

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.

S.O. IDRAULICA

PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI BARI

BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

IDROLOGIA E IDRAULICA

ELABORATI GENERALI

Relazione idrologica

SCALA:

-

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

IADR 00 D 11 RI ID0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione a seguito agg. Ente	M. Botta	SETT '23	D. De Rosa <i>D. De Rosa</i> L. Schiavone	SETT '23	G. Dimaggio <i>Giuseppe Dimaggio</i>	SETT '23	F. Cabas 29/09/2023 <i>F. Cabas</i> ITALFERR S.p.A. Ufficio di Direzione Ingegneri Via Po, 12 - 00198 Roma n. 1574 Tel. 06/49810000

File: IADR00D11RIID0001001A.doc

n. Elab.:

	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>NODO DI BARI</p> <p>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</p>												
<p>RELAZIONE IDROLOGICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IADR</td> <td>00</td> <td>D 11</td> <td>RIID0001001</td> <td>A</td> <td>1 di 63</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IADR	00	D 11	RIID0001001	A	1 di 63
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	1 di 63								

Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3.	ANALISI PLUVIOMETRICA.....	5
3.1	GENERALITÀ.....	5
4.	PROGETTO VAPI.....	5
4.1	MODELLO PROBABILISTICO TCEV.....	6
4.2	STIMA REGIONALE DEI PARAMETRI CON I MASSIMI GIORNALIERI.....	6
5.	ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI.....	17
5.1	ELABORAZIONE STATISTICA.....	26
5.2	SCELTA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	35
5.3	DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI INFERIORI ALL'ORA.....	39
6.	DEFINIZIONE DELLE PORTATE.....	40
6.1	IL METODO CINEMATICO.....	40
6.2	PERDITE IDROLOGICHE.....	43
6.3	PORTATE DI PROGETTO.....	51

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

1. PREMESSA

La linea ferroviaria Foggia – Bari attraversa a raso il territorio comunale di Bari nelle località Palese e Santo Spirito. La direttrice adriatica determina quindi una interruzione del tessuto urbano, con presenza di numerosi passaggi a livello, apportando pesanti ripercussioni sulla mobilità e sulla sicurezza degli abitanti.

Il progetto definitivo della “Variante di tracciato tra Palese e Santo Spirito” è parte di un più vasto complesso progettuale relativo all’evoluzione del Nodo ferroviario di Bari, volto alla razionalizzazione, riorganizzazione e ad un generale miglioramento del trasporto ferroviario, attraverso un organico inserimento delle reti ferroviarie nel territorio urbano della città di Bari e una riqualificazione urbanistica delle aree dismesse.

Il nuovo tracciato in variante ha origine dopo Giovinazzo, all’incirca al km 632+000 della linea Adriatica, ha un’estesa complessiva di circa 11,2 km e si sviluppa nella quasi sua interezza al di sotto del piano campagna. La progettazione preliminare è stata sviluppata sulla base della soluzione scelta da RFI al termine del PFTE di 1a fase, in cui sono state confrontate alternative progettuali mediante l’Analisi Multicriteria correlata, che ha consentito di determinare la soluzione vincente, ovvero la soluzione che risponde agli obiettivi dei decisori.

Il processo di progettazione ha inoltre tenuto conto delle osservazioni tecnico-funzionali formulate dalle competenti strutture tecniche di RFI e trasmesse ad Italferr in fase di avvio delle attività di progettazione preliminare, con nota del 19.11.2020 (RFI-DIN-DIS.AD\A0011\P\2020\0000581).

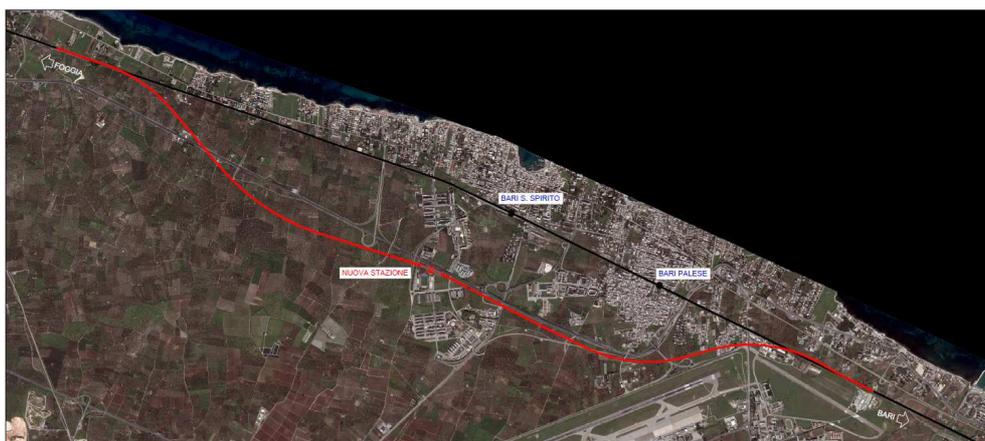


Figura 1 - Stralcio planimetrico dell’intervento

La presente relazione descrive lo studio idrologico eseguito al fine di determinare le portate di progetto per la verifica idraulica delle opere di attraversamento e la curva di possibilità pluviometrica per il dimensionamento delle opere di drenaggio di piattaforma ferroviaria e stradale.

Nel dettaglio l’analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- Perimetrazione dei maggiori bacini idrografici dell'area;
- Redazione delle corografie dei bacini idrografici;
- Calcolo delle altezze di pioggia per diversi tempi di ritorno mediante due differenti metodi:
 - Metodo VAPI;
 - Analisi statistica delle piogge cumulate mediante modelli probabilistici di Gumbel, Frechet e lognormale.
- Definizione delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all'ora (scrosci) necessarie per il dimensionamento delle opere di drenaggio di piattaforma stradale;
- Calcolo del tempo di corrivazione;
- Stima delle portate di progetto.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Sono state prese in considerazione le disposizioni legislative di seguito elencate.

R.D. 25/07/1904, n. 523 - “Testo unico delle disposizioni di alle opere idrauliche delle diverse categorie”;

R.D. 27/07/1934, n. 1265 - “Testo unico delle leggi sanitarie”;

Circolare 07/01/1974, n. 11633 – “Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto”;

D.M. 12/12/1985 - “Normativa tecnica per le tubazioni”;

Circolare 20/03/1986, n. 27291 – “Istruzioni relative alla normativa tecnica per le tubazioni”;

L.R. 15/05/1986, n. 27 – “Disciplina degli scarichi delle pubbliche fognature e degli scarichi degli insediamenti civili che non recapitano nelle pubbliche fognature e modifiche alla L.R. 18/06/1977, n. 39 e s.m.i.”.

L. 18/05/1989, n. 183 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;

D.lgs. 16/01/2008, n. 4 - “Codice dell’Ambiente” (modificazioni ed integrazioni al D.lgs. 152/2006, entrato in vigore il 13/02/2008);

D.M. 16/06/2008, n. 131 – “Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici”;

D.M. 04/04/2014 - “Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”;

Delibera G.R. 06/08/2014. N. 231 “Direttiva 2007/60/CE. Linee di indirizzo strategico per l’elaborazione del Piano di gestione del rischio alluvioni e programma delle attività conoscitive”;

Piano di Gestione Rischio di Alluvioni del Distretto idrografico Appennino Meridionale - (2016);

Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Puglia – 2019;

Manuale di Progettazione RFI – Edizione dicembre/2020;

Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

3. ANALISI PLUVIOMETRICA

3.1 GENERALITÀ

Lo studio delle piogge avviene utilizzando metodologie statistiche, basate su misure delle altezze di precipitazione realmente osservate.

La rappresentazione di un evento pluviometrico di una certa durata τ , viene effettuata mediante una curva, detta curva segnalatrice di possibilità pluviometrica o climatica, caratterizzata generalmente dalla seguente espressione:

$$h = at^n$$

nella quale h rappresenta l'altezza di precipitazione caduta nell'intervallo di tempo t ; a ed n sono dei coefficienti determinati statisticamente.

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (CCP) associate ai diversi tempi di ritorno T_r , nella presente applicazione vengono analizzati e confrontati i risultati ottenuti dall'applicazione di due distinte metodologie.

1. Progetto VAPI Puglia, con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, Valutazione delle Piene in Puglia [Copertino e Fiorentino, 1994], metodo di riferimento della Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia;
2. Analisi statistica dei massimi annui giornalieri della pioggia per le durate di precipitazione di 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrati ai pluviografi di Bari Osservatorio, Bari Politecnico, Bitonto, Giovinazzo, Ruvo di Puglia, Quasano, Spinazzola e Corato.

Le verifiche idrauliche vengono cautelativamente condotte con riferimento ai risultati più cautelativi in esito al confronto tra i due metodi.

4. PROGETTO VAPI

Il progetto VAPI è sviluppato a cura del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR (Copertino e Fiorentino 1994), conformemente al DPCM del 29.09.1998 e alla Relazione di Piano allegata al PAI approvato con delibera n.39 del 30/11/2005. Nel VAPI l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (two components extreme value). (Rossi et al. 1984); la peculiarità di questo modello è quella di riuscire a considerare anche gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

4.1 MODELLO PROBABILISTICO TCEV

La legge di distribuzione probabilistica utilizzata nel PAI per la variabile casuale h_t , massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata oraria o suboraria t , è la *Two Component Extreme Value (TCEV)*, secondo cui i valori estremi di una grandezza idrologica provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali e un'altra degli eventi eccezionali (outliers), legati a differenti fenomeni meteorologici.

Tale distribuzione ha la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (log-normale, Gumbel, Fréchet, ecc.) riescono a rendere conto.

La funzione di distribuzione di probabilità della h_t è funzione di 4 parametri: Λ_1 , θ_1 , Λ_2 e θ_2 , che esprimono il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori a una soglia delle due popolazioni (Λ_1 e Λ_2) e il loro valore medio (θ_1 e θ_2) con Λ_1 , θ_1 relativi ad una componente base contenente i valori medi e bassi e Λ_2 , θ_2 relativi ad una componente straordinaria contenente i valori più elevati. Se si pone $\theta_* = \theta_2/\theta_1$ e $\Lambda_* = \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\theta_*}$, si può considerare la quaterna di parametri Λ_* , θ_* , Λ_1 e θ_1 . La funzione di distribuzione di probabilità della variabile casuale $x = h_t$ (massimo annuale della pioggia di durata t) è espressa come segue:

$$F_X(X) = \exp \left(- \Lambda_1 \exp \left(- \frac{x}{\theta_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left(- \frac{x}{\theta_2} \right) \right)$$

Si può dimostrare che il coefficiente d'asimmetria $\xi(h_t)$ dipende soltanto dai parametri Λ_* e θ_* , il coefficiente di variazione $\gamma(h_t)$ dipende dai parametri Λ_* , θ_* e Λ_1 .

4.2 STIMA REGIONALE DEI PARAMETRI CON I MASSIMI GIORNALIERI

Con regionalizzazione delle altezze di pioggia $h(t)_k$ nei diversi pluviometri $k=1,2,\dots,n$ s'intende l'aggregazione di tali variabili in gruppi con caratteristiche stocastiche comuni. Si richiede generalmente che i raggruppamenti abbiano anche riferimenti geografici.

Sono stati utilizzati tre livelli di regionalizzazione:

- I. Regioni omogenee rispetto ai parametri Λ_* e θ_* , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente d'asimmetria $\xi(h_t)$
- II. Zone omogenee rispetto ai parametri Λ_* , θ_* e Λ_1 , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione $\gamma(h_t)$
- III. Sottozone omogenee rispetto ai parametri Λ_* , θ_* , Λ_1 , θ_1 dai cui dipende la media $\mu(t)$

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali, in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i tre parametri della TCEV.

La dipendenza del fattore di crescita con la durata si può ritenere trascurabile, infatti, calcolando sulle stazioni disponibili le medie pesate dei coefficienti di asimmetria, C_a , e dei coefficienti di variazione, C_v , alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria. L'indipendenza dalla durata di K_T autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Il valore di K_T può essere calcolato, invece, in funzione del tempo di ritorno T attraverso un'approssimazione asintotica della curva di crescita (Rossi e Villani, 1995):

$$K_T = a + b \ln T$$

dove per:

- la Puglia Centro-Meridionale i valori di a e b da adottare sono rispettivamente 0,1599 e 0,5166
- la Puglia Settentrionale 0,5648 e 0,415.

Le leggi di probabilità pluviometriche definiscono come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata d , $\mu[h(d)]$, con la durata stessa. Per la Puglia è stata adottata una espressione del tipo:

$$\mu(h/d) = a \cdot t^n$$

I parametri della sono costanti all'interno di singole aree pluviometriche omogenee, e variano nel passare dall'una all'altra. Per tener conto della variabilità di $\mu[h(d)]$ con la quota Z , è possibile generalizzare la relazione precedente attraverso un'espressione del tipo:

$$\mu[h(d,Z)] = a \cdot t^n$$

Per potere utilizzare le formule che contengono dati relativi alle precipitazioni in termini di altezze o di intensità si è provveduto alla determinazione di tali parametri sulla base dei dati pluviometrici regionali elaborati nel progetto VAPI.

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV, è utile rappresentare la legge $F(Xt)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

assegnata durata X_t come prodotto tra il suo valore medio $\mu(X_t)$ ed una quantità $K_{T,t}$, detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t , definito dal rapporto:

$$K_{t,T} = \frac{X_{t,T}}{\mu(X_t)}$$

$$n(Z) = \frac{C \cdot Z + D + \ln \alpha - \ln Z}{\ln 24}$$

in cui $\alpha = x_g / x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche relative ad uno stesso periodo di misure. Nel caso della regione Puglia per la quale il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89, sono state individuate 6 zone pluviometriche omogenee rappresentate nella figura seguente.

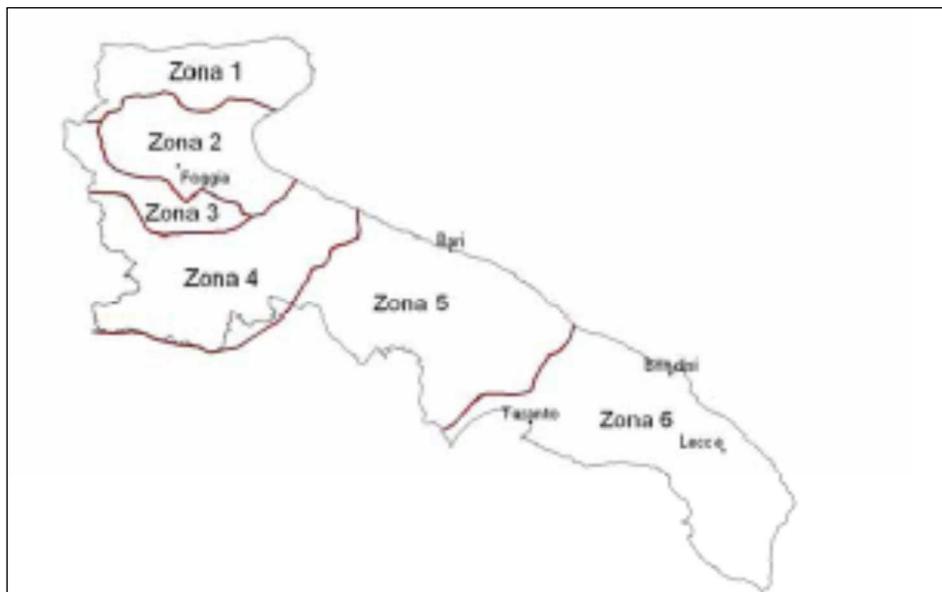


Figura 2 - Sottozone pluviometriche omogenee regione Puglia

Mentre C e D sono i coefficienti della regressione lineare fra il valore medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota del sito di riferimento (tabella sottostante).

α	C	D
0.89	0.0022	4.1223

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

Per ciascuna delle quali è possibile determinare la curva di possibilità pluviometrica (funzione, nella maggior parte dei casi, del solo parametro della quota assoluta sul livello del mare) per mezzo della quale viene valutata l'altezza di pioggia critica per i differenti intervalli di precipitazione e per differenti tempi di ritorno, sulla base delle seguenti equazioni:

$$\text{Zona 1} \rightarrow x(t, z) = 26.8 t^{[(0.720+0.00503 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 2} \rightarrow x(t) = 22.23 t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3} \rightarrow x(t, z) = 25.325 t^{[(0.0696+0.00531 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 4} \rightarrow x(t) = 24.70 t^{0.256}$$

$$\text{Zona 5} \rightarrow x(t, z) = 28.2 t^{[(0.628+0.0002 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 6} \rightarrow x(t, z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]}$$

Ai valori così ottenuti vanno applicati i coefficienti moltiplicativi relativamente al fattore di crescita K_T , riportato nella tabella seguente al variare del tempo di ritorno.

