

COMMITTENTE:

24



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE:



U.O. : PRODUZIONE SUD E ISOLE

PROGETTO PRELIMINARE

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO TERMOLI (e) – LESINA (e)

LOTTO 00 ELABORATI GENERALI

Relazione idrologica 2/3

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

L 0 3 2 0 2 R 1 1 R H I D 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	R. Velotta	Dic 2012	R. Laurenzana	Dic 2012	F. Geronzi	Dic. 2012	2012 Dicembre 2012

File: L03202R11RHID0001001_1.DOC

n. Elab.: X



LINEA PESCARA - BARI

LOTTO 00 ELABORATI GENERALI

Relazione idrologica 2/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	02	R11 RH	ID 00 01 001	1	2 di 15

INDICE

1	PREMESSA	3
2	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEI BACINI	4
3	CALCOLO DELLE PORTATE DEL FIUME BIFERNO.....	5
4	CALCOLO DELLE PORTATE PER I CORSI D'ACQUA MINORI.....	9
4.1	DATI PLUVIOMETRICI.....	9
4.2	LEGGE DI GUMBEL	10
4.3	CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA	12
4.4	STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA.....	13



LINEA PESCARA - BARI

LOTTO 00 ELABORATI GENERALI

Relazione idrologica 2/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	02	R11 RH	ID 00 01 001	1	3 di 15

1 PREMESSA

Il presente studio ha come obiettivo la stima delle portate di progetto dei corsi d'acqua intercettati dal tracciato della linea ferroviaria Termoli Lesine Lotto 2 allo scopo di effettuare la progettazione e la verifica idraulica delle opere di attraversamento presenti lungo la linea.

Oltre che con il Fiume Biferno la linea ferroviaria interferisce con numerosi corsi d'acqua minori. Relativamente a quest'ultimi per la stima delle portate è stata condotta preliminarmente un'analisi statistica dei dati pluviometrici della stazione Chieuti-Scalo ricostruendo le curve di possibilità pluviometriche per i periodi di ritorno di interesse (In accordo con il Manuale Italferr il periodo di ritorno è stato fissato pari a: 200 anni per corsi d'acqua che sottendono a bacini con estensione inferiore a 10 km²; 300 anni per corsi d'acqua che sottendono a bacini con estensione superiore a 10 km²). Come modello di trasformazione afflussi deflussi è stato considerato il modello cinematico utilizzando, per la stima del tempo di corrivazione, differenti espressioni disponibili in letteratura. Prudenzialmente per la definizione della portata è stato assunto il valore minimo dei tempi di corrivazione stimati (limitandolo tuttavia a quindici minuti). Per la stima invece delle portate del Fiume Biferno si è fatto riferimento alle curve interpolari redatte dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minore, Saccione e Fortore nell'Ambito per la redazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Biferno.



LINEA PESCARA - BARI

LOTTO 00 ELABORATI GENERALI

Relazione idrologica 2/3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	02	R11 RH	ID 00 01 001	1	4 di 15

2 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEI BACINI

Come detto in premessa nel presente Lotto la linea di progetto interferisce con un corso d'acqua principale (Biferno) ed alcuni secondari.


Il Biferno nasce alle falde del Matese presso Bojano (Monte Crocetta ad una quota di 950 m s.l.m.) e si snoda per una lunghezza complessiva di circa 112 km, interamente nell'ambito territoriale della provincia di Campobasso. Dopo aver attraversato il centro di Bojano, riceve le acque di numerosi affluenti, quali a sinistra il torrente Cervaro, vallone Coruntoli, vallone Grande, vallone Macchie; a destra il torrente Cigno, vallone Ingotte, rio di Oratino, vallone della Piana, torrente Rio, vallone Rio Vivo, torrente Rivolo. Dopo la piana di Bojano si incanala in una stretta valle, la valle del Biferno, caratterizzata, fino ad Oratino, da un paesaggio essenzialmente franoso; è solo verso Guardialfiera che la valle si allarga assumendo le caratteristiche del bassopiano; qui il Biferno riceve le acque del Cigno che scende dalla collina di Casacalenda. Il Biferno sfocia a circa 1.5 km a valle dell'intersezione con la linea ferroviaria in progetto, con una foce a cuspide deltizia molto pronunciata. Nella media valle del Biferno si trova anche il lago del Liscione, bacino artificiale di grande volume di invaso ottenuto dallo sbarramento del fiume in una strettoia dominata dal monte Pesolo. Il bacino sotteso dalla sezione di chiusura sulla linea ferroviaria in progetto (nuovo viadotto per raddoppio di linea) si estende su una superficie pari a 1314 km².

