
13/03/2016 16:00	13/03/2016 17:00	28,4	803,2	16/03/2016 04:00	16/03/2016 05:00	25,9	693,3
13/03/2016 17:00	13/03/2016 18:00	28,2	794,2	16/03/2016 05:00	16/03/2016 06:00	25,9	693,3
13/03/2016 18:00	13/03/2016 19:00	28,1	789,7	16/03/2016 06:00	16/03/2016 07:00	25,9	693,3
13/03/2016 19:00	13/03/2016 20:00	28,1	789,7	16/03/2016 07:00	16/03/2016 08:00	25,9	693,3
13/03/2016 20:00	13/03/2016 21:00	28,0	785,2	16/03/2016 08:00	16/03/2016 09:00	25,9	693,3
13/03/2016 21:00	13/03/2016 22:00	27,9	780,7	16/03/2016 09:00	16/03/2016 10:00	25,8	689,0
13/03/2016 22:00	13/03/2016 23:00	27,8	776,2	16/03/2016 10:00	16/03/2016 11:00	25,8	689,0
13/03/2016 23:00	14/03/2016 00:00	27,8	776,2	16/03/2016 11:00	16/03/2016 12:00	25,8	689,0
14/03/2016 00:00	14/03/2016 01:00	27,8	776,2	16/03/2016 12:00	16/03/2016 13:00	25,8	689,0
14/03/2016 01:00	14/03/2016 02:00	27,8	776,2	16/03/2016 13:00	16/03/2016 14:00	25,8	689,0
14/03/2016 02:00	14/03/2016 03:00	27,9	780,7	16/03/2016 14:00	16/03/2016 15:00	25,8	689,0
14/03/2016 03:00	14/03/2016 04:00	27,9	780,7	16/03/2016 15:00	16/03/2016 16:00	25,8	689,0
14/03/2016 04:00	14/03/2016 05:00	27,9	780,7	16/03/2016 16:00	16/03/2016 17:00	25,7	684,7
14/03/2016 05:00	14/03/2016 06:00	27,8	776,2	16/03/2016 17:00	16/03/2016 18:00	25,6	680,5
14/03/2016 06:00	14/03/2016 07:00	27,7	771,8	16/03/2016 18:00	16/03/2016 19:00	25,5	676,3
14/03/2016 07:00	14/03/2016 08:00	27,6	767,3	16/03/2016 19:00	16/03/2016 20:00	25,4	672,0
14/03/2016 08:00	14/03/2016 09:00	27,5	762,9	16/03/2016 20:00	16/03/2016 21:00	25,3	667,8
14/03/2016 09:00	14/03/2016 10:00	27,5	762,9	16/03/2016 21:00	16/03/2016 22:00	25,2	663,6
14/03/2016 10:00	14/03/2016 11:00	27,4	758,5	16/03/2016 22:00	16/03/2016 23:00	25,2	663,6
14/03/2016 11:00	14/03/2016 12:00	27,3	754,0	16/03/2016 23:00	17/03/2016 00:00	25,2	663,6
14/03/2016 12:00	14/03/2016 13:00	27,2	749,6	17/03/2016 00:00	17/03/2016 01:00	25,2	663,6
14/03/2016 13:00	14/03/2016 14:00	27,2	749,6	17/03/2016 01:00	17/03/2016 02:00	25,3	667,8
14/03/2016 14:00	14/03/2016 15:00	27,1	745,2	17/03/2016 02:00	17/03/2016 03:00	25,4	672,0
14/03/2016 15:00	14/03/2016 16:00	27,1	745,2	17/03/2016 03:00	17/03/2016 04:00	25,4	672,0
14/03/2016 16:00	14/03/2016 17:00	27,0	740,8	17/03/2016 04:00	17/03/2016 05:00	25,4	672,0
14/03/2016 17:00	14/03/2016 18:00	26,9	736,5	17/03/2016 05:00	17/03/2016 06:00	25,4	672,0
14/03/2016 18:00	14/03/2016 19:00	26,9	736,5	17/03/2016 06:00	17/03/2016 07:00	25,4	672,0
14/03/2016 19:00	14/03/2016 20:00	26,8	732,1	17/03/2016 07:00	17/03/2016 08:00	25,3	667,8
14/03/2016 20:00	14/03/2016 21:00	26,7	727,7	17/03/2016 08:00	17/03/2016 09:00	25,3	667,8
14/03/2016 21:00	14/03/2016 22:00	26,6	723,4	17/03/2016 09:00	17/03/2016 10:00	25,2	663,6
14/03/2016 22:00	14/03/2016 23:00	26,5	719,1	17/03/2016 10:00	17/03/2016 11:00	25,2	663,6
14/03/2016 23:00	15/03/2016 00:00	26,4	714,7	17/03/2016 11:00	17/03/2016 12:00	25,1	659,4
15/03/2016 00:00	15/03/2016 01:00	26,2	706,1	17/03/2016 12:00	17/03/2016 13:00	25,0	655,3
15/03/2016 01:00	15/03/2016 02:00	26,1	701,8	17/03/2016 13:00	17/03/2016 14:00	25,0	655,3
15/03/2016 02:00	15/03/2016 03:00	26,0	697,5	17/03/2016 14:00	17/03/2016 15:00	25,0	655,3
15/03/2016 03:00	15/03/2016 04:00	26,0	697,5	17/03/2016 15:00	17/03/2016 16:00	24,9	651,1
15/03/2016 04:00	15/03/2016 05:00	26,0	697,5	17/03/2016 16:00	17/03/2016 17:00	24,9	651,1
15/03/2016 05:00	15/03/2016 06:00	25,9	693,3	17/03/2016 17:00	17/03/2016 18:00	25,0	655,3
15/03/2016 06:00	15/03/2016 07:00	25,8	689,0	17/03/2016 18:00	17/03/2016 19:00	25,1	659,4
15/03/2016 07:00	15/03/2016 08:00	25,8	689,0	17/03/2016 19:00	17/03/2016 20:00	25,2	663,6
15/03/2016 08:00	15/03/2016 09:00	25,8	689,0	17/03/2016 20:00	17/03/2016 21:00	25,6	680,5
15/03/2016 09:00	15/03/2016 10:00	25,8	689,0	17/03/2016 21:00	17/03/2016 22:00	26,0	697,5
15/03/2016 10:00	15/03/2016 11:00	25,8	689,0	17/03/2016 22:00	17/03/2016 23:00	26,4	714,7
15/03/2016 11:00	15/03/2016 12:00	25,9	693,3	17/03/2016 23:00	18/03/2016 00:00	26,8	732,1
Media periodo							724