Tr [Anni]	K_T
10	1.349
25	1.823
50	2.181
100	2.539
200	2.897

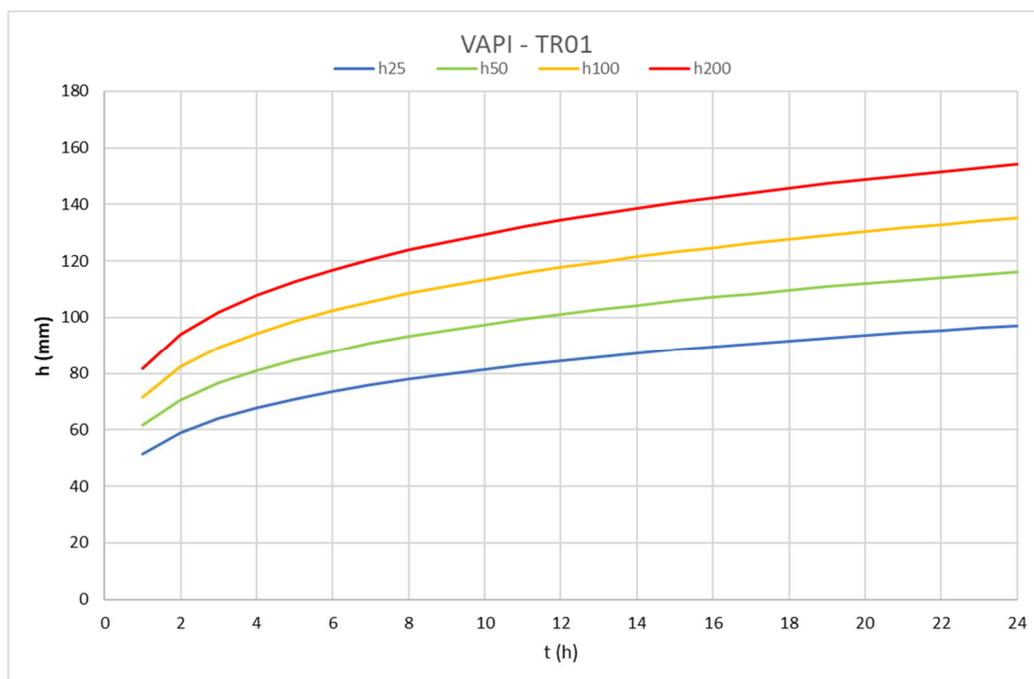
Nel caso specifico di studio l'opera di progetto ricade nell'ambito delle aree pluviometriche omogenee individuate nel territorio regionale in zona 5, pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

$$x(t, z) = 28.2 \cdot t^{[(0.628+0.0002 z)/3.178]}$$

Fissato il valore del tempo di ritorno, Tr , tramite l'equazione precedente a cui vanno applicati i coefficienti moltiplicativi relativamente al fattore di crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni) sono state determinate le altezze di pioggia di diversa durata (da 1 a 24 ore) per ognuno dei bacini individuati e costruite le rispettive curve di possibilità pluviometrica i cui parametri sono riportati nella tabella seguente:

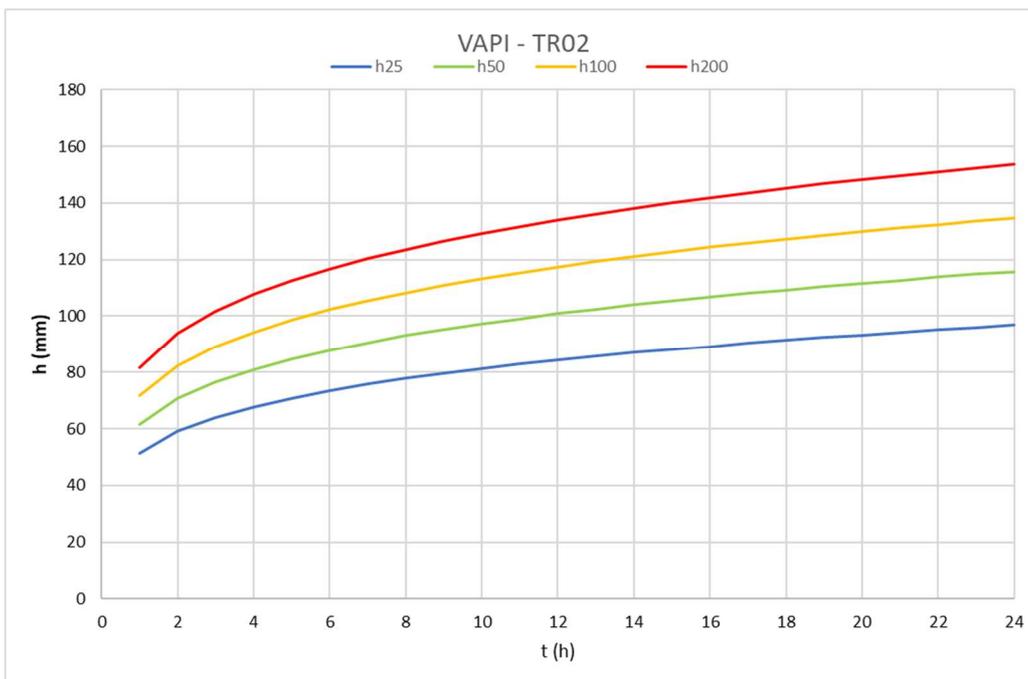
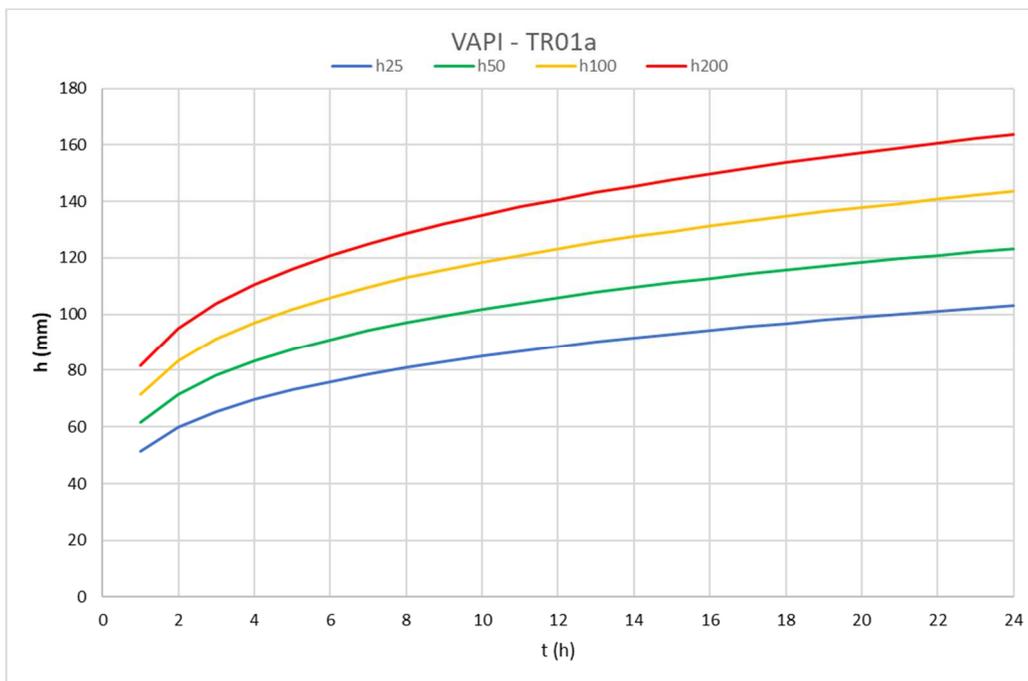
Calcolo parametri IDF			
Bacino	z [m.s.l.m]	a	n
B01	58.11	28.2	0.2012
TR01	40.83	28.2	0.2001
TR01a	12.31	28.2	0.1983
TR02	23.86	28.2	0.1991
B02	41.55	28.2	0.2002
B03	55.92	28.2	0.2011
TR03	51.50	28.2	0.2008
TR04	50.50	28.2	0.2007
TR05	46.00	28.2	0.2005
B04	41.69	28.2	0.2002
B05	31.46	28.2	0.1995
TR06	34.35	28.2	0.1997

Tabella 1 - Calcolo parametri IDF



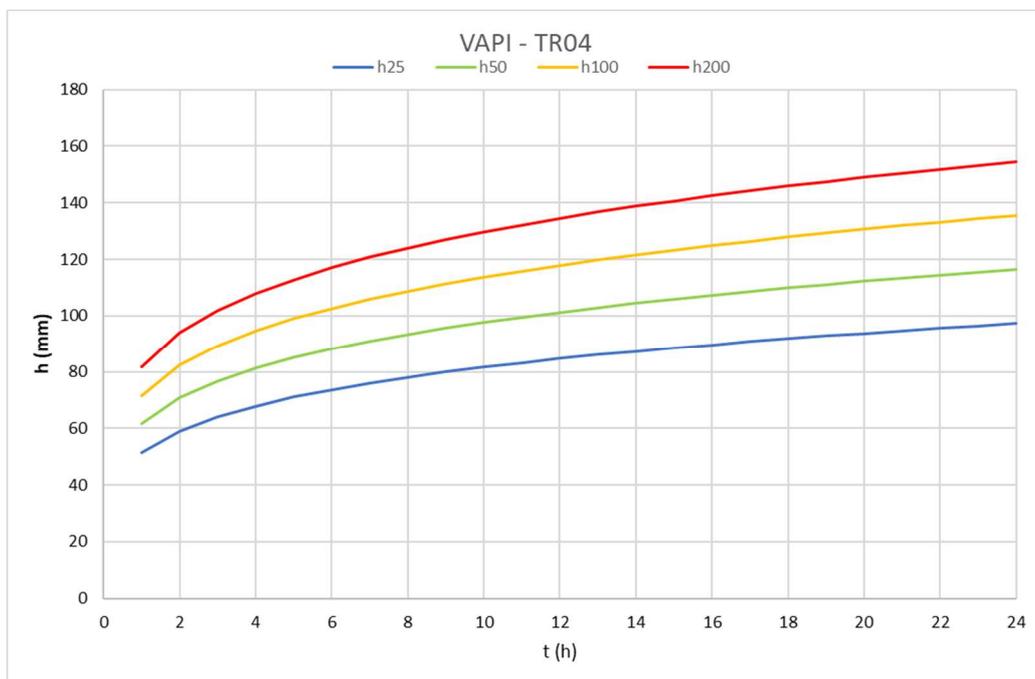
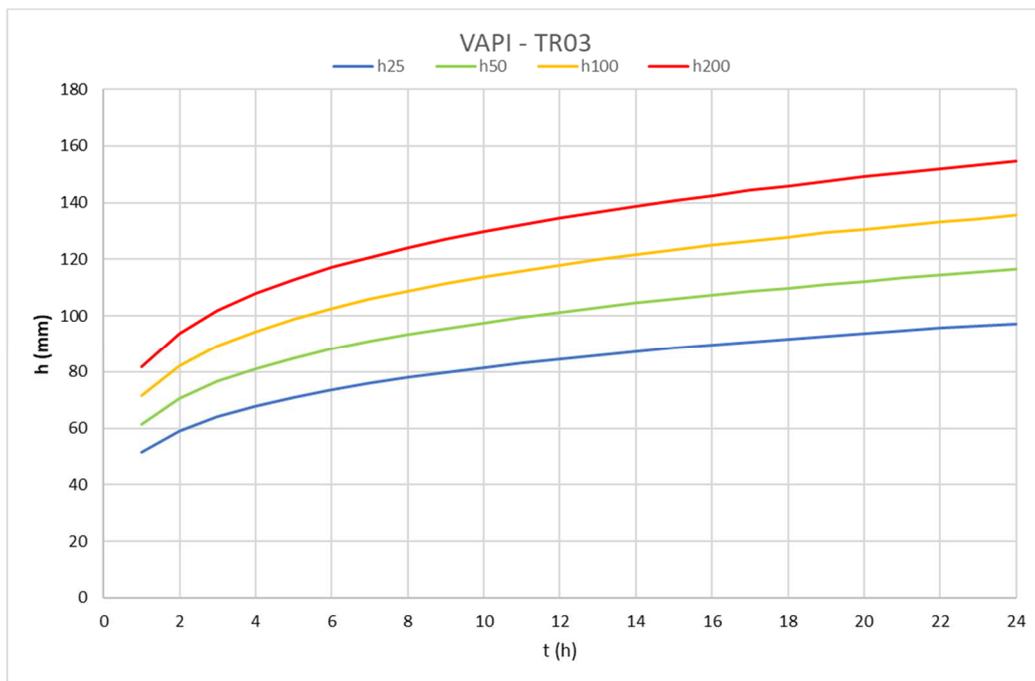
RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	11 di 63



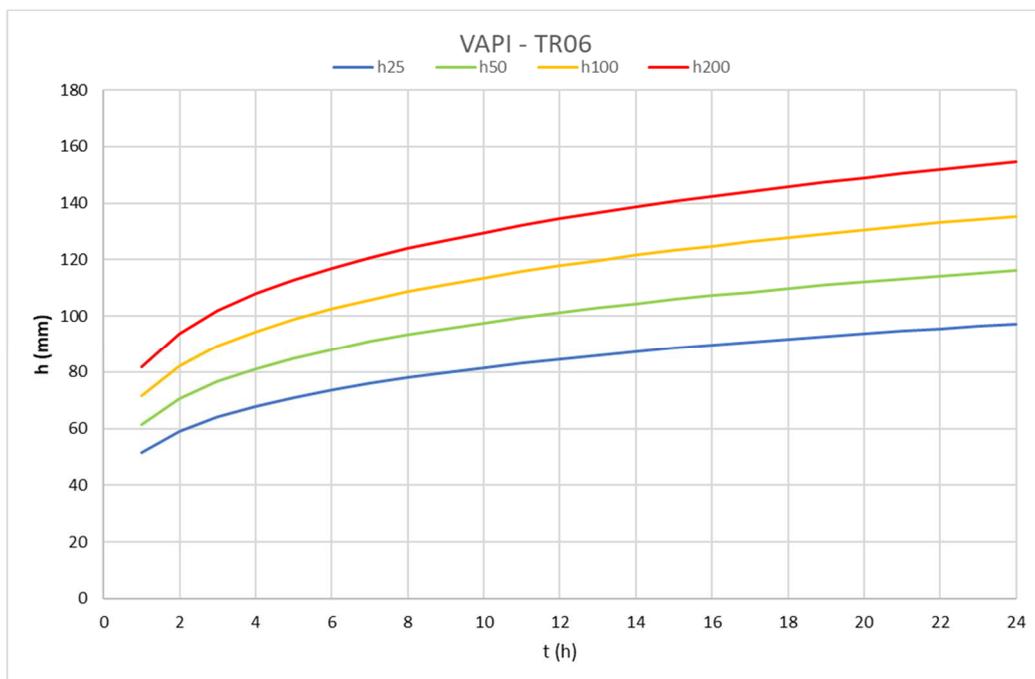
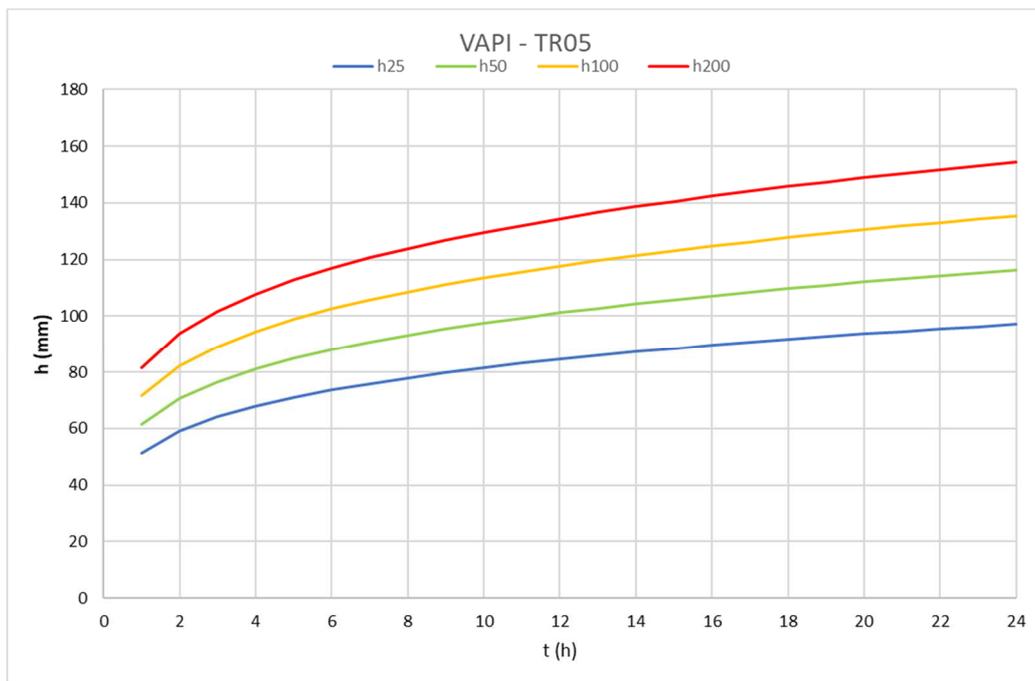
RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	12 di 63