In aggiunta al succitato corso d'acqua il tratto della linea ferroviaria in oggetto interferisce con i corsi d'acqua minori riportati nella tabella che segue, la cui codifica segue quella riportata nella cartografia dei bacini. Nella stessa tabella sono altresì riportate le principali caratteristiche morfometriche dei bacini ad essi sottesi.

Lotto	PROGRESSIVA	N. BACINO	DENOMINAZIONE	AREA DEL BACINO SOTTESO [Km ²]	LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE [Km]	QUOTA MASIMA [m s.l.m.]	QUOTA SEZIONE DI CHIUSURA [m s.l.m.]
2	0+432	A2	Sevoce	3.09	2.8	110	5.3
2	2+535	D2	Vallone Serpentina	9.43	7.6	137	8
2	5+370	E2	Fosso	0.11	0.2	6	1.5

Tabella 1 Corsi d'acqua minori

A tali corsi d'acqua vanno ad aggiungersi ulteriori due corsi d'acqua:

	LINEA PESCARA - BARI					
	LOTTO 00 ELABORATI GENERALI					
Relazione idrologica 2/3	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	L032	02	R11 RH	ID 00 01 001	1	5 di 15

- Vallone Punta di Pizzo (1+554; Bacino B2; A=1.25 km²)
- Vallone delle Indie (1+929; Bacino C2; A=1.22 km²)

Tali corsi d'acqua si sviluppano in ambiente fortemente antropizzato e per essi non è possibile individuare una asta principale.

3 CALCOLO DELLE PORTATE DEL FIUME BIFERNO

Per la determinazione delle portate per differenti valori del periodo di ritorno si è fatto riferimento alle conclusioni a cui si è pervenuti nell'ambito della redazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Biferno redatto dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minore, Saccione e Fortore. La motivazione di tale scelta risiede sia nella metodologia seguita in quella sede (che appare altamente condivisibile e dettagliata) sia nella taratura condotta. Inoltre nel caso specifico del Fiume Biferno tale metodologia ha consentito di poter portare in conto in maniera ottimale anche la presenza dell'invaso di Liscione e dell'invaso di Arcigliano sul torrente Quirino. Rimandando ai documenti dell'Autorità di Bacino i dettagli in tale sede si riassumono i punti principali della metodologia ottenuta nonché i risultati a cui si è in quella sede pervenuti.

La simulazione dei fenomeni idrologici è stata condotta mediante la modellistica a parametri

distribuiti che consente l'analisi delle principali dinamiche che si verificano nel bacino


idrografico applicando, a livello distribuito, le equazioni di base del bilancio idrologico.

Con tale approccio, adottando la schematizzazione spaziale a griglia (raster), si attribuiscono ad ogni cella le informazioni relative alla morfologia del bacino, allo sviluppo del reticolo idrografico, alle caratteristiche del suolo, agli afflussi meteorici, che vengono successivamente utilizzate nelle varie equazioni di bilancio e di trasferimento per il calcolo dei deflussi nella varie sezioni dei corsi d'acqua.

A differenza dei modelli classici di tipo integrato, i modelli di tipo distribuito consentono una rappresentazione dei fenomeni idrologici più corretta da un punto di vista fisico,

conservandone le caratteristiche di variabilità spazio-temporale; per contro, necessitano di un livello informativo molto più dettagliato e oneri di calcolo maggiori.