Inizio lettura	Data/Tempo	Livello [cm]	Q [l/s]	Inizio lettura	Data/Tempo	Livello [cm]	Q [l/s]
dal 4 al 8 aprile 2016							
04/04/2016 00:00	04/04/2016 01:00	17,5	373,4	06/04/2016 12:00	06/04/2016 13:00	16,1	328,0
04/04/2016 01:00	04/04/2016 02:00	17,4	370,1	06/04/2016 13:00	06/04/2016 14:00	16,1	328,0
04/04/2016 02:00	04/04/2016 03:00	17,4	370,1	06/04/2016 14:00	06/04/2016 15:00	16,2	331,1
04/04/2016 03:00	04/04/2016 04:00	17,3	366,8	06/04/2016 15:00	06/04/2016 16:00	16,2	331,1
04/04/2016 04:00	04/04/2016 05:00	17,3	366,8	06/04/2016 16:00	06/04/2016 17:00	16,2	331,1
04/04/2016 05:00	04/04/2016 06:00	17,3	366,8	06/04/2016 17:00	06/04/2016 18:00	16,2	331,1
04/04/2016 06:00	04/04/2016 07:00	17,2	363,5	06/04/2016 18:00	06/04/2016 19:00	16,3	334,3
04/04/2016 07:00	04/04/2016 08:00	17,2	363,5	06/04/2016 19:00	06/04/2016 20:00	16,2	331,1
04/04/2016 08:00	04/04/2016 09:00	17,3	366,8	06/04/2016 20:00	06/04/2016 21:00	16,2	331,1
04/04/2016 09:00	04/04/2016 10:00	17,3	366,8	06/04/2016 21:00	06/04/2016 22:00	16,1	328,0
04/04/2016 10:00	04/04/2016 11:00	17,3	366,8	06/04/2016 22:00	06/04/2016 23:00	16,0	324,8
04/04/2016 11:00	04/04/2016 12:00	17,3	366,8	06/04/2016 23:00	07/04/2016 00:00	16,0	324,8
04/04/2016 12:00	04/04/2016 13:00	17,3	366,8	07/04/2016 00:00	07/04/2016 01:00	15,9	321,7
04/04/2016 13:00	04/04/2016 14:00	17,2	363,5	07/04/2016 01:00	07/04/2016 02:00	15,9	321,7
04/04/2016 14:00	04/04/2016 15:00	17,3	366,8	07/04/2016 02:00	07/04/2016 03:00	15,8	318,6
04/04/2016 15:00	04/04/2016 16:00	17,3	366,8	07/04/2016 03:00	07/04/2016 04:00	15,8	318,6
04/04/2016 16:00	04/04/2016 17:00	17,3	366,8	07/04/2016 04:00	07/04/2016 05:00	15,7	315,4
04/04/2016 17:00	04/04/2016 18:00	17,3	366,8	07/04/2016 05:00	07/04/2016 06:00	15,7	315,4
04/04/2016 18:00	04/04/2016 19:00	17,3	366,8	07/04/2016 06:00	07/04/2016 07:00	15,7	315,4
04/04/2016 19:00	04/04/2016 20:00	17,2	363,5	07/04/2016 07:00	07/04/2016 08:00	15,7	315,4
04/04/2016 20:00	04/04/2016 21:00	17,2	363,5	07/04/2016 08:00	07/04/2016 09:00	15,8	318,6
04/04/2016 21:00	04/04/2016 22:00	17,1	360,2	07/04/2016 09:00	07/04/2016 10:00	15,8	318,6
04/04/2016 22:00	04/04/2016 23:00	17,0	356,9	07/04/2016 10:00	07/04/2016 11:00	15,7	315,4
04/04/2016 23:00	05/04/2016 00:00	17,0	356,9	07/04/2016 11:00	07/04/2016 12:00	15,6	312,3
05/04/2016 00:00	05/04/2016 01:00	16,9	353,6	07/04/2016 12:00	07/04/2016 13:00	15,6	312,3
05/04/2016 01:00	05/04/2016 02:00	16,8	350,4	07/04/2016 13:00	07/04/2016 14:00	15,6	312,3
05/04/2016 02:00	05/04/2016 03:00	16,8	350,4	07/04/2016 14:00	07/04/2016 15:00	15,7	315,4
05/04/2016 03:00	05/04/2016 04:00	16,8	350,4	07/04/2016 15:00	07/04/2016 16:00	15,7	315,4
05/04/2016 04:00	05/04/2016 05:00	16,7	347,1	07/04/2016 16:00	07/04/2016 17:00	15,8	318,6
05/04/2016 05:00	05/04/2016 06:00	16,7	347,1	07/04/2016 17:00	07/04/2016 18:00	15,8	318,6
05/04/2016 06:00	05/04/2016 07:00	16,7	347,1	07/04/2016 18:00	07/04/2016 19:00	15,8	318,6
05/04/2016 07:00	05/04/2016 08:00	16,7	347,1	07/04/2016 19:00	07/04/2016 20:00	15,7	315,4
05/04/2016 08:00	05/04/2016 09:00	16,7	347,1	07/04/2016 20:00	07/04/2016 21:00	15,7	315,4
05/04/2016 09:00	05/04/2016 10:00	16,8	350,4	07/04/2016 21:00	07/04/2016 22:00	15,6	312,3
05/04/2016 10:00	05/04/2016 11:00	16,7	347,1	07/04/2016 22:00	07/04/2016 23:00	15,5	309,2
05/04/2016 11:00	05/04/2016 12:00	16,7	347,1	07/04/2016 23:00	08/04/2016 00:00	15,4	306,2
05/04/2016 12:00	05/04/2016 13:00	16,7	347,1	08/04/2016 00:00	08/04/2016 01:00	15,4	306,2
05/04/2016 13:00	05/04/2016 14:00	16,7	347,1	08/04/2016 01:00	08/04/2016 02:00	15,3	303,1
05/04/2016 14:00	05/04/2016 15:00	16,7	347,1	08/04/2016 02:00	08/04/2016 03:00	15,4	306,2
05/04/2016 15:00	05/04/2016 16:00	16,7	347,1	08/04/2016 03:00	08/04/2016 04:00	15,3	303,1
05/04/2016 16:00	05/04/2016 17:00	16,7	347,1	08/04/2016 04:00	08/04/2016 05:00	15,3	303,1
05/04/2016 17:00	05/04/2016 18:00	16,8	350,4	08/04/2016 05:00	08/04/2016 06:00	15,3	303,1
05/04/2016 18:00	05/04/2016 19:00	16,8	350,4	08/04/2016 06:00	08/04/2016 07:00	15,3	303,1
05/04/2016 19:00	05/04/2016 20:00	16,8	350,4	08/04/2016 07:00	08/04/2016 08:00	15,4	306,2
05/04/2016 20:00	05/04/2016 21:00	16,7	347,1	08/04/2016 08:00	08/04/2016 09:00	15,4	306,2
05/04/2016 21:00	05/04/2016 22:00	16,7	347,1	08/04/2016 09:00	08/04/2016 10:00	15,5	309,2
05/04/2016 22:00	05/04/2016 23:00	16,6	343,9	08/04/2016 10:00	08/04/2016 11:00	15,6	312,3
05/04/2016 23:00	06/04/2016 00:00	16,5	340,7	08/04/2016 11:00	08/04/2016 12:00	15,6	312,3
06/04/2016 00:00	06/04/2016 01:00	16,5	340,7	08/04/2016 12:00	08/04/2016 13:00	15,7	315,4
06/04/2016 01:00	06/04/2016 02:00	16,4	337,5	08/04/2016 13:00	08/04/2016 14:00	15,8	318,6
06/04/2016 02:00	06/04/2016 03:00	16,3	334,3	08/04/2016 14:00	08/04/2016 15:00	15,8	318,6
06/04/2016 03:00	06/04/2016 04:00	16,3	334,3	08/04/2016 15:00	08/04/2016 16:00	15,8	318,6
06/04/2016 04:00	06/04/2016 05:00	16,3	334,3	08/04/2016 16:00	08/04/2016 17:00	15,8	318,6
06/04/2016 05:00	06/04/2016 06:00	16,3	334,3	08/04/2016 17:00	08/04/2016 18:00	15,9	321,7
06/04/2016 06:00	06/04/2016 07:00	16,2	331,1	08/04/2016 18:00	08/04/2016 19:00	15,9	321,7
06/04/2016 07:00	06/04/2016 08:00	16,2	331,1	08/04/2016 19:00	08/04/2016 20:00	15,9	321,7
06/04/2016 08:00	06/04/2016 09:00	16,3	334,3	08/04/2016 20:00	08/04/2016 21:00	15,9	321,7
06/04/2016 09:00	06/04/2016 10:00	16,3	334,3	08/04/2016 21:00	08/04/2016 22:00	16,0	324,8
06/04/2016 10:00	06/04/2016 11:00	16,2	331,1	08/04/2016 22:00	08/04/2016 23:00	16,1	328,0
06/04/2016 11:00	06/04/2016 12:00	16,2	331,1	08/04/2016 23:00	09/04/2016 00:00	16,2	331,1
Media periodo							335