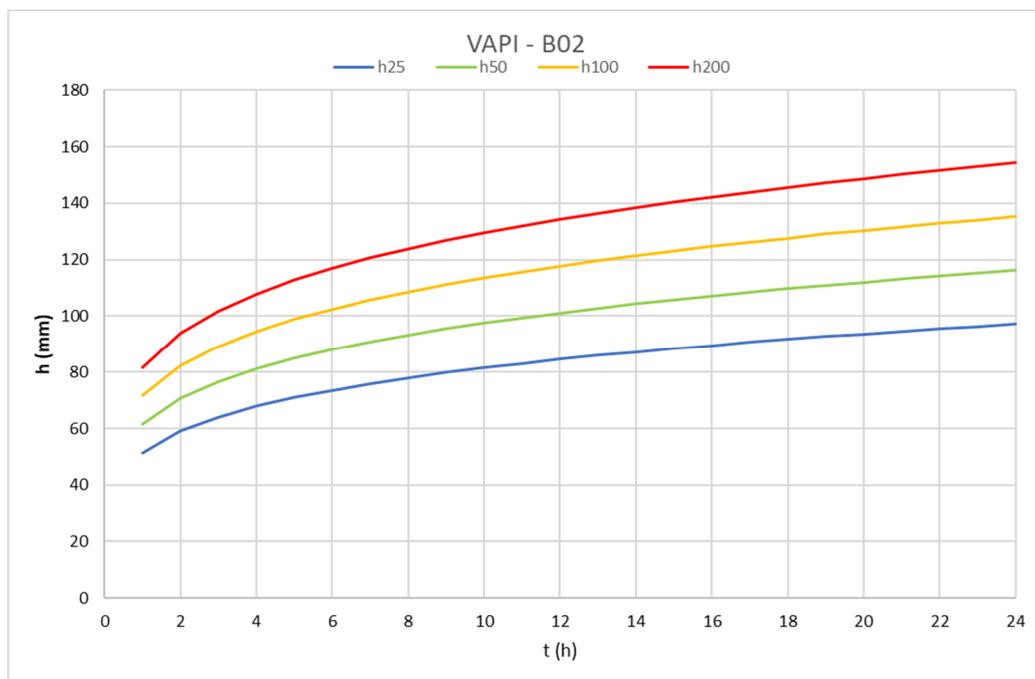
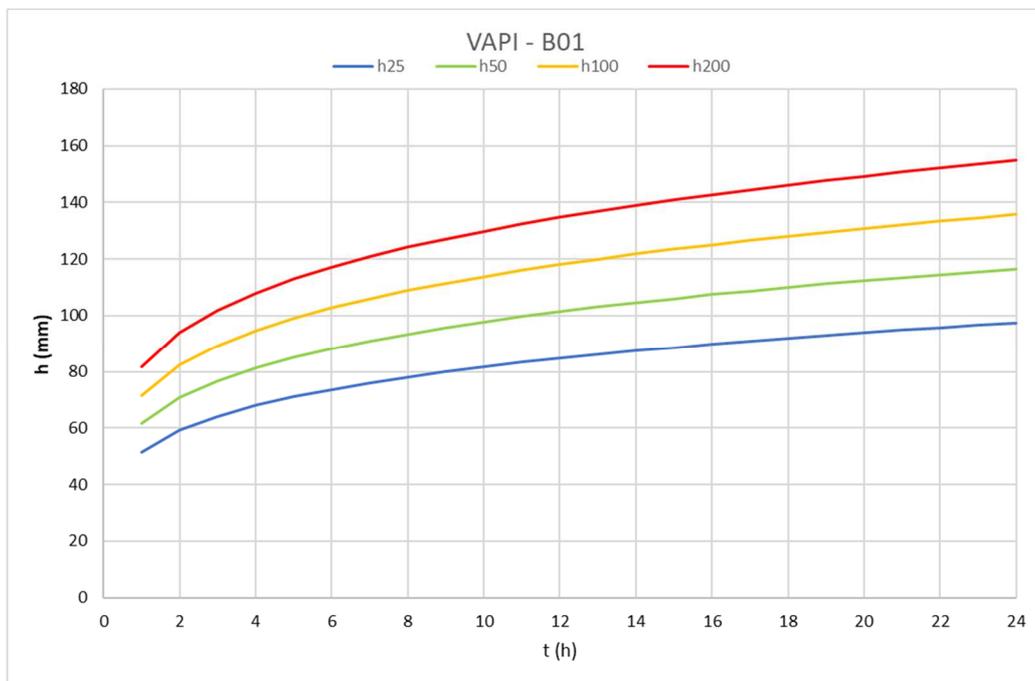
RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	13 di 63



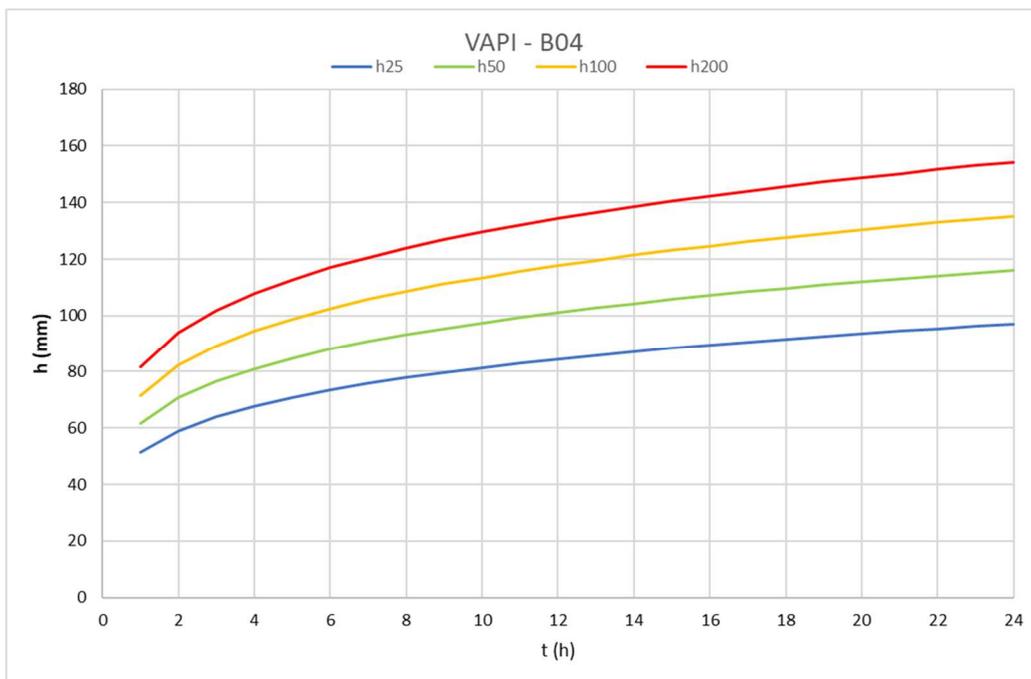
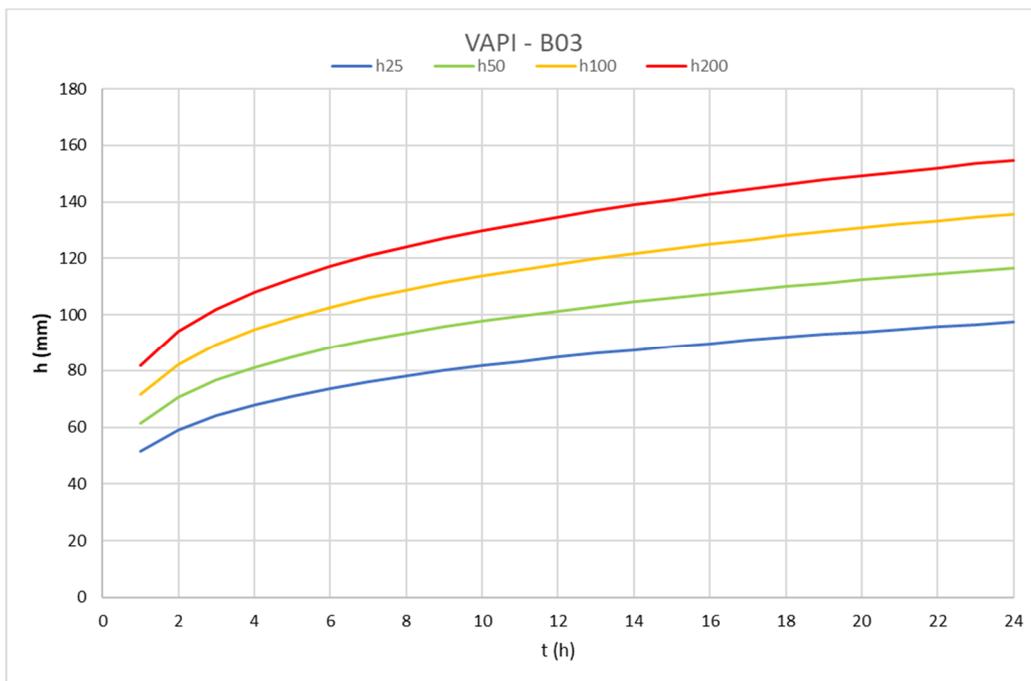
RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	14 di 63



RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	15 di 63



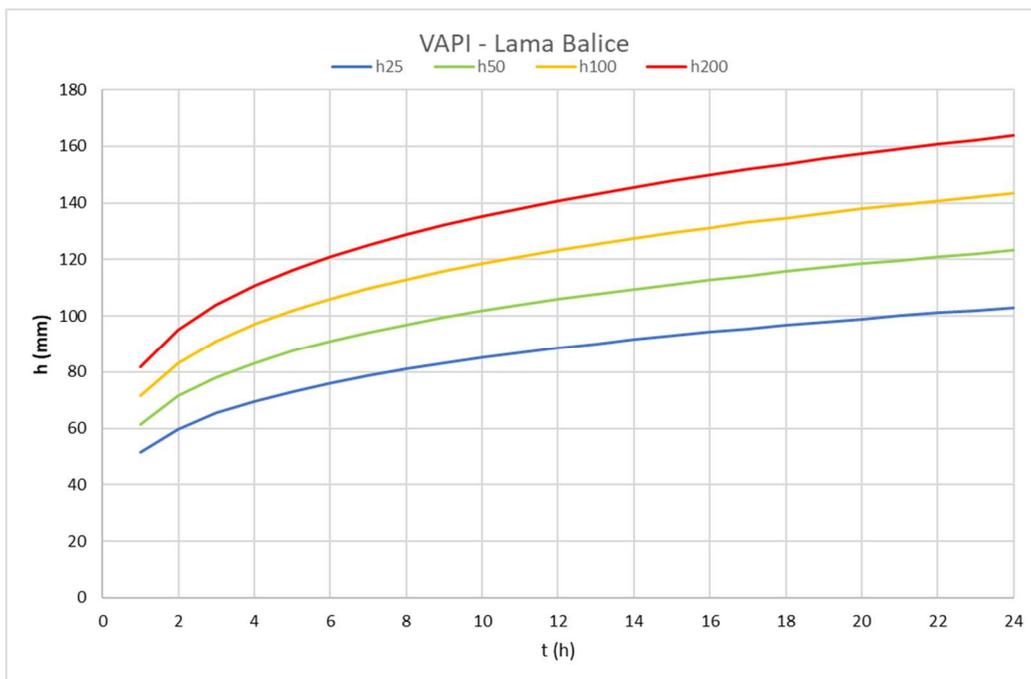
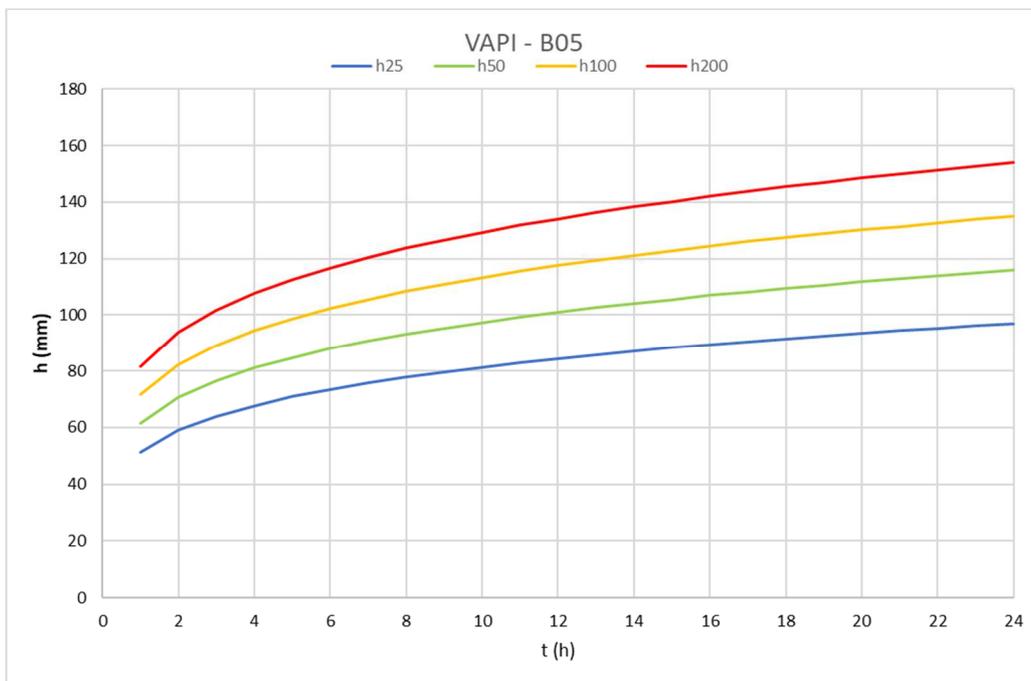


Figura 3 – Curve IDF VAPI per la sottozona in esame.

5. ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI

Le curve di caso critico, pur fornendo alcune informazioni sul carattere degli eventi pluviometrici, non danno modo di marcare in forma esplicita ogni evento registrato con il valore della sua frequenza probabile: cioè non consentono di valutare quale sia la ricorrenza media del suo verificarsi. L'analisi statistica degli eventi osservati consente invece di allargare il campo delle previsioni oltre il periodo di osservazione e di associare ad ogni evento un tempo di ritorno T_r , inteso come periodo, espresso in anni, nel quale mediamente l'evento viene eguagliato o superato. Al fine di poter sviluppare tale analisi e determinare la pioggia di progetto, necessaria per il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche, sono state individuate le aree di influenza delle stazioni più vicine all'intervento in progetto (figura 4) utilizzando i poligoni di Thiessen. Le stazioni di interesse sono: Bari Osservatorio, Bari Politecnico, Bitonto, Giovinazzo, Ruvo di Puglia, Quasano, Spinazzola e Corato per le durate di precipitazione di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, forniti dal Centro Funzionale Decentrato (CFD), incardinato nella Sezione Protezione Civile della Regione Puglia.

Si riportano di seguito, in forma tabellare le caratteristiche della stazione pluviometrica scelta per lo studio ed i dati pluviometrici registrati ed utilizzati nelle elaborazioni statistiche.

I dati pluviometrici relativi a Bari Osservatorio e Bari Politecnico sono stati uniti considerando i valori massimi tra le due stazioni.