Il modello ha previsto una serie di mappe relative alle grandezze idrologiche e geomorfologiche. La redazione delle mappe relative alle grandezze idrologiche è stata condotta a partire dalla geolitologia del bacino attribuendo a ciascun tipo di suolo o formazione geologica dei valori di riferimento e una data variabilità spaziale. Per i dati geografici si è utilizzato un modello digitale del terreno (DTM) di maglia adeguata a consentire l'individuazione delle linee di impluvio e una corretta individuazione dei bacini imbriferi. Il modello riceve in input i dati di precipitazione in una serie di stazioni ricadenti nel bacino o limitrofe ad esso.

	LINEA PESCARA - BARI					
	LOTTO 00 ELABORATI GENERALI					
Relazione idrologica 2/3	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	L032	02	R11 RH	ID 00 01 001	1	6 di 15

Dal punto di vista concettuale il modello valuta dapprima la formazione del deflusso superficiale mediante la simulazione del fenomeno dell'intercettazione e, successivamente, il trasferimento di tale deflusso sino alla sezione di chiusura. Il modello che simula il fenomeno dell'intercettazione calcola il deflusso superficiale di ciascuna cella, considerando sia la capacità di ritenuta del suolo che la velocità di infiltrazione a saturazione. Il modello porta in conto anche la componente di deflusso ipodermico che raggiunge il reticolo con tempi maggiori rispetto al deflusso superficiale. La simulazione delle modalità di trasferimento del deflusso superficiale si basa sulla schematizzazione del fenomeno mediante una componente di tipo cinematico e su una di tipo "serbatoio lineare" (modello tipo Clark). Il tempo di trasferimento per ciascuna cella, dipendente da entrambi i fenomeni sopra richiamati, è stimato in funzione della sua distanza dalla foce. La taratura del modello è stata effettuata sulla base di eventi noti ove, oltre alle precipitazioni, erano disponibili i dati di portata in una o più sezioni del bacino. La figura che segue, ripresa dalla Relazione Generale del PSAI, illustra in maniera quanto sopra succintamente sopra richiamato.