Test statistici di adattamento: *Kolmogorov-Smirnov (K-S)*

**Piogge di durata 1 ora**

a= 0,139186

Xo= 15,36717

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	Probabilità campionaria	Probabilità di Gumbel	scostamento
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	P <sub>C</sub> =1-1/T <sub>G</sub>	P	D= P <sub>C</sub> -P
52,0	1	75,214	0,98670	0,993914	0,00721
46,2	2	27,000	0,96296	0,986409	0,02345
31,4	3	16,453	0,93922	0,898200	0,04102
31,0	4	11,831	0,91548	0,892696	0,02278
30,4	5	9,237	0,89174	0,883914	0,00782
28,4	6	7,576	0,86800	0,849588	0,01841
28,0	7	6,421	0,84425	0,841697	0,00256
27,6	8	5,571	0,82051	0,833433	0,01292
26,2	9	4,921	0,79677	0,801395	0,00462
24,2	10	4,406	0,77303	0,746420	0,02661
24,2	11	3,989	0,74929	0,746420	0,00287
23,8	12	3,644	0,72555	0,734026	0,00848
19,4	13	3,354	0,70180	0,565266	0,13654
19,2	14	3,106	0,67806	0,556236	0,12183
19,0	15	2,893	0,65432	0,547102	0,10722
19,0	16	2,707	0,63058	0,547102	0,08348
18,4	17	2,543	0,60684	0,519104	0,08773
17,4	18	2,399	0,58310	0,470686	0,11241
17,4	19	2,269	0,55935	0,470686	0,08867
17,2	20	2,153	0,53561	0,460780	0,07483
17,0	21	2,049	0,51187	0,450811	0,06106
17,0	22	1,954	0,48813	0,450811	0,03732
17,0	23	1,867	0,46439	0,450811	0,01358
16,4	24	1,788	0,44065	0,420589	0,02006
15,8	25	1,715	0,41690	0,390029	0,02688
15,4	26	1,648	0,39316	0,369561	0,02360
15,2	27	1,586	0,36942	0,359321	0,01010
15,0	28	1,528	0,34568	0,349088	0,00341
15,0	29	1,475	0,32194	0,349088	0,02715
15,0	30	1,425	0,29820	0,349088	0,05089
14,8	31	1,378	0,27445	0,338869	0,06442
14,2	32	1,335	0,25071	0,308389	0,05768
13,8	33	1,294	0,22697	0,288302	0,06133
13,6	34	1,255	0,20323	0,278356	0,07513
13,6	35	1,219	0,17949	0,278356	0,09887
13,6	36	1,184	0,15575	0,278356	0,12261
12,6	37	1,152	0,13200	0,229963	0,09796
12,6	38	1,121	0,10826	0,229963	0,12170
11,4	39	1,092	0,08452	0,176044	0,09152
8,0	40	1,065	0,06078	0,061530	0,00075
7,0	41	1,038	0,03704	0,040575	0,00354
5,2	42	1,013	0,01330	0,016293	0,00300
valore vero dello scostamento D <sub>max</sub> =					0,136538744
α(livello di significatività)=					0,05
valore teorico dello scostamento D <sub>α</sub> =1,36/N <sup>0,5</sup> =					0,209852556
VERIFICA D <sub>max</sub> <D <sub>α</sub>					si

**Piogge di durata 3 ore**

a= 0,114993

X<sub>0</sub>= 22,66134

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	Probabilità campionaria	Probabilità di Gumbel	scostamento
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	P <sub>C</sub> =1-1/T <sub>G</sub>	P	D= P <sub>C</sub> -P
74,8	1	75,214	0,98670	0,997513	0,01081
60,4	2	27,000	0,96296	0,987044	0,02408
42,6	3	16,453	0,93922	0,903949	0,03527
40,8	4	11,831	0,91548	0,883198	0,03228
35,2	5	9,237	0,89174	0,789395	0,10234
34,4	6	7,576	0,86800	0,771610	0,09639
33,0	7	6,421	0,84425	0,737445	0,10681
33,0	8	5,571	0,82051	0,737445	0,08307
32,6	9	4,921	0,79677	0,726948	0,06982
32,4	10	4,406	0,77303	0,721574	0,05146
30,2	11	3,989	0,74929	0,656879	0,09241
29,6	12	3,644	0,72555	0,637453	0,08809
29,2	13	3,354	0,70180	0,624084	0,07772
28,2	14	3,106	0,67806	0,589237	0,08883
27,6	15	2,893	0,65432	0,567390	0,08693
27,4	16	2,707	0,63058	0,559959	0,07062
27,0	17	2,543	0,60684	0,544880	0,06196
27,0	18	2,399	0,58310	0,544880	0,03822
26,4	19	2,269	0,55935	0,521753	0,03760
25,4	20	2,153	0,53561	0,481985	0,05363
25,0	21	2,049	0,51187	0,465708	0,04616
25,0	22	1,954	0,48813	0,465708	0,02242
25,0	23	1,867	0,46439	0,465708	0,00132
24,6	24	1,788	0,44065	0,449253	0,00861
24,4	25	1,715	0,41690	0,440967	0,02406
24,0	26	1,648	0,39316	0,424295	0,03113
23,6	27	1,586	0,36942	0,407513	0,03809
23,2	28	1,528	0,34568	0,390652	0,04497
23,2	29	1,475	0,32194	0,390652	0,06872
22,8	30	1,425	0,29820	0,373745	0,07555
22,0	31	1,378	0,27445	0,339930	0,06548
21,6	32	1,335	0,25071	0,323096	0,07238
20,8	33	1,294	0,22697	0,289768	0,06280
20,8	34	1,255	0,20323	0,289768	0,08654
20,2	35	1,219	0,17949	0,265231	0,08574
20,0	36	1,184	0,15575	0,257167	0,10142
18,4	37	1,152	0,13200	0,195469	0,06346
18,2	38	1,121	0,10826	0,188185	0,07992
17,8	39	1,092	0,08452	0,173955	0,08943
17,0	40	1,065	0,06078	0,146976	0,08620
15,8	41	1,038	0,03704	0,110670	0,07363
12,0	42	1,013	0,01330	0,033124	0,01983
valore vero dello scostamento D <sub>max</sub> =					0,106809971
α(livello di significatività)=					0,05
valore teorico dello scostamento D <sub>α</sub> =1,36/N <sup>0,5</sup> =					0,209852556
VERIFICA D <sub>max</sub> <D <sub>α</sub>					si



**Piogge di durata 6 ore**

a= 0,103164

X<sub>0</sub>= 31,02862

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	Probabilità campionaria	Probabilità di Gumbel	scostamento
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	P <sub>C</sub> =1-1/T <sub>G</sub>	P	D= P <sub>C</sub> -P
82,8	1	75,214	0,98670	0,995220	0,00852
62,8	2	27,000	0,96296	0,962986	0,00002
60,0	3	16,453	0,93922	0,950898	0,01168
59,8	4	11,831	0,91548	0,949901	0,03442
50,0	5	9,237	0,89174	0,868264	0,02347
44,4	6	7,576	0,86800	0,777463	0,09053
43,8	7	6,421	0,84425	0,765066	0,07919
43,6	8	5,571	0,82051	0,760807	0,05971
40,8	9	4,921	0,79677	0,694245	0,10253
40,6	10	4,406	0,77303	0,688984	0,08405
40,0	11	3,989	0,74929	0,672788	0,07650
40,0	12	3,644	0,72555	0,672788	0,05276
39,6	13	3,354	0,70180	0,661648	0,04016
38,4	14	3,106	0,67806	0,626597	0,05147
38,2	15	2,893	0,65432	0,620520	0,03380
38,0	16	2,707	0,63058	0,614378	0,01620
36,8	17	2,543	0,60684	0,576175	0,03066
36,8	18	2,399	0,58310	0,576175	0,00692
36,0	19	2,269	0,55935	0,549483	0,00987
35,4	20	2,153	0,53561	0,528871	0,00674
35,2	21	2,049	0,51187	0,521894	0,01002
35,0	22	1,954	0,48813	0,514866	0,02674
34,4	23	1,867	0,46439	0,493498	0,02911
34,2	24	1,788	0,44065	0,486285	0,04564
33,6	25	1,715	0,41690	0,464406	0,04750
33,0	26	1,648	0,39316	0,442209	0,04905
32,6	27	1,586	0,36942	0,427266	0,05785
32,4	28	1,528	0,34568	0,419759	0,07408
32,0	29	1,475	0,32194	0,404685	0,08275
31,6	30	1,425	0,29820	0,389552	0,09136
30,2	31	1,378	0,27445	0,336471	0,06202
30,0	32	1,335	0,25071	0,328917	0,07820
28,0	33	1,294	0,22697	0,254932	0,02796
27,8	34	1,255	0,20323	0,247770	0,04454
27,4	35	1,219	0,17949	0,233626	0,05414
27,0	36	1,184	0,15575	0,219745	0,06400
23,0	37	1,152	0,13200	0,101334	0,03067
22,0	38	1,121	0,10826	0,079015	0,02925
22,0	39	1,092	0,08452	0,079015	0,00551
22,0	40	1,065	0,06078	0,079015	0,01824
20,0	41	1,038	0,03704	0,044168	0,00713
17,0	42	1,013	0,01330	0,014245	0,00095
valore vero dello scostamento D <sub>max</sub> =					0,102525677
α(livello di significatività)=					0,05
valore teorico dello scostamento D <sub>α</sub> =1,36/N <sup>0,5</sup> =					0,209852556
VERIFICA D <sub>max</sub> <D <sub>α</sub>					si