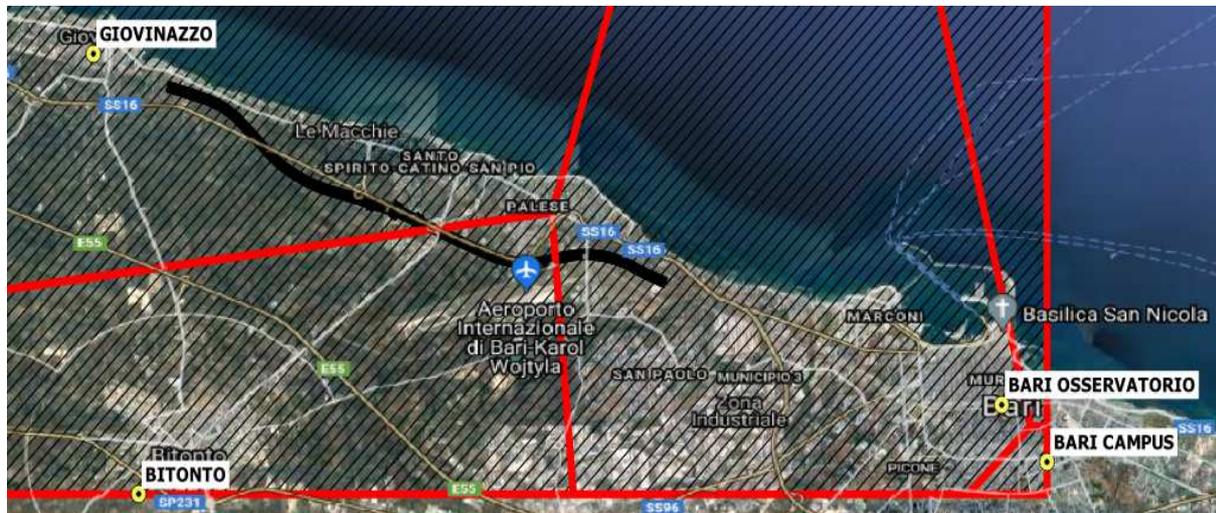


Figura 4 – Poligoni di Thiessen delle stazioni pluviometriche nell'area di intervento.

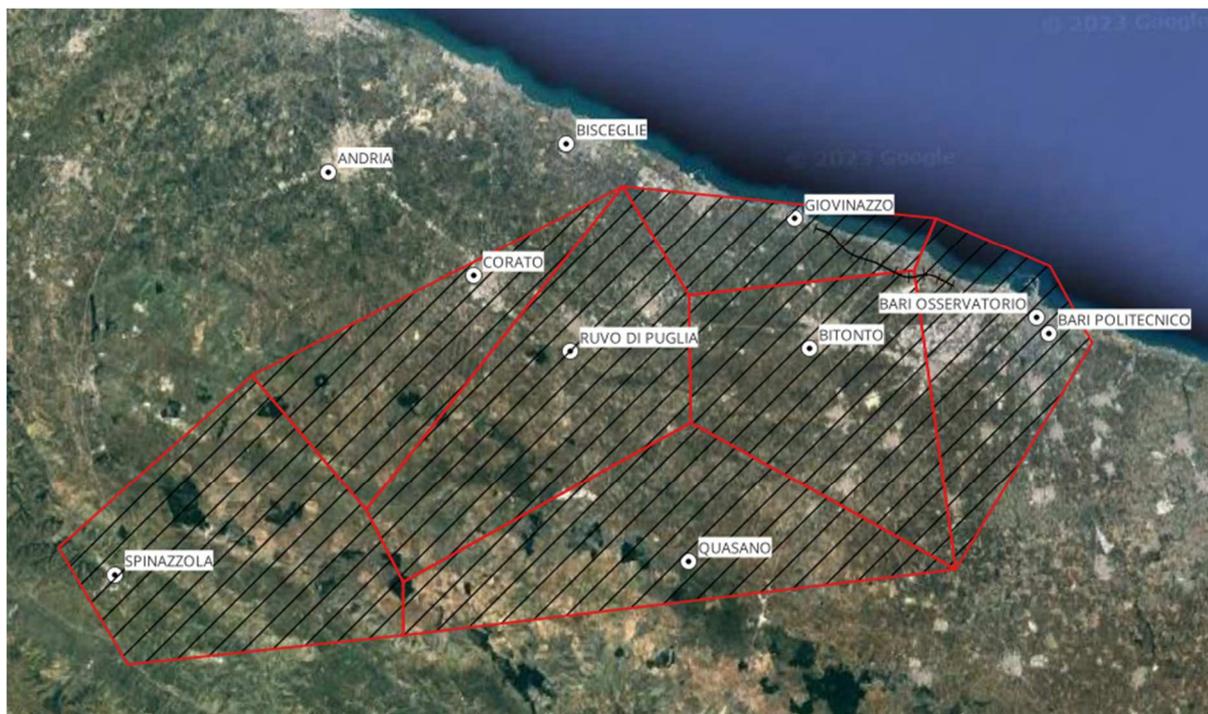


Figura 5 - Poligoni di Thiessen delle stazioni pluviometriche nell'area della Lama Balice

Stazione pluviometrica	Numero osservazioni	Periodo osservazioni (anni)	Altitudine	Latitudine	Longitudine
			(m s.l.m.)	Gauss Boaga	Gauss Boaga
BARI OSS. /POLI.	85	1932-2019	12	41°07'2.14" N	16°52'18.61" E
BITONTO	50	1958-2019	118	41°06'32.93" N	16°41'38.39" E
GIOVINAZZO	55	1960-2019	13	41°11'7.64" N	16°40'15.98" E
RUVO DI PUGLIA	49	1964-2019	267	41°6'53.3" N	16°29'2.1" E
QUASANO	45	1928-2019	368	41°57'55.7" N	16°34'33.3" E
SPINAZZOLA	66	1936-2019	436	41°57'45.6" N	16°5'50" E
CORATO	57	1963-2020	259	41°09'15.5" N	16°29'49" E

Tabella 2 – Dati delle stazioni pluviometriche.

Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Bari oss.polit.						Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Bari oss.polit.					
anno	1	3	6	12	24	anno	1	3	6	12	24
1932	49.2	49.2	49.2	50.8	69.8	1978	67	73.6	73.6	73.6	73.8
1933	20.6	29	37.4	65.2	65.2	1979	40.6	41.6	41.6	41.6	42.2
1934	22	25.2	37.4	38.8	38.8	1980	20	24	37	52.4	63
1935	14	21.2	26.8	32.8	43.4	1981	22.6	25.8	27.6	34	40.2
1936	11	13.8	17	19.8	21	1982	48.6	54.4	59.6	60	100.4
1937	32	38.6	38.8	39	42.2	1983	22.2	25.6	30	34	50.6
1938	60.6	62.2	62.2	62.2	62.2	1984	13.2	20.2	33.8	62.2	84.8
1939	17.2	21	30.2	49.2	68.4	1985	22.4	24.4	31	37	38.8
1940	27.6	34.2	35.6	44.2	60	1986	19	27.4	27.8	34	36.2
1941	18.6	28.2	35.2	49.4	76	1987	29.6	40.8	41.8	42	55
1942	26.8	36.6	36.6	44	63.4	1988	18.6	24.4	24.6	32.2	34.4
1943	25	25.4	33.6	35.4	35.4	1989	25.2	25.2	25.2	25.2	25.4
1944	16.6	43	48	60.4	78	1990	35.4	37.2	53	63.2	77.6
1945	34	39.6	39.6	41	43.4	1991	21.8	32.6	39.6	49.4	53.2
1947	23.2	29.8	39.8	54.6	58	1992	30.6	55	56.6	66.8	67.6
1950	25	37.8	38	38.2	52.8	1993	26.4	30	30	36.2	52.2
1951	25.8	35	40.6	44.8	45	1994	17	25.2	29	41.4	44.6
1952	17.6	21.4	35.4	47.6	51	1995	48	48.2	48.2	48.6	59.6
1953	29.4	35.8	35.8	36	36	1996	21.4	21.4	26.4	40	50.6
1954	24.6	29	36.6	47.4	67.6	1997	22	32.6	32.6	43.6	54
1955	44.6	47.6	51.4	65.2	65.6	1998	40.6	57.6	67.2	67.2	67.8
1956	19	31.2	31.4	42.2	44	1999	23.4	28.4	30.8	33.2	38
1957	19.2	21.6	34.8	35.4	56.8	2000	28.2	38.2	42.8	49.8	76.8
1958	26	27.6	31.8	32.6	44.6	2001	71.8	75.4	76.2	76.6	92.2
1959	31	39	51.4	53.2	53.2	2002	31.2	43.8	61.8	70.8	104.2
1960	18	22	30.8	43.4	45	2003	52.2	67	73.2	73.6	77.4
1961	40	52.6	58	61.6	61.6	2004	19.6	28.6	32.6	36.2	52.4
1962	34.4	51.2	53	56.2	81.2	2005	26.2	26.6	27	40.2	59.8
1963	22	35.6	37.2	51.8	58.6	2006	19.6	39.2	59.2	84.2	94
1964	40	61.6	61.6	61.6	61.6	2007	38.2	54.8	55	55.4	55.8
1965	29.4	30	30.2	48.6	67	2008	17.8	29.6	40	55.8	60.4
1966	20.8	32.4	33.6	36.4	65.8	2009	39	45.6	56.2	69.8	71.8
1967	18.8	18.8	25	32.4	37.6	2010	30.4	38.6	49.4	49.4	49.4
1968	24.4	34	37.4	46.8	68	2011	27	31.4	41	42.8	46.6
1969	45.4	47.2	64.2	73	92	2012	13.6	24.4	30.8	31.4	39.4
1970	19.4	21.4	21.4	23.2	24.2	2013	27.2	32.4	37.8	56.8	69.4
1971	76.4	114.4	123	132.2	143.2	2014	28.6	46	61.4	61.6	65.6
1972	47.2	64.2	69.4	71.2	75.4	2015	18.4	34.8	35	35	49
1973	50.8	51.6	56.8	57.4	65.2	2016	100.4	111.2	118.6	121.6	134.2
1974	27.6	30.6	30.8	35.6	54.4	2017	20.6	23	23.4	32.2	41.8
1975	25.6	27.8	36	48.4	67	2018	53	56.2	96.2	96.4	98.8
1976	40.4	65.6	72.8	74.8	74.8	2019	32	36	36	50.4	71.6
1977	24	35	36.4	47.4	50.6						

Tabella 3 – Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Bari oss.Polit.

Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Bitonto						Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Bitonto					
anno	1	3	6	12	24	anno	1	3	6	12	24
1958	19.8	37	47.2	62.6	62.8	1988	15.2	24.8	33.8	35.6	41.8
1959	32.4	43.2	49.2	50.2	50.4	1989	21.8	30.2	31	31.2	40.4
1960	21.4	34.4	41.6	46.8	66.4	1990	15.4	29.2	53.2	88.4	92.4
1962	33.6	37.4	37.8	43.6	68.2	1994	64	111.2	127.2	129.6	140.2
1963	28	33.8	35.6	43.8	59	1996	30	46	53.6	71.6	71.6
1964	47.8	48.8	48.8	50	72.2	1997	26.8	52	72.4	93.8	95.8
1965	20	25.2	30.4	39.2	53.2	1998	23.2	27	31.2	40.4	61.2
1966	15	28	34.2	35	35	1999	31	31.6	31.6	38.4	52.2
1967	15.2	23.8	24.6	30.2	42.6	2000	29.8	29.8	35.2	43.6	71.2
1968	60	61	62	73.6	84.2	2001	24.4	24.4	26.8	35.8	43.2
1969	16.4	24.4	37	38.6	38.6	2002	43.2	67	85	93	105
1970	20.2	25.4	30.8	37	40.2	2003	12.8	22.8	29.4	40.2	56.2
1971	21.2	28	28	44.2	55	2004	52.2	75	77.8	81.6	93.4
1973	23.4	33	34.6	34.2	46.6	2008	13.6	19	33.4	48.6	48.8
1974	10.6	18	30.6	33.8	33.8	2009	23	30	32.6	37.2	57.2
1975	10.4	27	32.6	45.8	65.6	2010	19.8	38	45.6	47.8	47.8
1976	36.6	47.8	49.8	56	70.2	2011	29.4	63.2	81	81.4	81.4
1977	52.2	55.8	57.8	57.8	68	2012	20.2	20.4	20.4	24.2	37.2
1978	13.8	21.6	37.6	40	46.6	2013	21.4	24.2	32.4	63.6	91.2
1979	15.4	18.6	30.4	37.4	63.8	2014	40.6	65	83	83.8	98.8
1980	16	18.4	28.2	43.2	54.4	2015	20.6	24.4	28	32	49.8
1981	23	25.2	28.4	38.4	49.4	2016	33.8	45	45.2	45.8	45.8
1982	18.2	28.6	41.6	47	52	2017	19.2	28.2	28.6	37	50.6
1983	39	54.4	54.8	55.4	62.4	2018	39.8	59.2	66	66	66.8
1985	18	31.6	41.6	51.2	68.8	2019	21	32.6	40.2	47.8	55.4

Tabella 4 – Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Bitonto.

Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Giovinazzo						Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Giovinazzo					
anno	1	3	6	12	24	anno	1	3	6	12	24
1960	19	32.2	36	44.8	47.8	1989	24.6	24.6	24.6	24.6	31.6
1961	24.4	33	46.2	43.2	66.8	1990	19	30.2	53	67.6	74
1962	26	27.8	28.4	40.6	56.4	1991	26.2	33.4	40.2	53	64
1963	24.4	25	28.4	35.2	48.6	1992	19.4	25	35.2	51	61.2
1965	26.2	34.4	36.8	44.2	58.2	1993	18.4	19	24.6	28	35
1966	28	31.6	36.2	36.8	38.4	1994	31	46.4	46.4	46.4	54
1967	13.6	19.8	22.4	27.2	44.8	1995	24.2	27	31.8	56	78.6
1968	76.6	77.8	77.8	86	96.4	1996	35.8	38.2	48	58.8	69.2
1969	38.4	45.8	45.8	53.6	53.6	1997	27.6	67	108	127.6	131.8
1970	18.4	23.8	28.6	34	40	1998	27.4	28	31.8	47.6	72.2
1971	49.6	49.8	49.8	74.8	84	1999	24.2	33.8	35.8	62.6	65
1972	32	39	65	98	108.4	2000	21	25.2	31	40.4	49.8
1973	22.8	27.4	34.6	37.2	61.4	2001	16.6	28.4	34.2	40.8	46
1974	16	20.2	34.2	38.4	38.4	2002	20.4	40.2	62	74.6	94.6
1975	17	20.8	31	35.2	51.2	2003	16.2	27.8	32.8	42.2	53.6
1976	15	30.4	39.8	42	51.8	2008	13.2	27.2	39	53	53
1977	13	17	26.8	43.6	44	2009	18.6	27.8	39.4	62.6	72.8
1978	15.2	26.4	30.6	34.4	39.2	2010	18.4	33	44.6	47.8	47.8
1979	15.2	22.8	26.8	30	42.2	2011	92	96.4	101.8	101.8	102
1980	17.2	24.2	32.4	42.4	57.6	2012	12.4	15.2	17.4	22.4	32.2
1981	35.4	36.6	36.6	43	67.2	2013	17.4	19	30.4	52.4	72.2
1982	22.4	33.4	38	43.4	48.2	2014	31	43.4	50.2	51.6	65.4
1983	29.2	41.6	44.4	45.2	54.2	2015	33.6	34.4	34.4	34.4	42.4
1984	28.4	39.6	43.2	46.2	62.2	2016	34.6	37.6	45.6	46.4	57.2
1985	26.2	34.8	48.4	57.2	69.2	2017	20.6	28	28.8	36.2	40.2
1986	16.6	22	23.6	30	32.4	2018	32	58.6	77	94	94
1987	22.6	25.6	34	38	50.8	2019	21	32.6	40.2	47.8	55.4
1988	19	24	36.2	36.8	43						

Tabella 5 – Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Giovinazzo.

Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Ruvo di Puglia					
anno	1	3	6	12	24
1964	25.6	40.6	46	68.2	90.8
1965	25.6	40.6	46	68.2	90.8
1966	34	35.2	39	46	48
1967	26.4	26.6	26.8	27.6	43.4
1968	57.8	58.8	59.8	59.8	60
1969	57.8	58.8	59.8	59.8	60
1970	23.8	25.4	26.4	38.8	58.4
1971	20.4	23.8	30.2	43	79.6
1972	27.4	29.6	40	54.2	54.6
1973	31.6	33.6	33.8	33.8	38.8
1974	24.4	35	45.4	55.6	55.6
1975	24.4	35	45.4	55.6	55.6
1976	41.6	54.6	54.6	54.6	64
1977				26.6	35
1978	26.2	40.8	43	44	44.8
1979	14.8	16.4	31	43.4	75.6
1980	14.8	16.4	31	43.4	75.6
1981	14.8	16.4	31	43.4	75.6
1982	14.8	16.4	31	43.4	75.6
1983	14.8	16.4	31	43.4	75.6
1984	39	39	39	49.2	74
1985	19.2	24	29	39.6	58.2
1986	19.2	24	29	39.6	58.2
1987	23.2	23.4	39.6	67	108.8
1988			36.6	37.8	48.2
1989	28	31.2	31.8	31.8	31.8
1990	15	25.2	46.6	77.6	84.4
1991	32.4	34.2	34.2	37	40.4
1992			50.8	62.8	73.6
1993	13.6	15.8	20.6	22.4	32.2
1994	28.8	36.8	38.4	45.4	46.4
1995	28.6	33.8	39.4	43.8	50.4
1996	11.8	24.6	39.6	52.4	66.8
1997	17	36.6	47.4	58	60.2
1998	23.8	27.4	33.6	47.2	75
1999	30.4	35.6	35.8	48.4	54.2
2000	23	25.8	33.8	42.8	48
2001	12	23	26.6	43.8	55.8
2002	58.4	70.2	72.4	80.2	93.2
2003	33.2	44.2	46.4	48	74.4
2004	22.2	27.8	29.2	41.4	70.6
2007	16.8	24.8	32.4	38.4	48
2008	19.6	22	34.8	42.6	57.4
2009	38.8	46.6	48.8	56.6	71.2
2010	26.2	45.6	61	64	78.8
2011	27.6	36.4	53.2	88.8	99
2012	9.4	16.6	25	33.6	45.2
2013	16.4	30.4	58.2	98	139.2
2014	23.2	27.4	30	31.4	33.4
2015	41.4	42.4	51.6	91.6	137
2016	41.4	59.2	94.6	100	100.6
2017	14.4	17.6	20.6	31.4	42.4
2018	23.4	29.2	30.6	44.6	56.6
2019	40.4	46.8	59.8	68	74.4

Tabella 6 – Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Ruvo di Puglia

Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Quasano					
anno	1	3	6	12	24
1933	11	20.4	29.8	41.2	53
1934	39.2	41.2	44.4	44.4	44.4
1950	31.6	31.6	31.6	31.8	31.8
1952	31.8	33.4	33.4	36.8	50.8
1955	21.4	29.8	41.2	71	111.6
1961	50.6	51.6	52.4	52.4	55.4
1962	26.2	29.2	29.4	29.8	41.4
1963	22.4	33	56.2	65	65.2
1965	13.2	21.6	24	31.6	41.4
1966	14.2	19	21	28.2	30.4
1967	13.8	15.8	17.8	18.2	26.8
1968	16.6	20.8	24.6	28.2	28.2
1970	18.2	28.2	33.4	37.6	58.4
1971	14	24	34.4	36.4	62
1972	39	56.8	79.8	96.6	111.8
1973	54	68	72.2	84.2	91.2
1974	26.8	31.4	44.6	53.8	54.2
1976	50	50.4	50.4	50.4	51.2
1977	22.2	33.2	33.2	33.2	34.4
1978	66.6	67.8	68	68	68
1979	48.6	51	51	51.2	53
1980	21.4	22.6	27	32.6	57
1981	25.8	28.2	28.2	29	47.4
1982	21.6	22	22.6	27.2	33.6
1983	25	27.2	32	46.2	59.6
1984	28				
1985	19.8	25	25.2	31.8	43.8
1986	18	19.2	21.6	28.4	32.2
1987	14.8	17	25.4	38.4	56.4
1989	20.4	21.6	21.6	21.6	25.4
1990		21	37	66.8	90
1992					45.8
2010	32.4	71.4	91.4	96.2	116
2011	19.6	24.8	36.8	63.4	76
2012	24.6	25.4	25.6	29.6	38.4
2013	40	44.4	64.8	110.6	145
2014	22.6	30	33	37	53.2
2015	17.2	20.8	35.6	53.2	61.4
2016	37	41	43.4	48.4	70.2
2017	18	22	24.2	34.8	45
2018	43.4	45.2	56.8	58	74.2
2019	47.8	60.8	76.6	87	87.6

Tabella 7 – Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Quasano

Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Spinazzola					
anno	1	3	6	12	24
1936	26	28	28.2	29.4	35.8
1937	12.4	19.4	26.8	33.2	36
1938	12	13.2	18.2	25.2	35
1951	25.4	29.8	29.8	39.2	60.8
1952	18.6	21	27.8	46.6	64.6
1953	17.2	29.2	35.8	52	57.4
1954	15.4	29.2	43	58.4	84.8
1955	40	42.4	42.4	58.2	85.4
1956	17.6	28.2	30.6	44	60
1957	18.2	29.2	47.4	58	94.8
1958	24.4	35.2	42.8	48.2	53.2
1962	25	37.6	38.8	42.8	44
1963	37.4	37.4	51.2	51.2	51.2
1964	33.8	36.2	37.4	37.6	50
1966	23	39.8	39.8	41.2	61.4
1967	30	35.6	35.8	35.8	46.2
1968	27.8	28.4	36.4	41.2	43.4
1969	29	31.8	31.8	34.4	36
1970	19.8	42.8	54	71.4	102.6
1972	42.8	59	63	69	108.6
1973	29.2	64.8	72	75.8	78
1974	33.6	34	34	47	48.8
1975	25.8	25.8	33.8	35.6	45.8
1976	24	42.8	54	75.2	110.2
1977	20.2	20.8	22.8	26.6	33
1978	19.8	22.6	24.2	30.2	32.6
1979	16.6	21.8	34	36.8	47.2
1980	15.8	16.8	26.8	37.8	46
1981	22.6	25.6	39	39	40
1982	38.6	46.6	49.6	49.6	49.6
1984	26	31.4	40.2	40.6	43.2
1985	15.6	19.8	24.6	32.4	42.4
1986	25.8	28.8	31.6	32	53.8
1988	23.4	30.6	40.8	45	56.2
1989	26.4	31.8	35.8	36	36
1990	19.6	24.2	36.4	65	79.2
1993	32.6	36.4	38.6	38.8	38.8
1994	67.4	73.8	74.4	74.4	74.4
1996	23.2	24.4	35.4	47.6	54.6
1998	19	22.4	25.4	30.8	53.4
1999	33.8	36	36.2	36.2	36.2
2000	13.8	20.6	36	22.6	30.8
2001	25.4	30.6	31	31	35.4
2002	27.4	29	29	31.8	41.2
2003	23.6	31.8	36	41.6	70.8
2004	51.8	53.2	53.2	60.4	64.8
2005	18.6	26.4	26.4	33.4	33.4
2006	11	14	18.2	30	53.8
2007	21.6	26.6	29.8	37.8	43.6
2009	26.8	27.8	30.8	35.4	41.2
2010	36.2	36.2	59.8	89.8	114.2
2011	23	28.6	48.6	66.2	78.2
2012	19	22.4	28	38	48.2
2013	29.6	48.8	51.8	59.8	70.4
2014	25.6	26.2	26.4	27.6	35.2
2015	26.6	37.4	38	38.4	38.4
2016	36.2	37	37.2	37.2	39.2
2017	15.8	16.6	20.4	25.8	26
2018	34.6	45	45.2	45.2	45.2
2019	23.6	26.2	30.4	33.2	48.6

Tabella 8 – Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Spinazzola

Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Corato					
anno	1	3	6	12	24
1963	23.6	25.2	25.6	31.6	37.2
1964	31.4	31.4	34.6	35.2	49.2
1965	6.6	13.8	24.2	40.6	67.8
1966	19	26.4	29.4	48.6	53.8
1967	24.2	26.2	26.2	26.2	37.2
1968	29.6	29.6	31.4	32.8	37.8
1969	32	38.8	42.2	42.2	42.2
1970	20	33	39.8	59	73
1971	16.8	18.6	25.4	45.6	77.6
1972	21	32.6	39	50	62.4
1973	23.6	24.2	38.6	46.4	49.4
1974	22.2	25	31.4	40.8	40.8
1975	24.2	25.2	32.6	47.2	67.4
1976	52.8	62.2	67	70	110.6
1977	16.8	18.4	21.2	27.4	43.6
1978	17.8	27.2	34.4	43.2	43.6
1979	18	21.8	34	47.8	63.2
1980	19.4	20.6	28	41.8	59.6
1981	18.4	27.4	33.4	40.4	43.6
1982	23.8	23.8	23.8	23.8	28.8
1983	19.2	19.4	33	51.2	72
1984		21.4	28.4	51.4	71.8
1985	11.4	20.2	31.8	40.4	57
1986	12	19	25	33.8	35.6
1987	25.2	28.6	31	46.8	93.2
1988	20.4	29.6	43.6	46.2	54.4
1990	27.4	28.2	35.4	59.6	63.6
1991	27.8	31.4			40.2
1992	18	38.6	63.4	90	100.4
1993	27.2	32.4	37.2	38.2	92.2
1994	26.4	29	35.6	45	52
1995	41	56	56.4	56.4	63.4
1996	14.4	19	32.8	45.6	55.2
1997	57	70.4	74.8	75	82.6
1998	49.8	55.4	55.4	64.4	76.4
1999	43	55.2	60.6	83	95.8
2000	18	36.6	48.4	57.6	65.4
2001	15	17.4	22.8	39.2	53.8
2002	27.6	38.6	61.2	72	86.4
2003	26.8	29.2	32	39.6	71.4
2004	18.4	28.6	32.4	38.2	57.4
2005	41.4	51.4	51.4	74	111.4
2006	18.4	20.8	32.4	42.8	53.4
2008	21	29.8	34.2	52.8	66.6
2009	36.6	37.4	42.2	62	73.6
2010	26	44.6	53	55.4	77.2
2011	15	30	39	67.8	74.4
2012	57.4	57.6	58.8	58.8	60.6
2013	31.4	32.6	45.8	84	122.2
2014	31.6	38.8	45.2	45.2	51.4
2015	32.4	41	41.2	53.6	62.8
2016	24.2	32.4	41.4	48.2	48.4
2017	17.6	21.4	24.8	28.8	45.4
2018	33.4	35.2	35.4	41	61.4
2019	26.2	30.4	38	45.8	77.4

Tabella 9 – Altezze di precipitazione (mm) massime annuali Corato

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

5.1 ELABORAZIONE STATISTICA

Dalle osservazioni delle altezze di pioggia sono state quindi determinate le curve di caso critico cioè le relazioni altezza-durata (o intensità-durata) dei massimi annuali.

Le curve empiriche di caso critico sono state regolarizzate, cioè è stata individuata un'espressione analitica che approssima i dati sperimentali, e consente di valutare l'altezza (o l'intensità) di pioggia per qualsiasi valore della durata e assegnato tempo di ritorno T_r

A tal fine si assegna alla funzione $h(T_r, \tau)$ la seguente espressione in forma monomia:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r) \tau^n$$

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica.

L'intensità di pioggia è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$i(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \cdot \tau^{n-1}$$

Passando alla notazione logaritmica l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di h soffre maggiori di incertezze rispetto a quella del tempo di pioggia:

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

I parametri a sono elaborati statisticamente al fine di trovare una funzione di distribuzione di probabilità in grado di associare un parametro $a(T_r)$ al tempo di ritorno.

Il metodo utilizzato per la regolarizzazione statistica dei dati raccolti può essere riassunto nei seguenti passi:

- ordinamento delle altezze di pioggia, corrispondenti a ciascuna durata, in senso decrescente;
- regolarizzazione delle curve così ottenute mediante il metodo dei minimi quadrati, assumendo una relazione tra altezza di pioggia h e durata della precipitazione t del tipo:

$$h = a t^n$$

In base a tale assunzione, la funzione da minimizzare Ψ è data da

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

$$\Psi = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (\log h_{ij} - \log a_i - n \log t_j)^2 = \min$$

i pedici i e j identificano le grandezze relative al singolo caso critico ($i = 1, \dots, N$) ed alla generica durata ($j = 1, \dots, M$). Dalla risoluzione di questo problema di minimo si ottiene l'espressione necessaria alla definizione del parametro n e dei corrispondenti parametri a_i .

$$n = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (\log t_j - \log \tau) \log h_{ij}}{N \sum_{j=1}^M (\log t_j - \log \tau)^2}$$

dove $\log \tau$ è il valor medio delle grandezze $\log t_j$

$$\log a_i = \log H_i - n \log \tau$$

dove $\log H_i$ è il valor medio delle grandezze $\log h_{ij}$, relative all'ordine i . I parametri a_i sono elaborati statisticamente al fine di trovare una funzione di distribuzione di probabilità in grado di associare un parametro $a(T_r)$ al tempo di ritorno.

c) definizione del parametro "a" in corrispondenza di diversi tempi di ritorno T_r adottando una distribuzione di probabilità di Gumbel

$$P(a) = \exp(-\exp(-\alpha(a-\beta)))$$

dove i parametri della distribuzione sono valutati mediante il metodo dei momenti

$$\alpha = 1.2825 / \sigma$$

$$\beta = \mu - 0.45006 \sigma$$

con

- σ = scarto quadratico medio dei valori a_i
- μ = media dei valori a_i

La relazione tra a ed il tempo di ritorno T_r è dunque data dalla seguente espressione:

$$h(t, T_r) = a(T_r)t^n = u \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right]^{-\frac{1}{\alpha}} t^n$$

$$a(T_r) = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right)$$

La funzione di probabilità cumulata della distribuzione di Frechét si ottiene tramite trasformazione logaritmica della variabile. I parametri possono essere stimati calcolando la media e la deviazione standard della variabile logtrasformata:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-\left(\frac{x}{u}\right)^{-\alpha}} \quad u = e^{m_h[\ln(x)] - 0.45006 S_h[\ln(x)]} \quad \alpha = \frac{1,2825}{S_h[\ln(x)]}$$

La relazione tra α ed il tempo di ritorno T_r è dunque data dalla seguente espressione:

La precedente procedura è stata applicata per la distribuzione di probabilità di Frechet, Gumbel e Longnormale e i risultati sono rappresentati nei seguenti grafici.

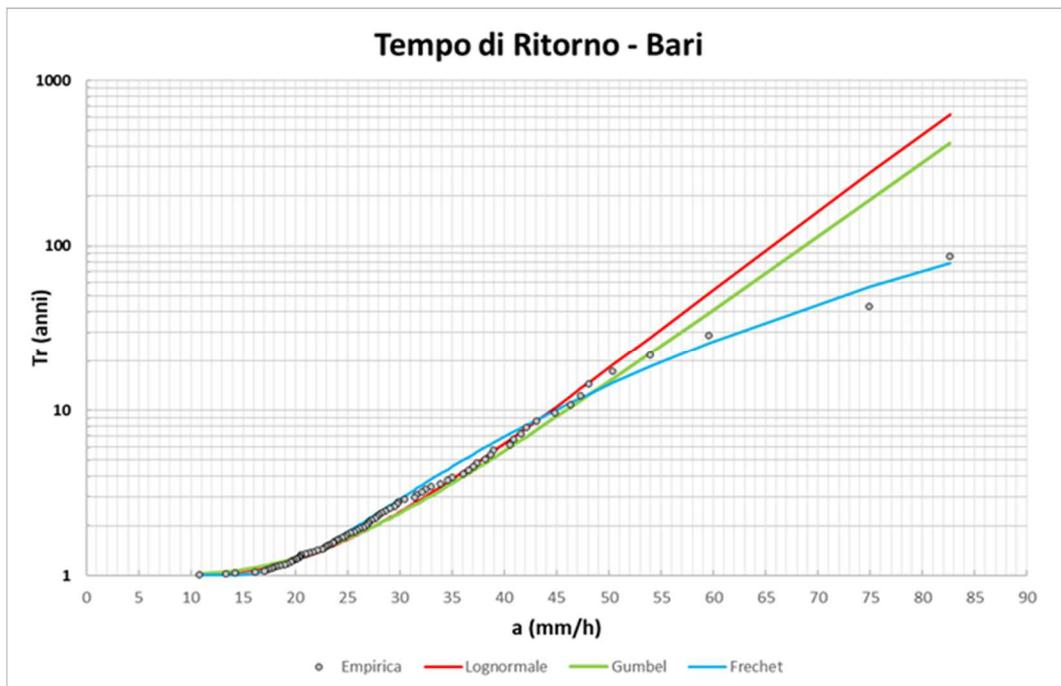


Figura 6 - Adattamento delle distribuzioni di probabilità di Frechet, Gumbel, Lognormale alla frequenza empirica di non superamento per la stazione di Bari.