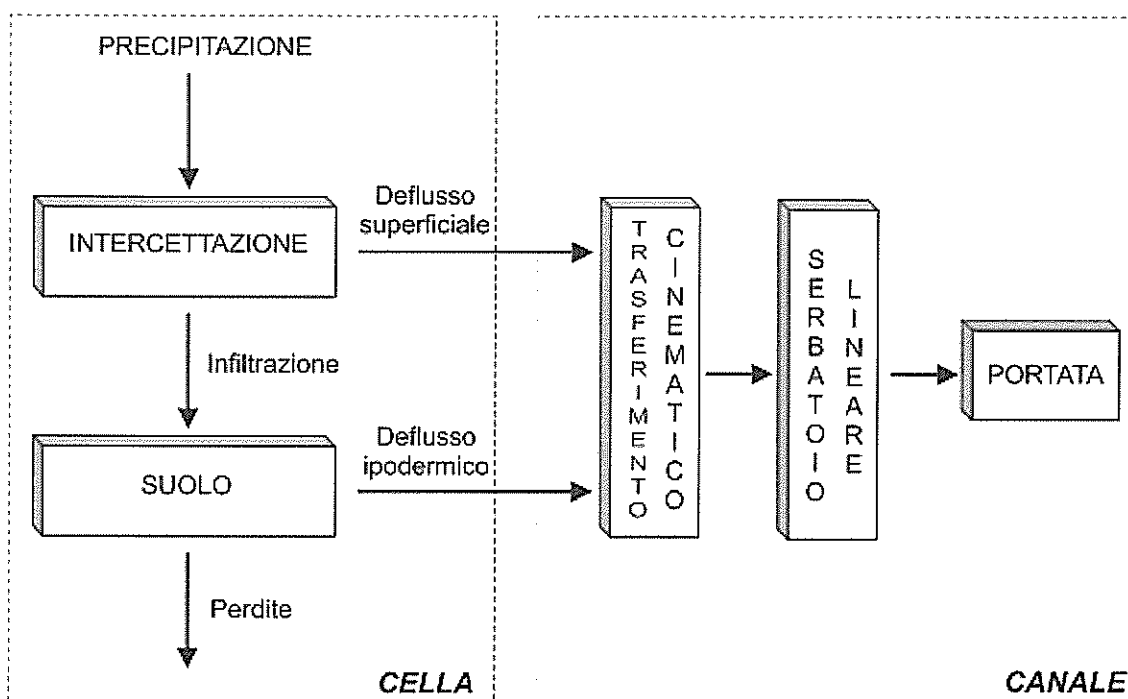


Figura 2 – Schema modello afflussi – deflussi (Fonte PSAI)

Nell'ambito dello studio sono costruite le curve inviluppo delle portate per il Fiume Biferno in funzione della dimensione del bacino, per differenti valori del periodo di ritorno ($T=20, 30, 100, 200, 500$). Nelle figure che seguono si riportano le corrispondenti per $T= 200$ e 500 anni

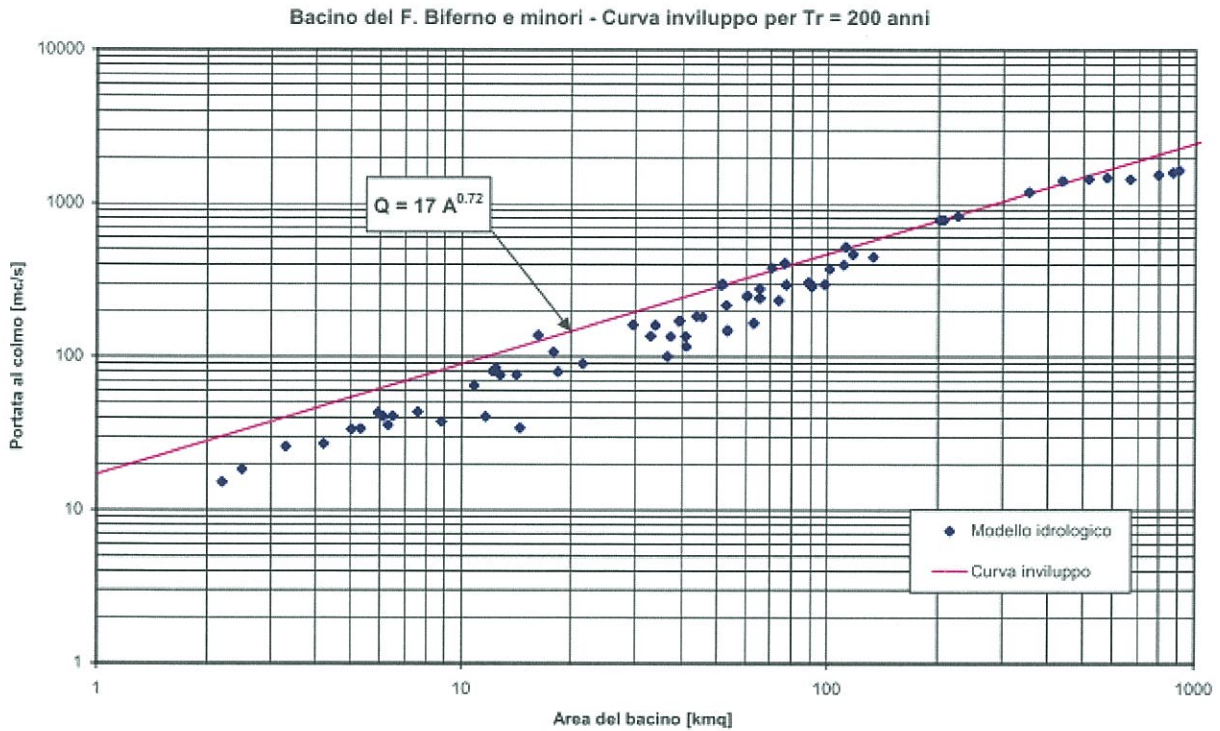


Figura 3a – Curva inviluppo $T=200$ anni (Fonte PSAI)