**Piogge di durata 12 ore**

a= 0,086079

X<sub>0</sub>= 43,73718

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	Probabilità campionaria	Probabilità di Gumbel	scostamento
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	P <sub>C</sub> =1-1/T <sub>G</sub>	P	D= P <sub>C</sub> -P
95,8	1	75,214	0,98670	0,988748	0,00204
83,2	2	27,000	0,96296	0,967078	0,00412
71,8	3	16,453	0,93922	0,914561	0,02466
70,2	4	11,831	0,91548	0,902579	0,01290
69,4	5	9,237	0,89174	0,896008	0,00427
67,2	6	7,576	0,86800	0,875728	0,00773
66,2	7	6,421	0,84425	0,865343	0,02109
64,6	8	5,571	0,82051	0,847059	0,02655
64,2	9	4,921	0,79677	0,842148	0,04538
64,0	10	4,406	0,77303	0,839639	0,06661
58,2	11	3,989	0,74929	0,749795	0,00051
57,8	12	3,644	0,72555	0,742269	0,01672
56,2	13	3,354	0,70180	0,710311	0,00851
53,8	14	3,106	0,67806	0,656688	0,02137
52,8	15	2,893	0,65432	0,632326	0,02200
52,2	16	2,707	0,63058	0,617149	0,01343
51,4	17	2,543	0,60684	0,596275	0,01056
50,2	18	2,399	0,58310	0,563652	0,01944
50,0	19	2,269	0,55935	0,558069	0,00129
49,6	20	2,153	0,53561	0,546781	0,01117
49,0	21	2,049	0,51187	0,529562	0,01769
47,6	22	1,954	0,48813	0,488155	0,00003
47,0	23	1,867	0,46439	0,469948	0,00556
46,6	24	1,788	0,44065	0,457679	0,01703
45,8	25	1,715	0,41690	0,432875	0,01597
45,6	26	1,648	0,39316	0,426627	0,03346
45,0	27	1,586	0,36942	0,407792	0,03837
43,6	28	1,528	0,34568	0,363536	0,01786
42,2	29	1,475	0,32194	0,319348	0,00259
40,8	30	1,425	0,29820	0,275914	0,02228
39,0	31	1,378	0,27445	0,222358	0,05210
38,2	32	1,335	0,25071	0,199758	0,05095
38,0	33	1,294	0,22697	0,194249	0,03272
37,6	34	1,255	0,20323	0,183412	0,01982
36,8	35	1,219	0,17949	0,162524	0,01696
35,8	36	1,184	0,15575	0,138034	0,01771
35,8	37	1,152	0,13200	0,138034	0,00603
34,6	38	1,121	0,10826	0,111276	0,00301
33,6	39	1,092	0,08452	0,091344	0,00682
33,6	40	1,065	0,06078	0,091344	0,03056
30,2	41	1,038	0,03704	0,040486	0,00345
23,4	42	1,013	0,01330	0,003157	0,01014
valore vero dello scostamento D <sub>max</sub> =					0,066609616
α(livello di significatività)=					0,05
valore teorico dello scostamento D <sub>α</sub> =1,36/N <sup>0,5</sup> =					0,209852556
VERIFICA D <sub>max</sub> <D <sub>α</sub>					si

**Piogge di durata 24 ore**

a= 0,063431  
X<sub>0</sub>= 56,88812

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	Probabilità campionaria	Probabilità di Gumbel	scostamento
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	P <sub>C</sub> =1-1/T <sub>G</sub>	P	D= P <sub>C</sub> -P
129,8	1	75,214	0,98670	0,990243	0,00354
110,0	2	27,000	0,96296	0,966160	0,00320
93,6	3	16,453	0,93922	0,907170	0,03205
90,0	4	11,831	0,91548	0,884779	0,03070
88,4	5	9,237	0,89174	0,873284	0,01845
87,8	6	7,576	0,86800	0,868706	0,00071
87,4	7	6,421	0,84425	0,865570	0,02132
86,6	8	5,571	0,82051	0,859090	0,03858
82,2	9	4,921	0,79677	0,818094	0,02132
79,2	10	4,406	0,77303	0,784380	0,01135
76,6	11	3,989	0,74929	0,750957	0,00167
74,4	12	3,644	0,72555	0,719429	0,00612
74,0	13	3,354	0,70180	0,713367	0,01156
73,8	14	3,106	0,67806	0,710298	0,03224
73,0	15	2,893	0,65432	0,697762	0,04344
72,6	16	2,707	0,63058	0,691339	0,06076
72,6	17	2,543	0,60684	0,691339	0,08450
67,2	18	2,399	0,58310	0,594572	0,01148
66,0	19	2,269	0,55935	0,570619	0,01126
65,4	20	2,153	0,53561	0,558335	0,02272
62,6	21	2,049	0,51187	0,498542	0,01333
62,4	22	1,954	0,48813	0,494132	0,00600
60,8	23	1,867	0,46439	0,458289	0,00610
60,5	24	1,788	0,44065	0,451471	0,01082
59,6	25	1,715	0,41690	0,430863	0,01396
59,2	26	1,648	0,39316	0,421641	0,02848
57,8	27	1,586	0,36942	0,389146	0,01973
57,6	28	1,528	0,34568	0,384485	0,03881
57,0	29	1,475	0,32194	0,370490	0,04855
54,8	30	1,425	0,29820	0,319300	0,02110
52,0	31	1,378	0,27445	0,255763	0,01869
52,0	32	1,335	0,25071	0,255763	0,00505
51,4	33	1,294	0,22697	0,242586	0,01562
49,2	34	1,255	0,20323	0,196222	0,00701
45,0	35	1,219	0,17949	0,119356	0,06013
43,6	36	1,184	0,15575	0,097975	0,05777
43,2	37	1,152	0,13200	0,092297	0,03971
41,4	38	1,121	0,10826	0,069188	0,03907
39,4	39	1,092	0,08452	0,048209	0,03631
37,8	40	1,065	0,06078	0,034871	0,02591
37,0	41	1,038	0,03704	0,029282	0,00776
36,6	42	1,013	0,01330	0,026742	0,01345
valore vero dello scostamento D <sub>max</sub> =					0,084501263
α(livello di significatività)=					0,05
valore teorico dello scostamento D <sub>α</sub> =1,36/N <sup>0,5</sup> =					0,209852556
VERIFICA D <sub>max</sub> <D <sub>α</sub>					si



Test statistici di adattamento  $\chi^2$  di Pizzetti-Pearson

**Stazione di Rocca di Mezzo**

N = 42

Piogge di durata 1 ora

a= 0,139186

Xo= 15,36717

altezza di pioggia	frequenza assoluta campiona	esp[-esp(-a(h-Xo))]	probabilità di Gumbel	frequenza assoluta teorica	scostamento
h[mm]	n <sub>i</sub>		P	v <sub>i</sub> =ΔP*N	(v <sub>i</sub> -n <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> /v <sub>i</sub>
0	6	0	0		
12,6	13	0,229963455	0,22996345	9,6584651	1,38576541
16,4	12	0,420588976	0,19062552	8,0062719	3,11472314
23,8	11	0,734025643	0,31343667	13,16434	0,10298182
∞		1	0,26597436	11,170923	0,00261524
$\chi^2_o = \sum [(v_i - n_i)^2 / v_i] =$					4,60608562
gdl=num di classi-2-1=					1
α(livello di significatività)=					0,05
$\chi^2_T = f(gdl; \alpha) =$					3,84
VERIFICA $\chi^2_o < \chi^2_T$					no

42

42

Piogge di durata 12 ore

a= 0,086079

Xo= 43,73718

altezza di pioggia	frequenza assoluta campiona	esp[-esp(-a(h-Xo))]	probabilità di Gumbel	frequenza assoluta teorica	scostamento
h[mm]	n <sub>i</sub>		P	v <sub>i</sub> =ΔP*N	(v <sub>i</sub> -n <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> /v <sub>i</sub>
0	7	0	0		
35,8	12	0,138033774	0,13803377	5,7974185	0,24945625
46,6	10	0,457679391	0,31964562	13,425116	0,15128029
53,8	6	0,6566879	0,19900851	8,3583574	0,32243063
64,6	7	0,847058769	0,19037087	7,9955765	0,49806609
∞		1	0,15294123	6,4235317	0,05173411
$\chi^2_o = \sum [(v_i - n_i)^2 / v_i] =$					1,27296737
gdl=num di classi-2-1=					2
α(livello di significatività)=					0,05
$\chi^2_T = f(gdl; \alpha) =$					5,99
VERIFICA $\chi^2_o < \chi^2_T$					si

42

42

Piogge di durata 3 ore

$$a = 0,114993$$

$$X_0 = 22,66134$$

altezza di pioggia	frequenza assoluta campiona	$\exp[-\exp(-a(h-X_0))]$	probabilità di Gumbel	frequenza assoluta teorica	scostamento
$h[\text{mm}]$	$n_i$		$P$	$v_i = \Delta P \cdot N$	$(v_i - n_i)^2 / v_i$
0		0	0		
	7				
20		0,257166927	0,25716693	10,801011	1,33762332
	15				
25		0,465707682	0,20854076	8,7587117	4,44742112
	10				
30,2		0,656879017	0,19117134	8,0291961	0,48374309
	10				
$\infty$		1	0,34312098	14,411081	1,35018585
$\chi^2_e = \sum [(v_i - n_i)^2 / v_i] =$					7,61897338
gdl=num di classi-2-1=					1
$\alpha$ (livello di significatività)=					0,05
$\chi^2_T = f(\text{gdl}; \alpha) =$					3,84
VERIFICA $\chi^2_e < \chi^2_T$					no