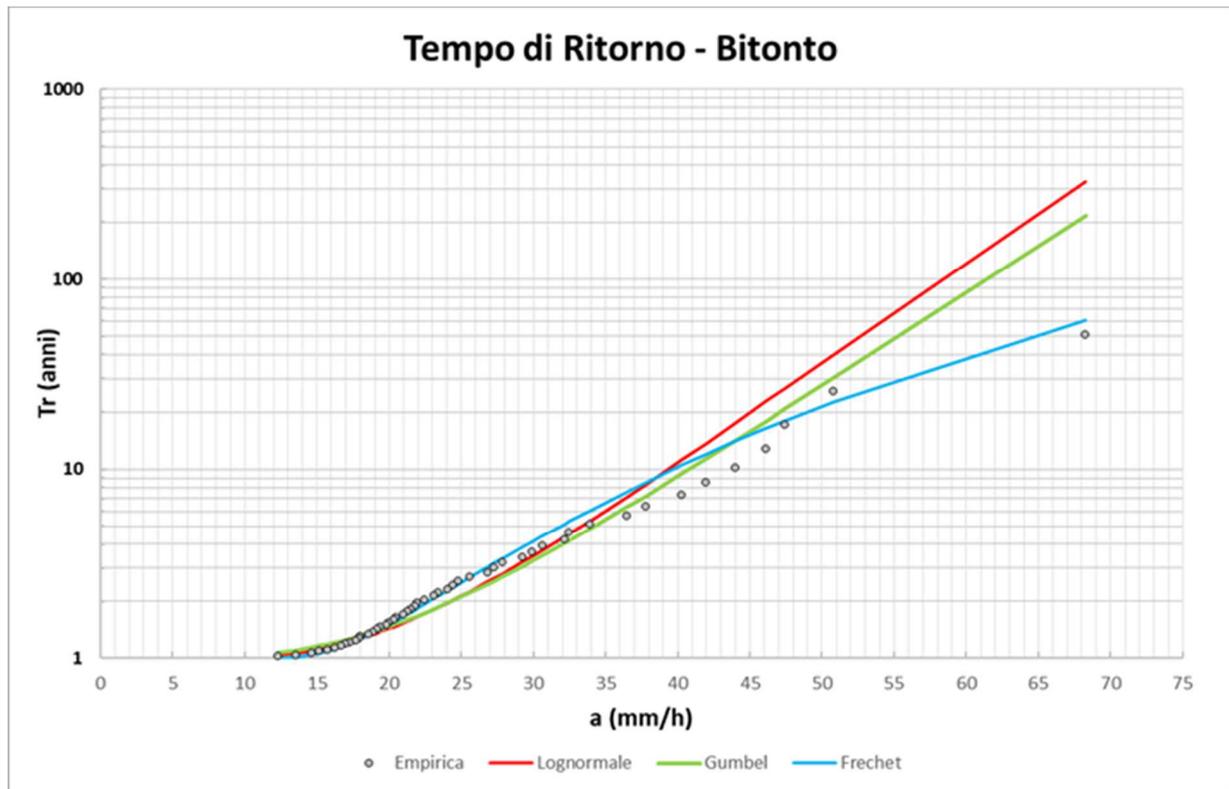


Figura 7 - Adattamento delle distribuzioni di probabilità di Frechet, Gumbel, Lognormale alla frequenza empirica di non superamento per la stazione di Bitonto.

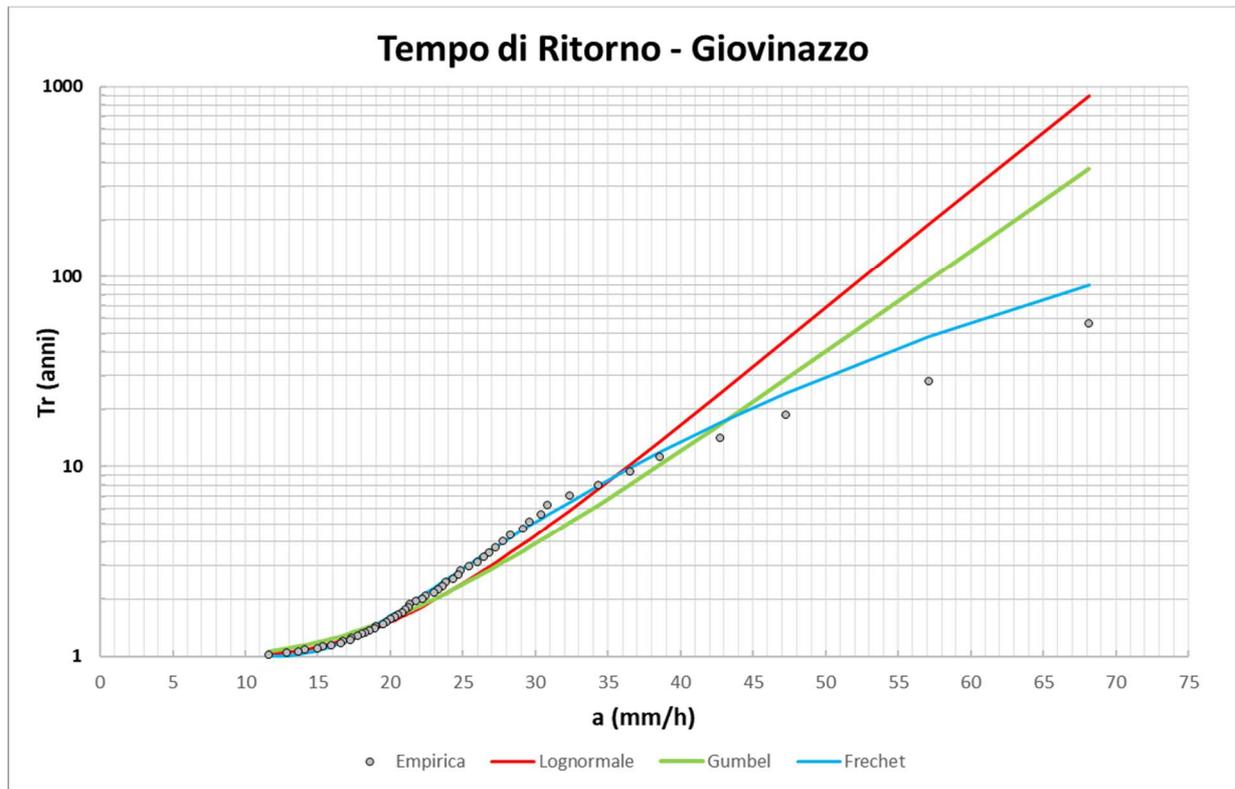


Figura 8 - Adattamento delle distribuzioni di probabilità di Frechet, Gumbel, Lognormale alla frequenza empirica di non superamento per la stazione di Giovinazzo.

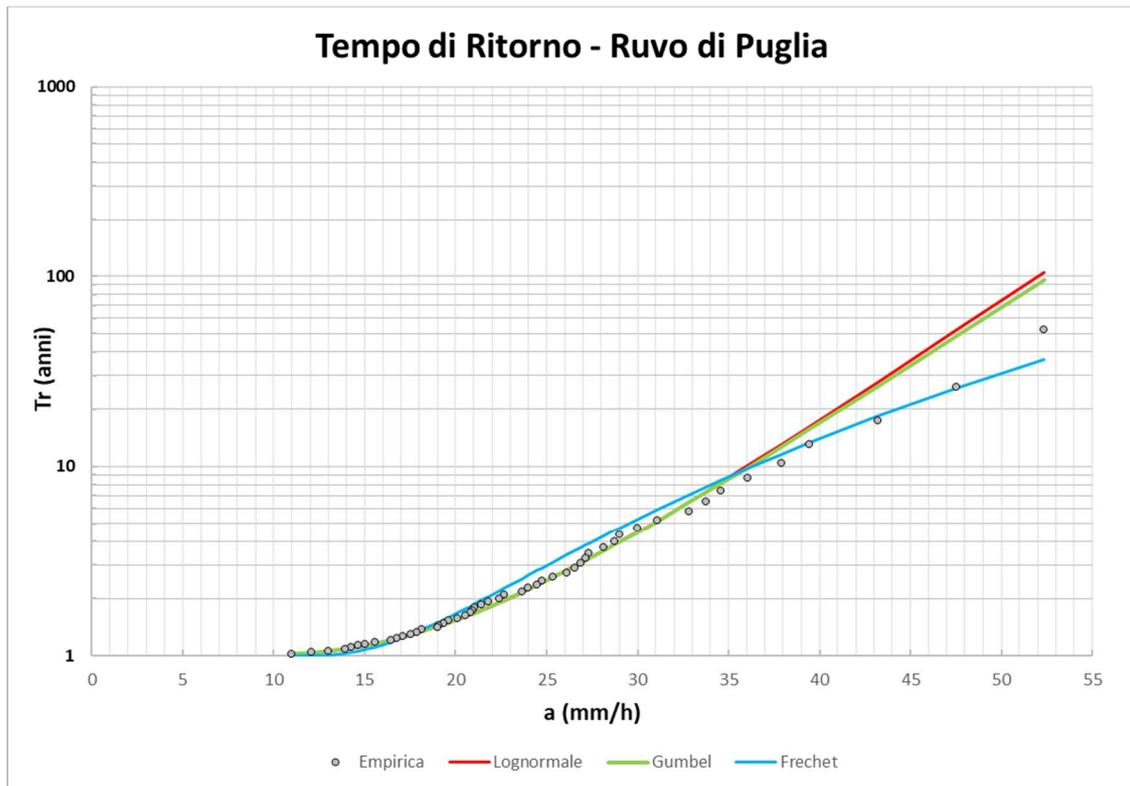


Figura 9 - Adattamento delle distribuzioni di probabilità di Frechet, Gumbel, Lognormale alla frequenza empirica di non superamento per la stazione di Ruvo di Puglia.

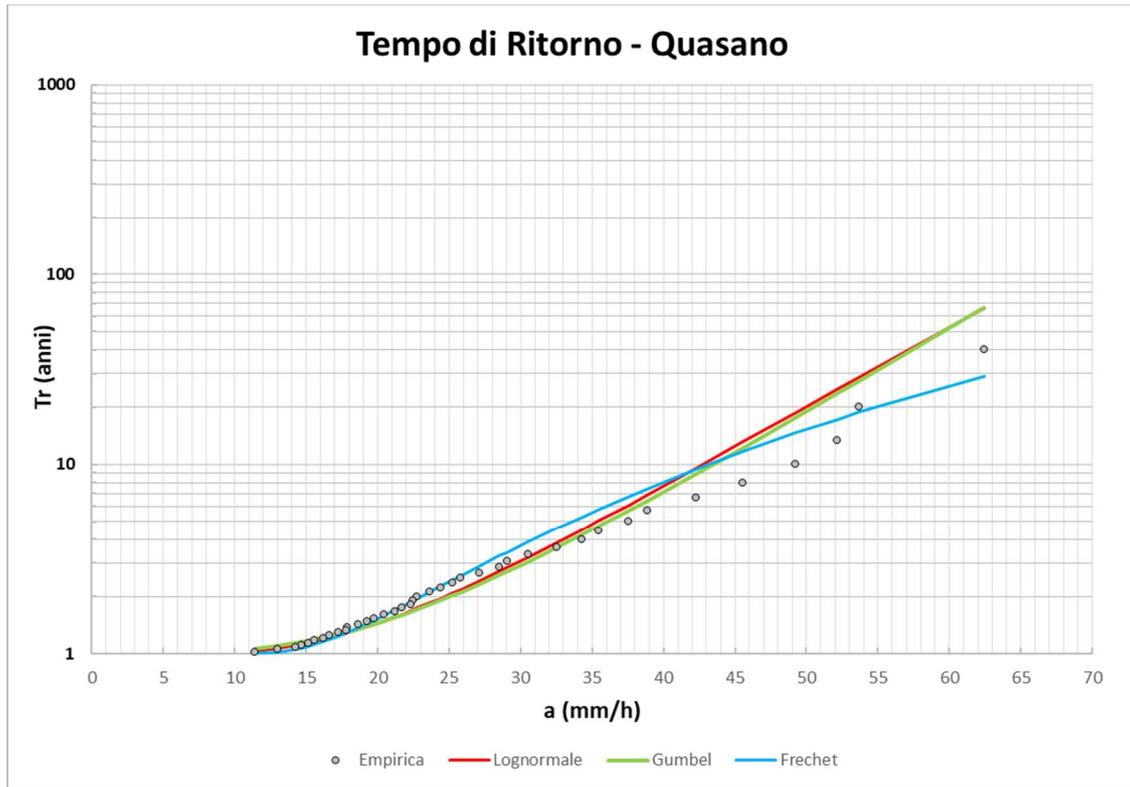


Figura 10 - Adattamento delle distribuzioni di probabilità di Frechet, Gumbel, Lognormale alla frequenza empirica di non superamento per la stazione di Quasano.

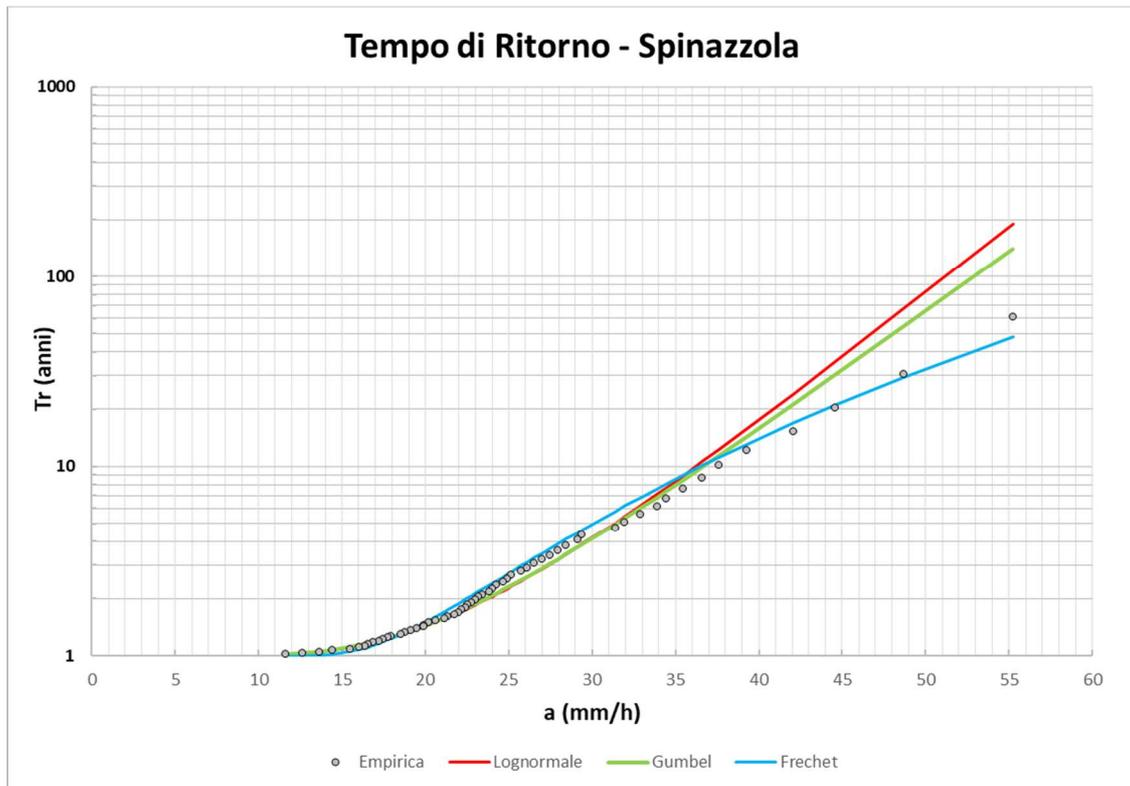


Figura 11 - Adattamento delle distribuzioni di probabilità di Frechet, Gumbel, Lognormale alla frequenza empirica di non superamento per la stazione di Spinazzola.