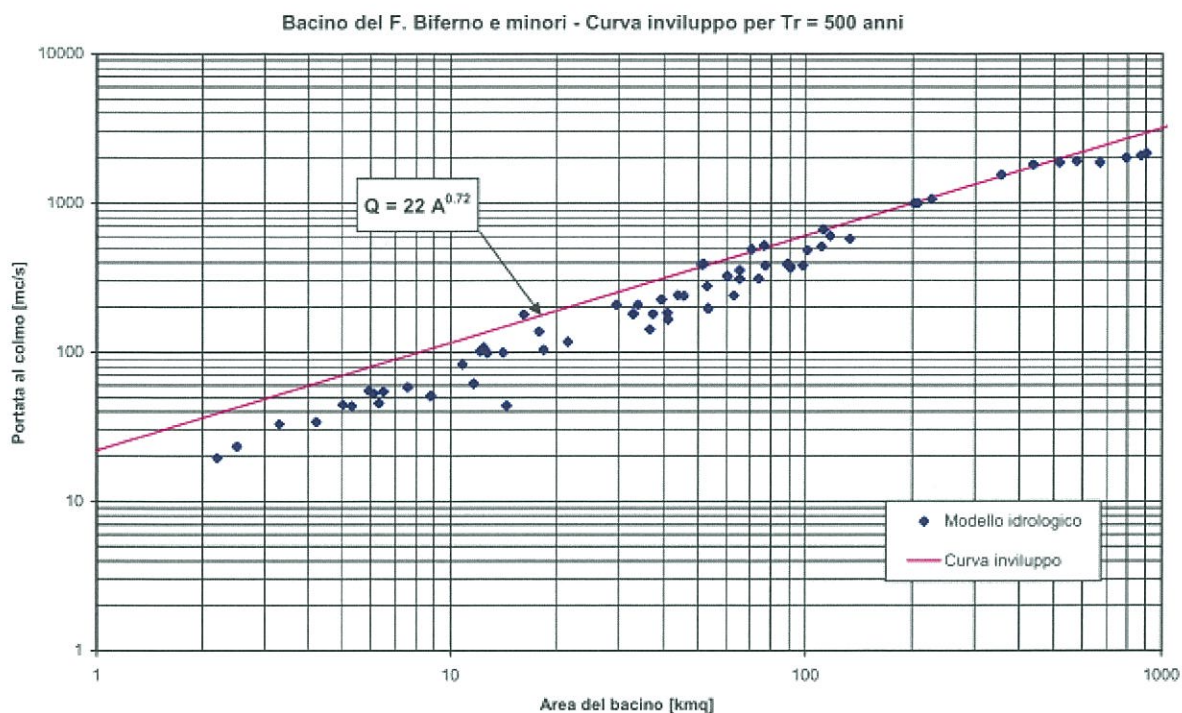


Figura 3b – Curva inviluppo $T=500$ anni (Fonte PSAI)

A partire quindi dalla regressione proposta dall'AdB è stato quindi possibile stimare il valore della portata per il fiume Biferno sino alla sezione di interesse ($A=1314 \text{ km}^2$) per $T= 200$ e 300 anni:

- $T=200$ anni $Q=2991 \text{ m}^3/\text{s}$
- $T=300$ anni $Q=3372 \text{ m}^3/\text{s}$

4 CALCOLO DELLE PORTATE PER I CORSI D'ACQUA MINORI

4.1 DATI PLUVIOMETRICI

4.1.1.1 Al fine di definire le legge di possibilità pluviometriche si è proceduto ad individuare, preliminarmente, la stazione pluviografica di Chieuti-Scalo (ex Torre Fantina). Da tale Stazione, dotata di un apparecchio registratore dell'andamento della pioggia nel tempo, sono stati raccolti un numero significativo di anni di osservazione. Allo scopo, dagli Annali Idrologici, pubblicati dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, per la suddetta stazione, sono stati desunti i dati relativi alle altezze di precipitazioni massime annue per durata comprese tra 1 e 24 ore. La serie dei dati pluviometrici disponibili nella suddetta stazione è relativa ad un arco temporale compreso fra il 1963 e il 2003. (cfr. Tabella 2).