42

42

Piogge di durata 24 ore

$$a = 0,063431$$

$$X_0 = 56,88812$$

altezza di pioggia	Frequenza assoluta	$\exp[-\exp(-a(h-X_0))]$	probabilità di Gumbel	frequenza assoluta teorica	scostamento
$h[\text{mm}]$	$n_i$		$P$	$v_i = \Delta P \cdot N$	$(v_i - n_i)^2 / v_i$
0		0	0		
	5				
41,4		0,069187889	0,06918789	2,9058913	1,5091036
	5				
51,4		0,242586283	0,17339839	7,2827326	0,71551
	9				
60,5		0,451470542	0,20888426	8,7731389	0,00586631
	8				
72,6		0,691338869	0,23986833	10,07447	0,42716142
	7				
82,2		0,818094233	0,12675536	5,3237253	0,52780654
	8				
$\infty$		1	0,18190577	7,6400422	0,01695928
$\chi^2_e = \sum [(v_i - n_i)^2 / v_i] =$					3,20240714
gdl=num di classi-2-1=					3
$\alpha$ (livello di significatività)=					0,05
$\chi^2_T = f(\text{gdl}; \alpha) =$					7,81
VERIFICA $\chi^2_e < \chi^2_T$					si

42

42

**Piogge di durata 6 ora**

a= 0,103164

Xo= 31,02862

altezza di pioggia	frequenza assoluta campiona	$\exp[-\exp(-a(h-X_o))]$	probabilità di Gumbel	frequenza assoluta teorica	scostamento
h[mm]	$n_i$		P	$v_i = \Delta P \cdot N$	$(v_i - n_i)^2 / v_i$
0		0	0		
	5				
22		0,079014782	0,07901478	3,3186208	0,85187072
	5				
28		0,254931727	0,17591695	7,3885117	0,77214308
	8				
33,6		0,464405855	0,20947413	8,7979134	0,07236554
	12				
39,6		0,661647696	0,19724184	8,2841574	1,66673398
	12				
$\infty$		1	0,3383523	14,210797	0,34393724
$\chi^2_c = \sum [(v_i - n_i)^2 / v_i] =$					3,70705056
gdl=num di classi-2-1=					2
$\alpha$ (livello di significatività)=					0,05
$\chi^2_T = f(gdl, \alpha) =$					5,99
VERIFICA $\chi^2_c < \chi^2_T$					si

42

42



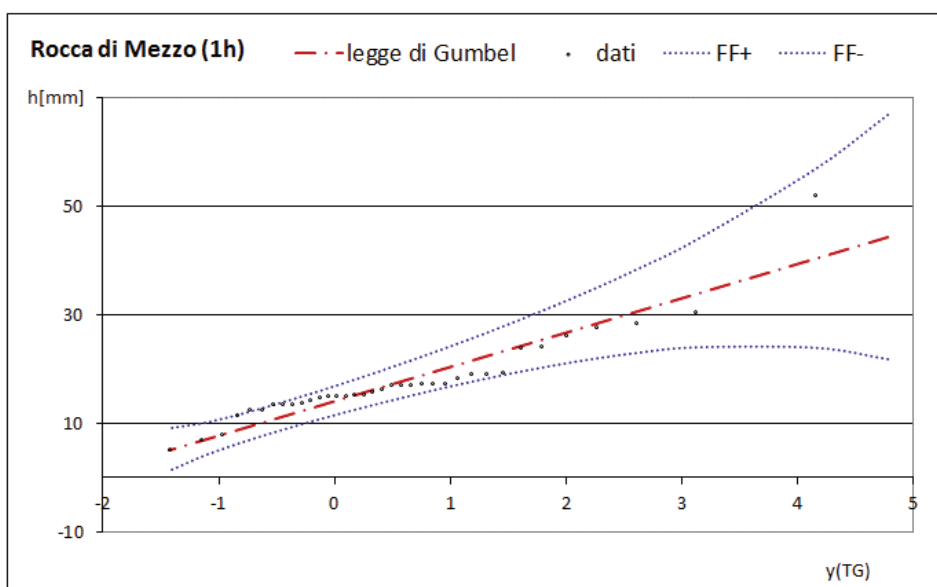
## Test statistici di adattamento *fasce fiduciarie*.

Piogge di durata 1 ora

a= 0,139186

Xo= 15,36717

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	variabile di Gumbel	altezza di pioggia teorica	Probabilità di Gumbel	dendità di probabilità di Gumbel	s. q. m. della variabile	limite superiore della	limite inferiore della
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	y(T <sub>G</sub> )	h <sub>i</sub> [mm]	P	f	σ*	FF+	FF-
52,0	1	75,2143	4,3137	46,4	0,9867	0,00184	9,6147	65,204	27,515
46,2	2	27,0000	3,2770	38,9	0,9630	0,00506	5,7609	50,203	27,620
31,4	3	16,4531	2,7693	35,3	0,9392	0,00820	4,4975	44,079	26,449
31,0	4	11,8315	2,4269	32,8	0,9155	0,01125	3,8145	40,280	25,327
30,4	5	9,2368	2,1665	30,9	0,8917	0,01422	3,3712	37,540	24,325
28,4	6	7,5755	1,9550	29,4	0,8680	0,01710	3,0539	35,399	23,427
28,0	7	6,4207	1,7761	28,1	0,8443	0,01989	2,8125	33,640	22,615
27,6	8	5,5714	1,6204	27,0	0,8205	0,02259	2,6210	32,146	21,872
26,2	9	4,9206	1,4820	26,0	0,7968	0,02519	2,4645	30,845	21,184
24,2	10	4,4059	1,3570	25,1	0,7730	0,02770	2,3334	29,690	20,543
24,2	11	3,9886	1,2426	24,3	0,7493	0,03010	2,2218	28,649	19,940
23,8	12	3,6436	1,1368	23,5	0,7255	0,03240	2,1252	27,700	19,370
19,4	13	3,3535	1,0382	22,8	0,7018	0,03459	2,0408	26,826	18,826
19,2	14	3,1062	0,9454	22,2	0,6781	0,03667	1,9662	26,013	18,306
19,0	15	2,8929	0,8577	21,5	0,6543	0,03863	1,8997	25,253	17,806
19,0	16	2,7069	0,7741	20,9	0,6306	0,04047	1,8402	24,536	17,322
18,4	17	2,5435	0,6942	20,4	0,6068	0,04219	1,7865	23,856	16,853
17,4	18	2,3986	0,6173	19,8	0,5831	0,04378	1,7379	23,208	16,396
17,4	19	2,2694	0,5431	19,3	0,5594	0,04523	1,6937	22,588	15,949
17,2	20	2,1534	0,4711	18,8	0,5356	0,04654	1,6534	21,992	15,511
17,0	21	2,0486	0,4010	18,2	0,5119	0,04771	1,6166	21,416	15,079
17,0	22	1,9536	0,3324	17,8	0,4881	0,04873	1,5830	20,858	14,653
17,0	23	1,8670	0,2652	17,3	0,4644	0,04958	1,5522	20,315	14,230
16,4	24	1,7878	0,1990	16,8	0,4406	0,05026	1,5241	19,785	13,810
15,8	25	1,7150	0,1336	16,3	0,4169	0,05077	1,4986	19,265	13,390
15,4	26	1,6479	0,0688	15,9	0,3932	0,05109	1,4754	18,753	12,970
15,2	27	1,5858	0,0042	15,4	0,3694	0,05120	1,4545	18,248	12,546
15,0	28	1,5283	-0,0604	14,9	0,3457	0,05111	1,4359	17,748	12,119
15,0	29	1,4748	-0,1252	14,5	0,3219	0,05079	1,4195	17,250	11,685
15,0	30	1,4249	-0,1906	14,0	0,2982	0,05022	1,4056	16,752	11,243
14,8	31	1,3783	-0,2569	13,5	0,2745	0,04939	1,3941	16,254	10,789
14,2	32	1,3346	-0,3246	13,0	0,2507	0,04828	1,3853	15,750	10,320
13,8	33	1,2936	-0,3940	12,5	0,2270	0,04685	1,3797	15,240	9,832
13,6	34	1,2551	-0,4659	12,0	0,2032	0,04507	1,3776	14,720	9,320
13,6	35	1,2188	-0,5410	11,5	0,1795	0,04291	1,3800	14,185	8,776
13,6	36	1,1845	-0,6203	10,9	0,1557	0,04031	1,3881	13,631	8,190
12,6	37	1,1521	-0,7055	10,3	0,1320	0,03720	1,4039	13,050	7,547
12,6	38	1,1214	-0,7989	9,6	0,1083	0,03350	1,4311	12,432	6,822
11,4	39	1,0923	-0,9045	8,9	0,0845	0,02907	1,4767	11,763	5,974
8,0	40	1,0647	-1,0298	8,0	0,0608	0,02369	1,5561	11,018	4,918
7,0	41	1,0385	-1,1927	6,8	0,0370	0,01699	1,7151	10,160	3,437
5,2	42	1,0135	-1,4633	4,9	0,0133	0,00799	2,2106	9,186	0,521