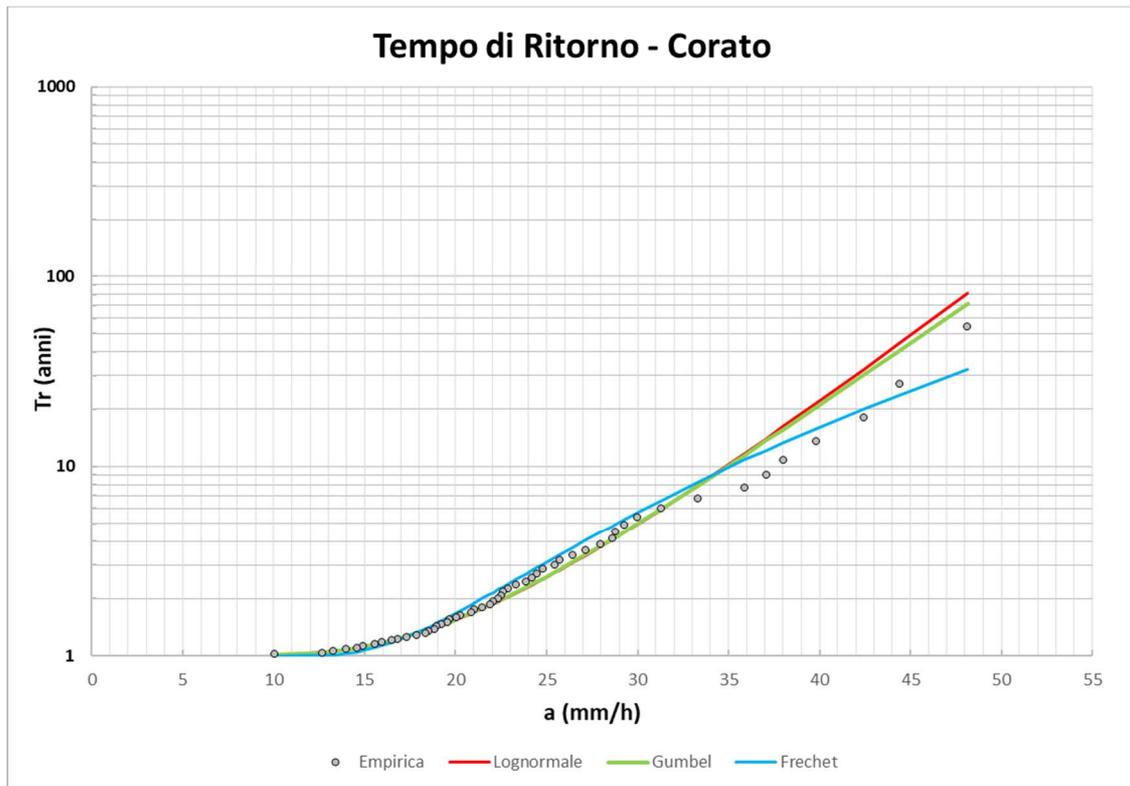


Figura 12 - Adattamento delle distribuzioni di probabilità di Frechet, Gumbel, Lognormale alla frequenza empirica di non superamento per la stazione di Corato.

Dai grafici si nota come la distribuzione di probabilità di Frechet sia quella che si adatta meglio a tutti i campioni. Il confronto con il metodo VAPI verrà quindi effettuato con la suddetta distribuzione.

Per ogni bacino è stata quindi calcolata, a partire dalle registrazioni storiche, l'altezza di pioggia ragguagliata tramite la media pesata sulla base delle superfici dei topoieti ricadenti all'interno dei bacini stessi:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i a_i}{A_{tot}}$$

Successivamente, tramite la formula di Frechet, sono state calcolate le altezze di pioggia di fissato tempo di ritorno per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore e sono state interpolate con la seguente formula:

$$h = a t^n$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

ricavando i parametri a e n con il metodo dei minimi quadrati. Dall'analisi svolta sono stati ricavati i seguenti valori:

Bacino	Tr 25		Tr 50		Tr 200	
	a	n	a	n	a	n
B01	54.13	0.225	67.74	0.210	105.63	0.180
TR01	52.27	0.233	64.97	0.221	99.98	0.196
TR01a	51.53	0.237	63.87	0.225	97.74	0.202
TR02	51.53	0.237	63.87	0.225	97.74	0.202
B02	58.74	0.205	74.67	0.184	120.13	0.143
B03	59.68	0.201	76.10	0.179	123.19	0.136
TR03	59.63	0.201	76.02	0.179	123.02	0.137
TR04	60.68	0.197	77.61	0.174	126.42	0.129
TR05	61.00	0.195	78.10	0.172	127.48	0.127
B04	61.57	0.192	78.68	0.170	127.94	0.126
B05	63.68	0.179	80.83	0.160	129.65	0.123
TR06	64.38	0.175	81.54	0.157	130.20	0.122
Lama	55.17	0.226	69.34	0.211	109.06	0.181

5.2 SCELTA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

A conclusione delle analisi precedentemente descritte, sono stati messi a confronto i risultati delle elaborazioni delle diverse metodologie di calcolo, quindi sono stati considerati quelli ottenuti dalle seguenti fonti:

1. Metodo VAPI;
2. Applicazione del metodo di Frechet ai dati ricavati dagli Annali Idrologici forniti dal Centro Funzionale Decentrato (CFD), incardinato nella Sezione Protezione Civile della Regione Puglia.

Il metodo VAPI illustrato in precedenza e utilizzato per il caso in esame, è stato sviluppato dal CNR, basandosi su un campione molto numeroso, quindi molto affidabile da un punto di vista statistico e idoneo per estrapolazioni probabilistiche con elevati tempi di ritorno. Tuttavia il campione di dati sulla quale si basa tale metodologia è aggiornato alla fine degli anni '90.

Si confrontano le piogge orarie ricavate dai metodi utilizzati, mettendo a paragone le altezze di pioggia calcolate per una durata pari al tempo di corrvazione dei bacini. I risultati sono riportati nelle tabelle seguenti, evidenziando anche le stazioni afferenti ai bacini.

TR01 - Giovinazzo-Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	1.57	51.4	0.2001	56.26	54.00	0.215	59.51
50		61.5		67.31	67.45	0.199	74.34
200		81.7		89.41	104.82	0.167	115.51

TR01a							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	27.42	51.4	0.1983	106.04	51.53	0.237	112.85
50		61.5		126.87	63.87	0.225	134.60
200		81.7		168.54	97.74	0.202	190.88

TR02 - Giovinazzo							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	0.56	51.4	0.2270	45.06	51.53	0.237	44.92
50		61.5		53.92	63.87	0.225	55.67
200		81.7		71.62	97.74	0.202	85.20

TR03 - Giovinazzo-Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	1.21	51.4	0.2008	53.41	55.46	0.219	57.83
50		61.5		63.90	69.73	0.202	72.71
200		81.7		84.88	109.77	0.167	114.45

TR04 - Giovinazzo-Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	1.31	51.4	0.2007	54.27	56.90	0.215	60.31
50		61.5		64.93	72.19	0.196	76.51
200		81.7		86.25	115.66	0.158	122.59

TR05 - Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	0.52	51.4	0.2270	44.31	61.00	0.195	53.68
50		61.5		53.02	78.10	0.172	68.74
200		81.7		70.43	127.48	0.127	112.19

TR06 - Bari-Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	1.48	51.4	0.1997	55.59	61.85	0.187	66.54
50		61.5		66.51	75.89	0.176	81.66
200		81.7		88.35	113.86	0.154	122.50

B01 - Giovinazzo-Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	1.69	51.4	0.2012	57.13	52.59	0.223	59.11
50		61.5		68.35	65.04	0.209	73.10
200		81.7		90.79	99.07	0.180	111.36

B02 - Giovinazzo-Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	3.36	51.4	0.2002	65.51	54.46	0.222	71.25
50		61.5		78.39	68.05	0.205	89.03
200		81.7		104.13	105.83	0.173	138.45

B03 - Giovinazzo-Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	2.44	51.4	0.2011	61.50	55.52	0.219	67.51
50		61.5		73.58	69.84	0.201	84.92
200		81.7		97.74	110.03	0.167	133.79

B04 - Bari-Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	0.96	51.4	0.2002	50.98	57.38	0.202	56.91
50		61.5		61.00	71.32	0.184	70.73
200		81.7		81.03	109.71	0.149	108.81

B05 - Bari-Bitonto							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	1.11	51.4	0.1995	52.48	58.33	0.194	59.52
50		61.5		62.79	70.78	0.183	72.23
200		81.7		83.41	103.85	0.161	105.97

Lama Balice							
Tr (anni)	tc (ore)	VAPI			Frechet		
		a (mm/h)	n	h (mm)	a (mm/h)	n	h (mm)
25	27.42	51.4	0.2187	106.04	55.17	0.226	116.69
50		61.5		126.87	69.34	0.211	139.50
200		81.7		168.54	109.06	0.181	198.75

Considerando che i parametri ottenuti con il metodo di Frechet derivano da dati di pioggia più aggiornati rispetto a quelli ottenuti con il metodo VAPI, risultano in tutti i casi più cautelative le curve date proprio dalla distribuzione di Frechet; quindi, tali curve verranno utilizzate per il dimensionamento delle opere in progetto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

5.3 DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI INFERIORI ALL'ORA

Gli eventi di pioggia aventi durata inferiore all'ora vengono denominati eventi brevi; gli eventi brevi e quelli lunghi, precedentemente esposti, seguono differenti dinamiche meteorologiche e non possono essere trattati in egual modo. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia h , con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia h di durata 60 minuti, a parità di tempo di ritorno T , è dipendente solo dalla durata t espressa in minuti:

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

Avendo indicato con f un simbolo funzionale.

Studi successivi hanno dimostrato che il legame funzionale può essere espresso nella semplice forma:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^s$$

In cui t è la durata dell'evento meteorico di durata inferiore all'ora, espressa in minuti, s è un coefficiente che assume un diverso valore numerico in dipendenza della regione in esame.

Nel caso in oggetto, per la Puglia il coefficiente assume il valore di 0.227 (Ferro, Bagarello, *Rainfall depth duration relationship for South Italy*, Journal of Hydrologic Engineering ASCE 1996). L'equazione precedente assume quindi la forma:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.227}$$

I seguenti parametri verranno utilizzati per il dimensionamento delle opere in progetto per tempi inferiori all'ora.

Bacino	Tr 25		Tr 50		Tr 200	
	a	n	a	n	a	n
B01	52.59	0.227	65.04	0.227	99.07	0.227
TR01	54.00		67.45		104.82	
TR01a	51.53		63.87		97.74	
TR02	51.53		63.87		97.74	
B02	54.46		68.05		105.83	
B03	55.52		69.84		110.03	
TR03	55.46		69.73		109.77	

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

TR04	56.90		72.19		115.66	
TR05	61.00		78.10		127.48	
B04	57.38		71.32		109.71	
B05	58.33		70.78		103.85	
TR06	61.85		75.89		113.86	
Lama Balice	55.17		69.34		109.06	

Tabella 10 – Curve IDF di progetto per $t < 1h$.

6. DEFINIZIONE DELLE PORTATE

6.1 IL METODO CINEMATICO

Il calcolo delle portate in corrispondenza delle interferenze lungo la linea ferroviaria è stato effettuato utilizzando il metodo razionale o del ritardo di corrivazione.

Il metodo razionale permette il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione: in particolare si assume come valido il concetto di isofrequenza tra l'evento meteorico e il colmo di piena derivato; generalmente utilizzato per bacini di limitata estensione, è stato applicato anche a casi di notevoli comprensori di bonifica.

Il metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

- 1) la formazione della piena si basa unicamente su un fenomeno di trasferimento di massa liquida;
- 2) ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui è caduta;
- 3) la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse è indipendente dalle altre;
- 4) la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura;

la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento.

Dalle ipotesi (1) e (2), sopra formulate, il tempo impiegato da ciascuna goccia di pioggia per raggiungere la sezione di chiusura del bacino, definito come tempo di corrivazione puntuale, risulta essere necessariamente univoco per ogni punto del bacino stesso; il tempo di corrivazione massimo viene a coincidere con il tempo di corrivazione del bacino.

Nella Figura 7 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quella di corrivazione l'idrogramma di piena assume la forma triangolare.

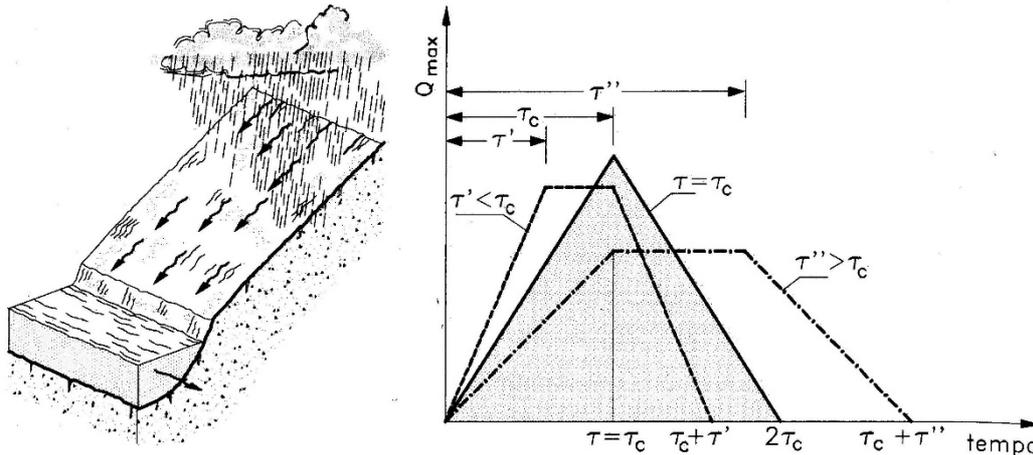


Figura 13 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

La definizione della portata di piena avviene tramite la formula:

$$Q = \frac{1000}{3600} \cdot \frac{\phi \cdot A \cdot h(\tau, T)}{\tau}$$

dove

- ϕ = coefficiente adimensionale di deflusso (o di riduzione);
- A = superficie del bacino [km²];
- $h(\tau, T)$ = altezza di pioggia netta di durata e tempo di ritorno prefissati [mm];
- τ = tempo di corrivazione del bacino [ore].

Utilizzando, per il calcolo dell'altezza di pioggia, un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, si ottengono le portate maggiormente critiche in quanto sono tali da mettere tutto il bacino in condizione di contribuire al deflusso attraverso la sezione considerata ed allo stesso tempo sono quelle più intense in quanto di ridotta durata.

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

Una relazione frequentemente utilizzata per tale calcolo è la formula di **Giandotti** (1934) che tiene conto della morfologia del bacino, tuttavia essendo valida per superfici variabili fra 170 e 70'000 km², non è stata utilizzata nel presente progetto.

Di seguito si riportano le equazioni impiegate, per le formule empiriche sono stati rispettati i limiti di applicabilità suggeriti e sono state considerate formule sviluppate per bacini con caratteristiche assimilabili a quelle di progetto.

Formula di **Ventura** (1905). La formula valida per $A < 40 \text{ Km}^2$, ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

dove i_m è la pendenza media della rete di drenaggio.

Formula di **Pasini** (1914): la formula è valida per $A < 40 \text{ Km}^2$, ha la seguente forma:

$$\tau_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{L \cdot A}}{\sqrt{i_m}}$$

Il tempo di corrivazione, calcolato secondo **Turazza** risulta:

$$t_c = 1.085 \sqrt{S}$$

Dove S è l'area del bacino sottesa alla sezione di calcolo [km²];

Il tempo di corrivazione, calcolato secondo **Viparelli** risulta:

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

La velocità V è pari a 1.5 m/s. La stessa formula può essere applicata con $V = 0.6 \text{ m/s}$ e in questo caso prende il nome di US Navy-Texas Dept.

Infine può essere utilizzata la formula dell'NRCS-SCS:

$$Tc = 0.0526 \cdot [(1000 / CN) - 9] L^{0.8} S^{-0.5}$$

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

dove T_c rappresenta il tempo di corrivazione (minuti), L la massima distanza (piedi) tra lo spartiacque e la sezione di chiusura, CN il Curve Number del bacino (adimensionale) e S la pendenza media percentuale del bacino. La formula è stata sviluppata per piccoli bacini rurali.