Anno	h (mm)				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1963	58.50	95.50	112.00	114.70	131.20
1964	55.00	67.00	67.00	67.00	69.50
1965	42.00	47.00	48.30	48.30	48.30
1966	35.00	47.00	47.00	51.00	51.00
1967	26.00	40.00	40.00	49.00	61.00
1968	37.50	47.50	53.00	54.00	54.00
1969	42.00	56.00	67.00	71.00	73.00
1970	23.00	24.00	27.50	29.50	31.50
1971	23.00	26.00	36.50	40.30	48.00
1972	30.00	42.00	53.00	54.00	54.00
1973	35.00	44.00	44.20	44.60	45.10
1974	9.00	17.60	19.40	25.60	36.60
1975	12.80	17.60	21.60	29.40	30.40
1976	25.20	25.40	25.40	30.00	41.00
1977	48.00	129.60	198.40	202.40	202.60
1978	15.00	17.40	21.20	37.60	47.00
1979	12.80	27.00	47.00	48.40	48.40
1980	11.60	17.00	17.60	26.00	35.80
1981	21.40	21.80	24.60	25.60	47.40
1982	13.60	18.60	21.00	22.60	23.60
1983	30.00	31.20	32.00	35.40	40.20

Anno	h (mm)				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1985	18.80	28.40	51.60	52.80	52.80
1986	12.00	25.00	31.60	37.60	43.40
1987	22.00	32.60	32.60	49.40	53.60
1988	53.60	61.60	64.20	64.60	65.20
1989	20.20	29.20	29.40	30.40	37.40
1991	31.00	50.00	53.20	54.40	58.60
1992	26.00	32.40	42.00	50.20	50.20
1995	30.00	48.80	48.80	49.40	49.40
1996	50.00	68.00	69.40	71.20	71.20
1997	53.00	72.20	81.00	84.00	108.00
1998	17.00	26.00	28.80	34.00	65.20
1999	30.00	43.00	58.20	69.20	69.80
2000	20.80	27.20	35.00	42.80	43.00
2001	25.40	26.60	30.40	50.20	51.60
2002	32.80	67.20	72.60	72.80	83.40
2003	18.80	33.80	40.60	45.60	69.20

Tabella 2 Dati pluviografici

4.2 LEGGE DI GUMBEL

I massimi annuali di pioggia h_t , registrate nella stazione di misura, sono stati considerati alla stregua di variabili casuali distribuite secondo la legge di Gumbel espressa come:

$$P(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}} \quad (1)$$

Dove α ed ε sono due parametri caratteristici della distribuzione che si determinano mediante le seguenti espressioni:

$$\alpha = 1.2825 / \sigma \quad (2)$$

$$\varepsilon = \mu - 0.45006 * \sigma \quad (3)$$

Avendo indicato con μ e σ rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio della serie storica. Fissata una durata, è quindi possibile stimare i parametri μ e σ per qualsivoglia valore di $P(x)$ ovvero del periodo di ritorno T , stante la relazione

$$P(x) = 1 - 1/T = (T - 1) / T \quad (4)$$

Operando in maniera analoga per tutte le durate di pioggia indicate nei citati Annali, si è potuto quindi stimare i parametri della legge di Gumbel ed i valori di altezza di pioggia massima. Nella Tabella 3 si riportano i valori caratteristici desunti dall'elaborazione dei dati acquisiti.

	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
μ	28.86	41.38	48.46	53.11	59.23
σ	13.65	23.76	32.35	31.48	31.76
α	0.09	0.05	0.04	0.04	0.04
ε	22.72	30.70	33.91	38.95	44.94

Tabella 3. Parametri caratteristici della serie storica.

Nella Tabella 4 si riportano i valori dell'altezza di pioggia per le diverse durate per diversi periodi di ritorno.