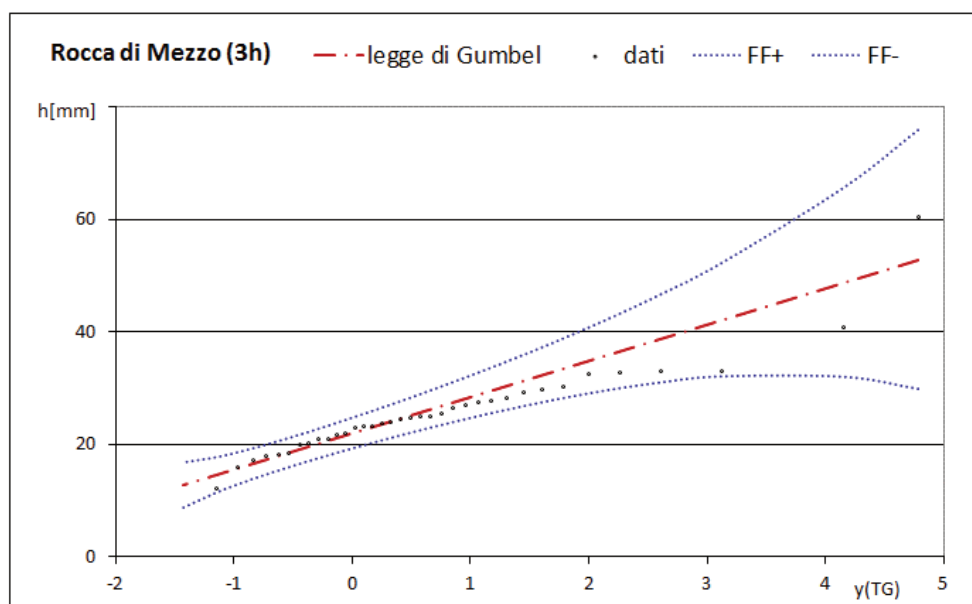


Piogge di durata 3 ore

a= 0,114993

Xo= 22,66134

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	variabile di Gumbel	altezza di pioggia teorica	Probabilità di Gumbel	dendità di probabilità di Gumbel	s.q.m. della variabile	limite superiore della	limite inferiore della
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	y(T <sub>G</sub> )	h <sub>t</sub> [mm]	P	f	σ*	FF+	FF-
74,8	1	75,2143	4,3137	60,2	0,9867	0,00152	11,6374	82,983	37,364
60,4	2	27,0000	3,2770	51,2	0,9630	0,00418	6,9729	64,826	37,492
42,6	3	16,4531	2,7693	46,7	0,9392	0,00677	5,4438	57,414	36,074
40,8	4	11,8315	2,4269	43,8	0,9155	0,00930	4,6171	52,816	34,717
35,2	5	9,2368	2,1665	41,5	0,8917	0,01175	4,0804	49,499	33,504
34,4	6	7,5755	1,9550	39,7	0,8680	0,01413	3,6964	46,907	32,417
33,0	7	6,4207	1,7761	38,1	0,8443	0,01644	3,4042	44,779	31,434
33,0	8	5,5714	1,6204	36,8	0,8205	0,01867	3,1725	42,970	30,534
32,6	9	4,9206	1,4820	35,5	0,7968	0,02082	2,9829	41,395	29,702
32,4	10	4,4059	1,3570	34,5	0,7730	0,02288	2,8243	39,998	28,926
30,2	11	3,9886	1,2426	33,5	0,7493	0,02487	2,6892	38,738	28,196
29,6	12	3,6436	1,1368	32,5	0,7255	0,02677	2,5724	37,589	27,506
29,2	13	3,3535	1,0382	31,7	0,7018	0,02858	2,4701	36,531	26,848
28,2	14	3,1062	0,9454	30,9	0,6781	0,03029	2,3798	35,547	26,218
27,6	15	2,8929	0,8577	30,1	0,6543	0,03191	2,2994	34,626	25,613
27,4	16	2,7069	0,7741	29,4	0,6306	0,03344	2,2273	33,759	25,028
27,0	17	2,5435	0,6942	28,7	0,6068	0,03486	2,1623	32,936	24,460
27,0	18	2,3986	0,6173	28,0	0,5831	0,03617	2,1035	32,152	23,907
26,4	19	2,2694	0,5431	27,4	0,5594	0,03737	2,0500	31,402	23,366
25,4	20	2,1534	0,4711	26,8	0,5356	0,03845	2,0012	30,680	22,835
25,0	21	2,0486	0,4010	26,1	0,5119	0,03942	1,9567	29,983	22,313
25,0	22	1,9536	0,3324	25,6	0,4881	0,04026	1,9160	29,308	21,797
25,0	23	1,8670	0,2652	25,0	0,4644	0,04096	1,8788	28,650	21,285
24,6	24	1,7878	0,1990	24,4	0,4406	0,04153	1,8448	28,008	20,776
24,4	25	1,7150	0,1336	23,8	0,4169	0,04194	1,8138	27,379	20,268
24,0	26	1,6479	0,0688	23,3	0,3932	0,04221	1,7858	26,760	19,759
23,6	27	1,5858	0,0042	22,7	0,3694	0,04230	1,7605	26,148	19,247
23,2	28	1,5283	-0,0604	22,1	0,3457	0,04222	1,7380	25,543	18,730
23,2	29	1,4748	-0,1252	21,6	0,3219	0,04196	1,7182	24,940	18,205
22,8	30	1,4249	-0,1906	21,0	0,2982	0,04149	1,7013	24,338	17,669
22,0	31	1,3783	-0,2569	20,4	0,2745	0,04081	1,6874	23,734	17,120
21,6	32	1,3346	-0,3246	19,8	0,2507	0,03989	1,6768	23,125	16,552
20,8	33	1,2936	-0,3940	19,2	0,2270	0,03870	1,6699	22,508	15,962
20,8	34	1,2551	-0,4659	18,6	0,2032	0,03724	1,6674	21,878	15,342
20,2	35	1,2188	-0,5410	18,0	0,1795	0,03545	1,6703	21,231	14,683
20,0	36	1,1845	-0,6203	17,3	0,1557	0,03330	1,6801	20,560	13,974
18,4	37	1,1521	-0,7055	16,5	0,1320	0,03074	1,6993	19,856	13,195
18,2	38	1,1214	-0,7989	15,7	0,1083	0,02768	1,7322	19,109	12,318
17,8	39	1,0923	-0,9045	14,8	0,0845	0,02401	1,7874	18,299	11,292
17,0	40	1,0647	-1,0298	13,7	0,0608	0,01957	1,8835	17,398	10,014
15,8	41	1,0385	-1,1927	12,3	0,0370	0,01404	2,0760	16,359	8,221
12,0	42	1,0135	-1,4633	9,9	0,0133	0,00661	2,6757	15,180	4,692

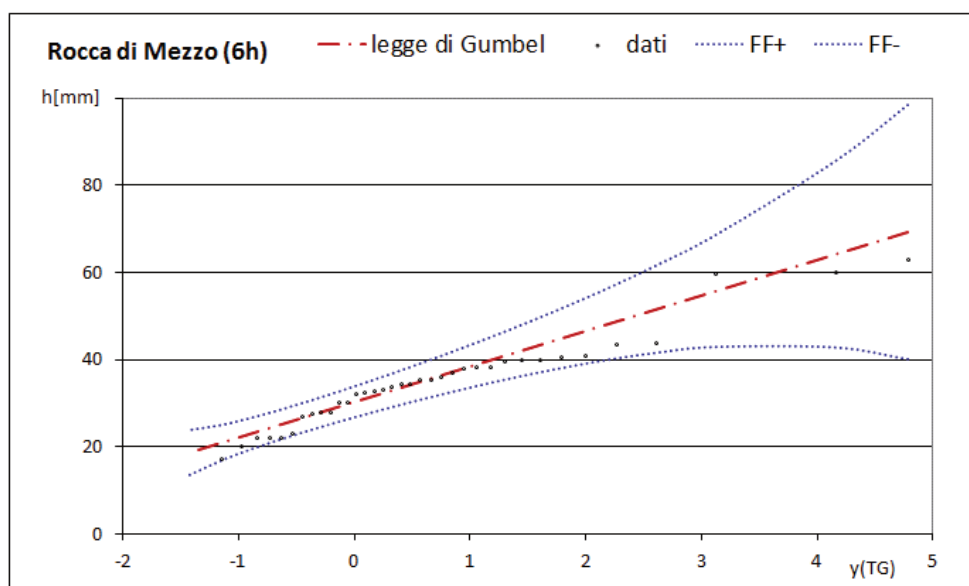


Piogge di durata 6 ore

a= 0,103164

Xo= 31,02862

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	variabile di Gumbel	altezza di pioggia teorica	Probabilità di Gumbel	dendità di probabilità di Gumbel	s.q.m. della variabile	limite superiore della	limite inferiore della
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	y(T <sub>G</sub> )	h <sub>t</sub> [mm]	P	f	σ*	FF+	FF-
82,8	1	75,2143	4,3137	72,8	0,9867	0,00136	12,9719	98,267	47,418
62,8	2	27,0000	3,2770	62,8	0,9630	0,00375	7,7724	78,028	47,560
60,0	3	16,4531	2,7693	57,9	0,9392	0,00608	6,0680	69,766	45,979
59,8	4	11,8315	2,4269	54,6	0,9155	0,00834	5,1465	64,641	44,467
50,0	5	9,2368	2,1665	52,0	0,8917	0,01054	4,5483	60,943	43,114
44,4	6	7,5755	1,9550	50,0	0,8680	0,01268	4,1202	58,054	41,903
43,8	7	6,4207	1,7761	48,2	0,8443	0,01475	3,7945	55,682	40,807
43,6	8	5,5714	1,6204	46,7	0,8205	0,01675	3,5362	53,666	39,804
40,8	9	4,9206	1,4820	45,4	0,7968	0,01867	3,3250	51,911	38,877
40,6	10	4,4059	1,3570	44,2	0,7730	0,02053	3,1482	50,353	38,012
40,0	11	3,9886	1,2426	43,1	0,7493	0,02231	2,9976	48,949	37,198
40,0	12	3,6436	1,1368	42,0	0,7255	0,02401	2,8673	47,668	36,428
39,6	13	3,3535	1,0382	41,1	0,7018	0,02564	2,7534	46,489	35,695
38,4	14	3,1062	0,9454	40,2	0,6781	0,02718	2,6527	45,392	34,994
38,2	15	2,8929	0,8577	39,3	0,6543	0,02863	2,5631	44,366	34,318
38,0	16	2,7069	0,7741	38,5	0,6306	0,03000	2,4827	43,398	33,666
36,8	17	2,5435	0,6942	37,8	0,6068	0,03127	2,4103	42,482	33,033
36,8	18	2,3986	0,6173	37,0	0,5831	0,03245	2,3447	41,608	32,417
36,0	19	2,2694	0,5431	36,3	0,5594	0,03352	2,2850	40,771	31,814
35,4	20	2,1534	0,4711	35,6	0,5356	0,03450	2,2307	39,967	31,223
35,2	21	2,0486	0,4010	34,9	0,5119	0,03536	2,1811	39,190	30,640
35,0	22	1,9536	0,3324	34,3	0,4881	0,03611	2,1357	38,437	30,065
34,4	23	1,8670	0,2652	33,6	0,4644	0,03675	2,0942	37,704	29,495
34,2	24	1,7878	0,1990	33,0	0,4406	0,03725	2,0563	36,988	28,928
33,6	25	1,7150	0,1336	32,3	0,4169	0,03763	2,0218	36,287	28,361
33,0	26	1,6479	0,0688	31,7	0,3932	0,03786	1,9905	35,597	27,794
32,6	27	1,5858	0,0042	31,1	0,3694	0,03795	1,9624	34,915	27,223
32,4	28	1,5283	-0,0604	30,4	0,3457	0,03788	1,9372	34,240	26,646
32,0	29	1,4748	-0,1252	29,8	0,3219	0,03764	1,9152	33,569	26,061
31,6	30	1,4249	-0,1906	29,2	0,2982	0,03722	1,8964	32,898	25,464
30,2	31	1,3783	-0,2569	28,5	0,2745	0,03661	1,8809	32,224	24,851
30,0	32	1,3346	-0,3246	27,9	0,2507	0,03578	1,8691	31,546	24,219
28,0	33	1,2936	-0,3940	27,2	0,2270	0,03472	1,8614	30,858	23,561
27,8	34	1,2551	-0,4659	26,5	0,2032	0,03341	1,8586	30,156	22,870
27,4	35	1,2188	-0,5410	25,8	0,1795	0,03180	1,8618	29,434	22,136
27,0	36	1,1845	-0,6203	25,0	0,1557	0,02988	1,8727	28,686	21,345
23,0	37	1,1521	-0,7055	24,2	0,1320	0,02758	1,8941	27,902	20,477
22,0	38	1,1214	-0,7989	23,3	0,1083	0,02483	1,9309	27,069	19,500
22,0	39	1,0923	-0,9045	22,3	0,0845	0,02154	1,9923	26,166	18,356
22,0	40	1,0647	-1,0298	21,0	0,0608	0,01756	2,0995	25,161	16,931
20,0	41	1,0385	-1,1927	19,5	0,0370	0,01259	2,3140	24,003	14,932
17,0	42	1,0135	-1,4633	16,8	0,0133	0,00593	2,9825	22,690	10,998