T (anni)	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
	h(mm)				
300	83.37	136.29	177.66	178.86	186.11
200	79.05	128.76	167.42	168.89	176.05
100	71.65	115.88	149.88	151.82	158.83
50	64.22	102.95	132.28	134.69	141.54
25	56.74	89.93	114.55	117.43	124.13
10	46.66	72.37	90.64	94.16	100.66
5	38.67	58.47	71.72	75.75	82.08

Tabella 4 Altezze di poggio massime al variare del periodo di ritorno

4.3 CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

La curva di possibilità pluviometrica è stata ricavata assumendo un'espressione funzionale del tipo:

$$h_{d,T} = a d^n$$

i cui parametri, per ciascuno dei periodo di ritorno considerati, sono stati determinati tramite regressione dei dati riportati nella Tabella 4. Nella Tabella che segue si riportano i valori dei coefficienti a ed n, per i periodi di ritorno considerati

T	a	n
300	95.042	0.252
200	89.949	0.252

Tabella 5. Parametri delle curve di possibilità pluviometrica

Le curve di possibilità pluviometriche dedotte valgono tuttavia per durate dell'evento superiore all'ora.

È stato dimostrato¹ che il rapporto fra l'altezza di pioggia $h(t,T)$, con $d < 60$ minuti, e l'altezza di pioggia di durata 60 minuti e pari tempo di ritorno T è dipendente solo dalla durata t:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = f(t)$$

La relazione, trovata nell'ambito delle ricerche idrologiche condotte negli Stati Uniti, si fonda sulla grande variabilità geomorfologica nonché sulla vasta ed articolata quantità di dati ideologici e morfometrici del territorio Americano. Il dato più interessante che se ne trae è che il rapporto risulta poco dipendente dalla località. La relazione è stata inoltre confermata anche per vasti territori dell' Australia e dell'Africa. Più recentemente autori italiani hanno sperimentato la validità della relazione dianzi citata per vari territori del Sud-Italia². In quanto segue si riporta l'espressione di Bell per durate inferiori all'ora:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{d}{60} \right)^{0.55}$$

¹ Bell F.C. (1969), Generalized rainfall-duration frequency relationships " Journal of Hydraulic Engineering", ASCE,95

² Ferreri G.B., Ferro V. - 1996 - Rainfall intensity-duration-frequency relationships for South Italy. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 95.

in cui d risulta espresso in minuti. Nella figura che segue si riportano le leggi di possibilità pluviometriche per i periodi di ritorno di interesse.