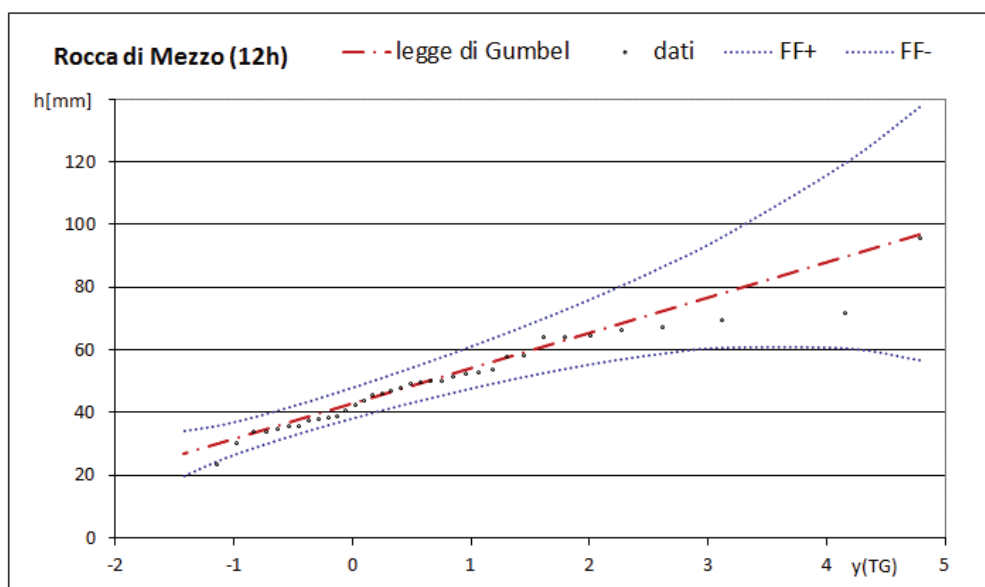


Piogge di durata 12 ore

a= 0,086079

Xo= 43,73718

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	variabile di Gumbel	altezza di pioggia teorica	Probabilità di Gumbel	densità di probabilità di Gumbel	s.q.m. della variabile	limite superiore della fascia	limite inferiore della
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	y(T <sub>G</sub> )	h <sub>t</sub> [mm]	P	f	σ*	FF*	FF-
95,8	1	75,2143	4,3137	93,8	0,9867	0,00114	15,5464	124,321	63,379
83,2	2	27,0000	3,2770	81,8	0,9630	0,00313	9,3150	100,065	63,550
71,8	3	16,4531	2,7693	75,9	0,9392	0,00507	7,2723	90,163	61,655
70,2	4	11,8315	2,4269	71,9	0,9155	0,00696	6,1679	84,020	59,842
69,4	5	9,2368	2,1665	68,9	0,8917	0,00880	5,4510	79,589	58,221
67,2	6	7,5755	1,9550	66,4	0,8680	0,01058	4,9379	76,127	56,770
66,2	7	6,4207	1,7761	64,4	0,8443	0,01230	4,5477	73,284	55,457
64,6	8	5,5714	1,6204	62,6	0,8205	0,01397	4,2381	70,868	54,255
64,2	9	4,9206	1,4820	61,0	0,7968	0,01558	3,9849	68,764	53,143
64,0	10	4,4059	1,3570	59,5	0,7730	0,01713	3,7730	66,897	52,106
58,2	11	3,9886	1,2426	58,2	0,7493	0,01862	3,5925	65,214	51,131
57,8	12	3,6436	1,1368	56,9	0,7255	0,02004	3,4364	63,679	50,209
56,2	13	3,3535	1,0382	55,8	0,7018	0,02139	3,2998	62,266	49,330
53,8	14	3,1062	0,9454	54,7	0,6781	0,02268	3,1792	60,952	48,489
52,8	15	2,8929	0,8577	53,7	0,6543	0,02389	3,0718	59,721	47,680
52,2	16	2,7069	0,7741	52,7	0,6306	0,02503	2,9755	58,562	46,898
51,4	17	2,5435	0,6942	51,8	0,6068	0,02609	2,8887	57,463	46,140
50,2	18	2,3986	0,6173	50,9	0,5831	0,02707	2,8100	56,416	45,401
50,0	19	2,2694	0,5431	50,0	0,5594	0,02797	2,7386	55,414	44,678
49,6	20	2,1534	0,4711	49,2	0,5356	0,02879	2,6734	54,449	43,970
49,0	21	2,0486	0,4010	48,4	0,5119	0,02951	2,6139	53,518	43,272
47,6	22	1,9536	0,3324	47,6	0,4881	0,03013	2,5596	52,616	42,582
47,0	23	1,8670	0,2652	46,8	0,4644	0,03066	2,5098	51,738	41,899
46,6	24	1,7878	0,1990	46,0	0,4406	0,03108	2,4644	50,880	41,219
45,8	25	1,7150	0,1336	45,3	0,4169	0,03140	2,4231	50,039	40,541
45,6	26	1,6479	0,0688	44,5	0,3932	0,03159	2,3856	49,212	39,860
45,0	27	1,5858	0,0042	43,8	0,3694	0,03167	2,3518	48,395	39,176
43,6	28	1,5283	-0,0604	43,0	0,3457	0,03161	2,3217	47,586	38,485
42,2	29	1,4748	-0,1252	42,3	0,3219	0,03141	2,2953	46,781	37,784
40,8	30	1,4249	-0,1906	41,5	0,2982	0,03106	2,2727	45,977	37,068
39,0	31	1,3783	-0,2569	40,8	0,2745	0,03055	2,2542	45,170	36,334
38,2	32	1,3346	-0,3246	40,0	0,2507	0,02986	2,2400	44,357	35,576
38,0	33	1,2936	-0,3940	39,2	0,2270	0,02897	2,2308	43,532	34,787
37,6	34	1,2551	-0,4659	38,3	0,2032	0,02788	2,2275	42,691	33,959
36,8	35	1,2188	-0,5410	37,5	0,1795	0,02654	2,2313	41,826	33,079
35,8	36	1,1845	-0,6203	36,5	0,1557	0,02493	2,2444	40,930	32,132
35,8	37	1,1521	-0,7055	35,5	0,1320	0,02301	2,2700	39,990	31,092
34,6	38	1,1214	-0,7989	34,5	0,1083	0,02072	2,3141	38,991	29,920
33,6	39	1,0923	-0,9045	33,2	0,0845	0,01798	2,3878	37,909	28,549
33,6	40	1,0647	-1,0298	31,8	0,0608	0,01465	2,5162	36,706	26,842
30,2	41	1,0385	-1,1927	29,9	0,0370	0,01051	2,7733	35,317	24,446
23,4	42	1,0135	-1,4633	26,7	0,0133	0,00494	3,5744	33,743	19,732



Pioggie di durata 24 ore

a= 0,063431

Xo= 56,88812

altezza di pioggia	rango	tempo di ritorno Grigorten	variabile di Gumbel	altezza di pioggia teorica	Probabilità di Gumbel	densità di probabilità di Gumbel	s.q.m. della variabile	limite superiore della fascia	limite inferiore della
h[mm]	i	T <sub>G</sub>	y(T <sub>G</sub> )	h <sub>t</sub> [mm]	P	f	σ*	FF+	FF-
129,8	1	75,2143	4,3137	124,9	0,9867	0,00084	21,0973	166,244	83,543
110,0	2	27,0000	3,2770	108,6	0,9630	0,00231	12,6410	133,327	83,775
93,6	3	16,4531	2,7693	100,5	0,9392	0,00374	9,8689	119,890	81,204
90,0	4	11,8315	2,4269	95,1	0,9155	0,00513	8,3702	111,555	78,744
88,4	5	9,2368	2,1665	91,0	0,8917	0,00648	7,3973	105,541	76,544
87,8	6	7,5755	1,9550	87,7	0,8680	0,00779	6,7011	100,843	74,575
87,4	7	6,4207	1,7761	84,9	0,8443	0,00907	6,1714	96,984	72,792
86,6	8	5,5714	1,6204	82,4	0,8205	0,01030	5,7513	93,706	71,161
82,2	9	4,9206	1,4820	80,3	0,7968	0,01148	5,4077	90,851	69,653
79,2	10	4,4059	1,3570	78,3	0,7730	0,01262	5,1202	88,317	68,245
76,6	11	3,9886	1,2426	76,5	0,7493	0,01372	4,8752	86,033	66,923
74,4	12	3,6436	1,1368	74,8	0,7255	0,01477	4,6634	83,951	65,670
74,0	13	3,3535	1,0382	73,3	0,7018	0,01576	4,4781	82,032	64,478
73,8	14	3,1062	0,9454	71,8	0,6781	0,01671	4,3144	80,249	63,337
73,0	15	2,8929	0,8577	70,4	0,6543	0,01760	4,1686	78,580	62,239
72,6	16	2,7069	0,7741	69,1	0,6306	0,01844	4,0379	77,006	61,178
72,6	17	2,5435	0,6942	67,8	0,6068	0,01923	3,9201	75,515	60,148
67,2	18	2,3986	0,6173	66,6	0,5831	0,01995	3,8134	74,094	59,146
66,0	19	2,2694	0,5431	65,4	0,5594	0,02061	3,7164	72,734	58,165
65,4	20	2,1534	0,4711	64,3	0,5356	0,02121	3,6280	71,425	57,204
62,6	21	2,0486	0,4010	63,2	0,5119	0,02174	3,5473	70,162	56,257
62,4	22	1,9536	0,3324	62,1	0,4881	0,02221	3,4735	68,937	55,321
60,8	23	1,8670	0,2652	61,1	0,4644	0,02259	3,4060	67,745	54,394
60,5	24	1,7878	0,1990	60,0	0,4406	0,02291	3,3444	66,581	53,471
59,6	25	1,7150	0,1336	59,0	0,4169	0,02314	3,2883	65,440	52,550
59,2	26	1,6479	0,0688	58,0	0,3932	0,02328	3,2374	64,318	51,627
57,8	27	1,5858	0,0042	57,0	0,3694	0,02333	3,1916	63,210	50,699
57,6	28	1,5283	-0,0604	55,9	0,3457	0,02329	3,1507	62,112	49,761
57,0	29	1,4748	-0,1252	54,9	0,3219	0,02314	3,1149	61,019	48,809
54,8	30	1,4249	-0,1906	53,9	0,2982	0,02289	3,0842	59,928	47,838
52,0	31	1,3783	-0,2569	52,8	0,2745	0,02251	3,0590	58,833	46,842
52,0	32	1,3346	-0,3246	51,8	0,2507	0,02200	3,0398	57,729	45,813
51,4	33	1,2936	-0,3940	50,7	0,2270	0,02135	3,0274	56,610	44,743
49,2	34	1,2551	-0,4659	49,5	0,2032	0,02054	3,0229	55,468	43,619
45,0	35	1,2188	-0,5410	48,4	0,1795	0,01956	3,0281	54,295	42,425
43,6	36	1,1845	-0,6203	47,1	0,1557	0,01837	3,0458	53,078	41,139
43,2	37	1,1521	-0,7055	45,8	0,1320	0,01695	3,0806	51,803	39,727
41,4	38	1,1214	-0,7989	44,3	0,1083	0,01527	3,1403	50,448	38,138
39,4	39	1,0923	-0,9045	42,6	0,0845	0,01325	3,2403	48,979	36,277
37,8	40	1,0647	-1,0298	40,7	0,0608	0,01080	3,4146	47,346	33,960
37,0	41	1,0385	-1,1927	38,1	0,0370	0,00774	3,7635	45,462	30,709
36,6	42	1,0135	-1,4633	33,8	0,0133	0,00364	4,8506	43,326	24,311