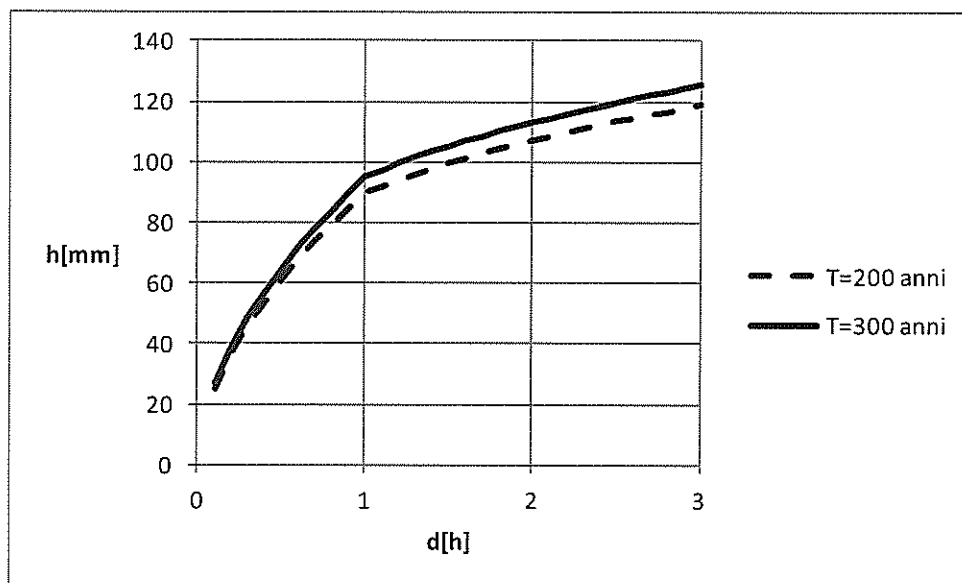


Figura 1 – Leggi di possibilità pluviometrica

4.4 Stima delle portate al colmo di piena

La portata di piena è stata valutata in base alla formula razionale come prodotto tra l'intensità di precipitazione, $i[t_c, T]$, di durata pari al tempo di corrivazione t_c e corrispondente al periodo di ritorno T , il coefficiente di afflusso ϕ , la superficie del bacino A :

$$Q = i[t_c, T] \phi A$$

Per la stima del tempo di corrivazione, alla luce delle estensioni dei bacini di interesse, si è fatto riferimento alle seguenti formule:

PEZZOLI

$$t_c = 0.55 \frac{L}{i^{0.5}}$$

in cui t_c [h] è il tempo di corrivazione, L [km] la massima lunghezza dell'asta, i la pendenza del bacino o la differenza di quota fra l'uscita ed il punto più remoto a monte diviso la lunghezza.

VENTURA

$$t_c = 0.1272 \sqrt{\frac{A}{i}}$$

in cui t_c [h] è il tempo di corrivazione, A [km²] è la superficie del bacino, i la pendenza del bacino o la differenza di quota fra l'uscita ed il punto più remoto a monte diviso la lunghezza.

PASINI

$$t_c = \frac{0.108}{\sqrt{i}} \sqrt[3]{AL}$$

in cui t_c [h] è il tempo di corrivazione, A [km²] è la superficie del bacino, L [km] la massima lunghezza dell'asta i la pendenza del bacino o la differenza di quota fra l'uscita ed il punto più remoto a monte diviso la lunghezza.

VIPARELLI

$$t_c = \frac{L}{V}$$

essendo, t_c espresso in secondi, L [m] la lunghezza dell'asta principale e V [m/s] la velocità di scorrimento dell'acqua nel percorso relativo sia ai versanti che alla rete idrografica, ritenuta dall'Autore pari a 1 m/s.

Nella tabella che segue si riportano per ciascuno dei corsi d'acqua i tempi di corrivazione calcolati, nonché il valore minimo assunto nelle successive elaborazioni, che comunque è stato limitato inferiormente a 15 minuti.

Lotto	Bacino	tc				
		Pezzoli	Ventura	Pasini	Viparelli	minimo
2	A2	0.809	1.162	1.157	0.786	0.786
2	D2	3.238	3.008	3.462	2.124	2.124
2	E2	0.066	0.272	0.191	0.052	0.25

Tabella 6 Tempi di corrivazione

In via cautelativa per Vallone Punta di Pizzo (Bacino B2) e per il Vallone delle Indie (Bacino C2) il tempo di corrivazione è stato posto pari a 0.25 h.

Per la stima delle portate di progetto si è considerato per corsi d'acqua sottesi a bacini imbriferi di estensione superiore a 10 km² un periodo di ritorno pari a 300 anni e per quelli di estensione minore un periodo di ritorno pari a 200 anni. Prudenzialmente si è assunto un coefficiente di afflusso pari a 0.6 per tutti i bacini, ad eccezione dei

bacini fortemente urbanizzati B2 e C2 per i quali si è assunto un coefficiente di afflusso pari a 0.7. Nella tabella che segue si riportano i risultati delle elaborazioni:

Lotto	N Bacino	A (kmq)	a	tc	hc (mm)	Q (m ³ /s)	u (l/s/ha)
2	A2	3.1	89.95	0.79	78.8	51.6	167
2	B2	1.3	89.95	0.25	42.0	41.0	326
2	C2	1.2	89.95	0.25	42.0	39.8	326
2	D2	9.4	89.95	2.12	108.8	80.5	85
2	E2	0.1	89.95	0.25	42.0	3.1	280

Tabella 7 Portate di progetto corsi d'acqua minori