Il valore finale considerato per il t_c di ciascun bacino è stato considerato come media delle equazioni sopra riportate. Come confronto ulteriore è stato inoltre valutata una velocità di scorrimento media lungo l'asta principale del bacino di circa 0,65 m/s, attraverso il modello 2D implementato per le 3 incisioni principali e descritto nella relazione idraulica. Da tale valore è stato calcolato il t_c con la formula di Viparelli, i risultati mostrano una buona corrispondenza con i valori adottati dalla media sopra descritta, come mostrato in tabella 13. Ovviamente, tale confronto ha il solo scopo di stimare un ordine di grandezza del tempo di corrivazione, nell'ipotesi di considerare tutti i bacini studiati di caratteristiche omogenee rispetto a quelli analizzati con il modello 2D, i cui risultati risentono anche della risoluzione del DTM ma che comunque restituiscono dei valori più realistici del fenomeno di scorrimento rispetto alle caratteristiche del territorio in esame, rispetto alle sole formule empiriche, che come ricordato, risentono delle specificità del bacino per cui sono state ricavate.

6.2 PERDITE IDROLOGICHE

Il calcolo delle perdite idrologiche è stato effettuato utilizzando il Metodo del Curve Number.

Nelli seguente paragrafo viene descritto in maniera dettagliata.

Metodo SCS

Il coefficiente di deflusso è stato individuato utilizzando il metodo del Curve Number (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service americano (SCS). Tale metodo si colloca a metà strada fra i modelli basati sul calcolo delle perdite per infiltrazione in un punto, quindi coerentemente utilizzabili in approcci distribuiti e semidistribuiti, ed i modelli formulati in maniera da essere specificatamente utilizzati in approcci integrati, secondo la teoria esposta di seguito. Il metodo CN si basa su una semplice equazione di bilancio fra i valori cumulati nel tempo, a partire dall'inizio dell'evento di precipitazione, della pioggia $P(t)$, del deflusso superficiale $Q(t)$, delle perdite iniziali $I_a(t)$ prima della produzione di deflusso e di quelle successive $I(t)$:

$$P(t) = I_a(t) + I(t) + Q(t)$$

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

esprese in termini di volume per un'unità di area, ovvero di un'altezza (mm).

L'ipotesi di base del metodo è che il rapporto fra il volume di deflusso ed il volume di pioggia depurato delle perdite iniziali rimanga, ad ogni istante, uguale al rapporto tra il volume delle perdite successive ed il volume massimo teorico delle perdite (a saturazione), indicato con il simbolo S:

$$\frac{Q}{P - I_a} = \frac{I}{S}$$

Viene inoltre supposto che le perdite iniziali siano proporzionali alle perdite massime possibili S (a saturazione):

$$I_a = \beta S$$

con valori tipici di β compresi tra 0,1 e 0,3. Il SCS propone per l'intercettazione iniziale: $I_a = 0.2 S$.

Il nucleo fondamentale di tutto il metodo è costituito dal parametro S, che a sua volta viene espresso in funzione di un indice dimensionale CN, detto appunto curve number, che a sua volta viene tabulato in funzione del tipo di suolo, per tenere conto delle capacità di infiltrazione, e dell'uso del suolo, che influenzerà sia l'ammontare della quota delle perdite iniziali dovute a intercettazione che la capacità di infiltrazione stessa del suolo.

I valori CN hanno come limite inferiore 0 (superficie totalmente permeabile, con nessuna produzione di deflusso) e come limite superiore 100 (superficie totalmente impermeabile, con nessuna perdita e deflusso uguale alla precipitazione). Il termine curve number deriva dal fatto che a ciascun valore di CN corrisponde una diversa curva che rappresenta il rapporto tra i volumi di deflusso e di precipitazione (coefficiente di deflusso cumulato) in funzione del volume della precipitazione.

Il parametro S può essere calcolato come:

$$S = 254 \left[\frac{100}{CN} - 1 \right]$$

I valori dell'indice CN sono tabulati in letteratura per differenti tipi di copertura del suolo, diverse caratteristiche del terreno e per condizioni medie di umidità iniziale del suolo (condizione II), secondo 4 gruppi principali di terreno1:

- gruppo A: terreni sabbiosi molto permeabili
- gruppo B: terreni franchi moderatamente permeabili, depositi sabbiosi superficiali;

	PROGETTO DEFINITIVO NODO DI BARI BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IADR	LOTTO 00	FASE-ENTE D 11	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A

- gruppo C: terreni franco – limosi poco permeabili: argille di medio impasto, ad elevato tenore di argilla;
- gruppo D: terreni argillosi quasi impermeabili.

Le condizioni di umidità iniziale del suolo risultano tre:

- condizione I: il terreno è secco pur senza raggiungere il punto di appassimento e le colture o la vegetazione sono ben sviluppate;
- condizione II: il terreno è mediamente umido;
- condizione III: il terreno è saturo di umidità a causa di intense precipitazioni con almeno 50 mm di altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti l’evento considerato; nella stagione fredda si considera raggiunta la saturazione dopo 25 mm di pioggia in 5 giorni.

Le relazioni tra le condizioni medie CN II e la condizione I e III sono basate sulle seguenti relazioni semplificate:

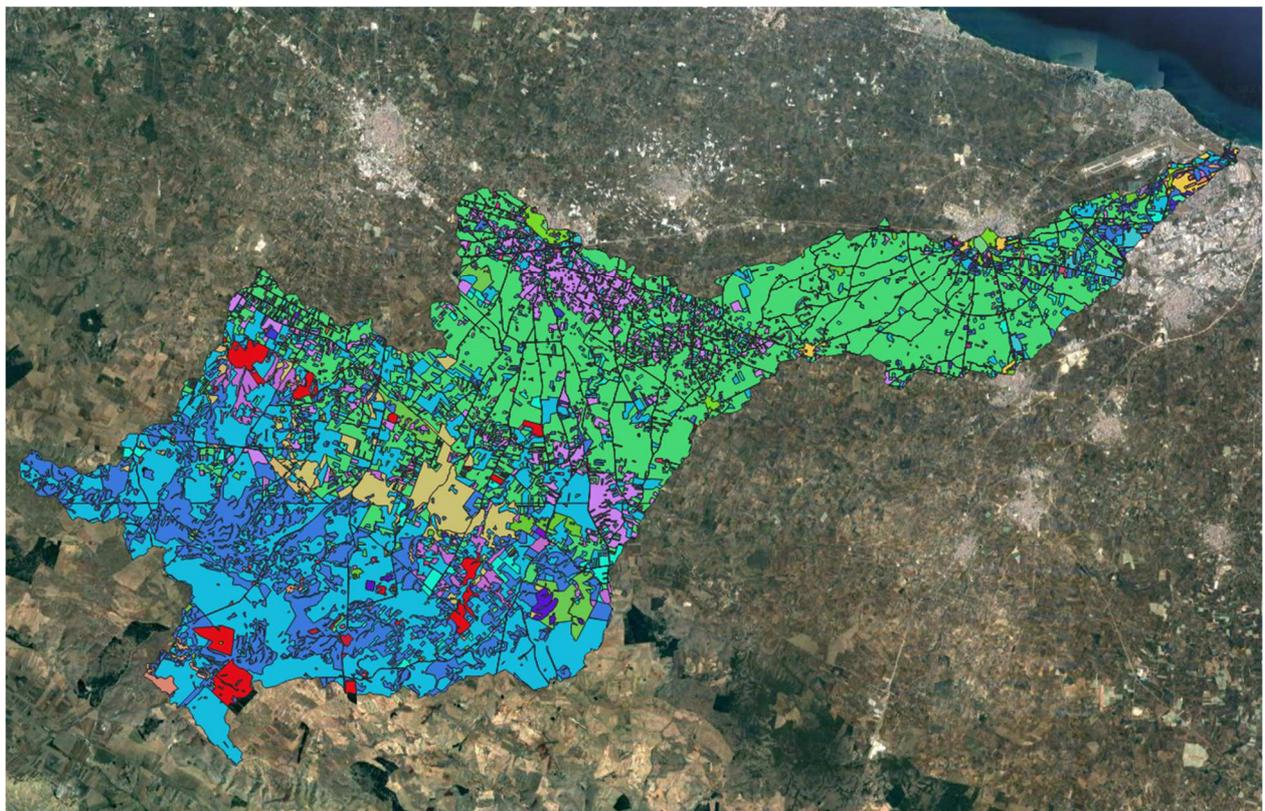
$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.3 - 0.013CN_{II}}$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

Per la determinazione del CNII dei bacini dei fossi esaminati sono stati utilizzati i dati provenienti dalla carta di uso del suolo, corretta con la carta litologica per l’individuazione del gruppo (A, B, C, D) del terreno previsto dal metodo.

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	46 di 63



	aree a pascolo naturale, praterie, incolti		insediamenti ospedalieri
	aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)		insediamenti produttivi agricoli
	aree a ricolonizzazione naturale		insediamento commerciale
	aree a vegetazione sclerofilla		insediamento degli impianti tecnologici
	aree aeroportuali ed eliporti		insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati
	aree con vegetazione rada		insediamento in disuso
	aree estrattive		insediamento industriale o artigianale con spazi annessi
	aree per gli impianti delle telecomunicazioni		parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili)
	aree portuali		prati alberati, pascoli alberati
	aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali		reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia
	aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)		reti ferroviarie comprese le superfici annesse
	aree verdi urbane		reti stradali e spazi accessori
	bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui		rocce nude, falesie e affioramenti
	bacini senza manifeste utilizzazioni produttive		seminativi semplici in aree non irrigue
	boschi di conifere		sistemi colturali e particellari complessi
	boschi di latifoglie		spiagge, dune e sabbie
	boschi misti di conifere e latifoglie		suoli rimaneggiati e artefatti
	campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili		superfici a copertura erbacea densa
	canali e idrovie		tessuto residenziale continuo antico e denso
	cantieri e spazi in costruzione e scavi		tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso
	cespuglieti e arbusteti		tessuto residenziale continuo, denso recente, alto
	cimiteri		tessuto residenziale discontinuo
	colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue		tessuto residenziale rado e nucleiforme
	colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue		tessuto residenziale sparso
	colture temporanee associate a colture permanenti		uliveti
	depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli		vigneti
	discariche e depositi di cave, miniere, industrie		
	frutteti e frutti minori		
	grandi impianti di concentrazione e smistamento merci		

Figura 14 – Stralcio della carta d'uso del suolo nei bacini interferenti e nel bacino della Lama Balice.



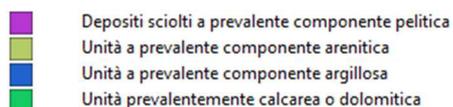
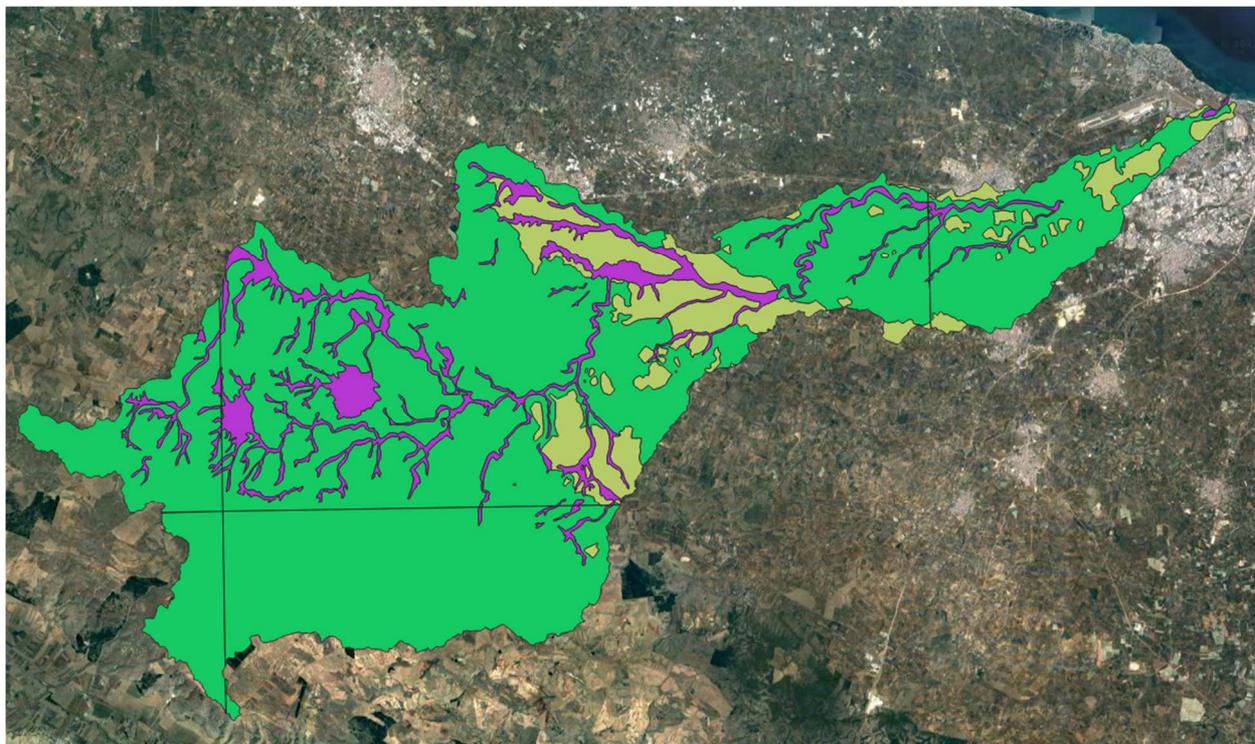


Figura 15 – Stralcio della carta litologica nei bacini interferenti e nel bacino della Lama Balice.

Ad ogni tipologia di suolo è stato attribuito un valore del CN sulla base delle indicazioni del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico redatto dall’Autorità di Bacino della Puglia.

Categoria di uso del suolo	A	B	C	D
acquacolture	100	100	100	100
altre colture permanenti	62	71	78	81
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89
aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)	45	66	77	83
aree a ricolonizzazione naturale	45	66	77	83
aree a vegetazione sclerofilla	45	66	77	83
aree aeroportuali ed eliporti	77	85	90	92
aree archeologiche	77	86	91	94

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	49 di 63

aree con vegetazione rada	68	79	86	89
aree estrattive	0	0	0	0
aree interessate da incendi o altri eventi dannosi	45	66	77	83
aree per gli impianti delle telecomunicazioni	77	85	90	92
aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	49	69	79	84
aree verdi urbane	46	65	77	82
bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui	100	100	100	100
bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	100	100	100	100
boschi di conifere	36	60	73	79
boschi di latifoglie	36	60	73	79
boschi misti di conifere e latifoglie	36	60	73	79
campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili	49	69	79	84
canali e idrovie	100	100	100	100
cantieri e spazi in costruzione e scavi	77	85	90	92
cespuglieti e arbusteti	45	66	77	83
cimiteri	61	75	83	87
colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	72	81	88	91
colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	72	81	88	91
colture temporanee associate a colture permanenti	62	71	78	81
depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	89	92	94	95
discariche e depositi di cave, miniere, industrie	77	86	91	94
estuari	100	100	100	100
fiumi, torrenti e fossi	100	100	100	100
frutteti e frutti minori	67	78	85	89
grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	89	92	94	95
insediamenti ospedalieri	81	88	91	93
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92
insediamento commerciale	89	92	94	95
insediamento degli impianti tecnologici	81	88	91	93
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95
insediamento in disuso	61	75	83	87
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	88	91	93
lagune, laghi e stagni costieri	100	100	100	100
paludi interne	100	100	100	100

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	50 di 63

paludi salmastre	100	100	100	100
parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili)	49	69	79	84
prati alberati, pascoli alberati	49	69	79	84
reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	89	92	94	95
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98
rocce nude, falesie e affioramenti	77	86	91	94
saline	100	100	100	100
seminativi semplici in aree irrigue	63	75	83	87
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88
sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
spiagge, dune e sabbie	49	69	79	84
suoli rimaneggiati e artefatti	77	86	91	94
superfici a copertura erbacea densa	49	69	79	84
tessuto residenziale continuo antico e denso	89	92	94	95
tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	89	92	94	95
tessuto residenziale continuo, denso recente, alto	89	92	94	95
tessuto residenziale discontinuo	77	85	90	92
tessuto residenziale rado e nucleiforme	61	75	83	87
tessuto residenziale sparso	57	72	81	86
uliveti	67	78	85	89
vigneti	67	78	85	89

Tabella 11 – CN per ogni tipologia di suolo.

6.3 PORTATE DI PROGETTO

Per la stima dei deflussi lungo i corsi d'acqua oggetto dello studio si è proceduto alla delimitazione dei bacini imbriferi contribuenti ed al calcolo dei parametri fisici fondamentali.

Nelle figure seguenti, si riportano i bacini idrografici dei corsi d'acqua interferenti con l'intervento in progetto.

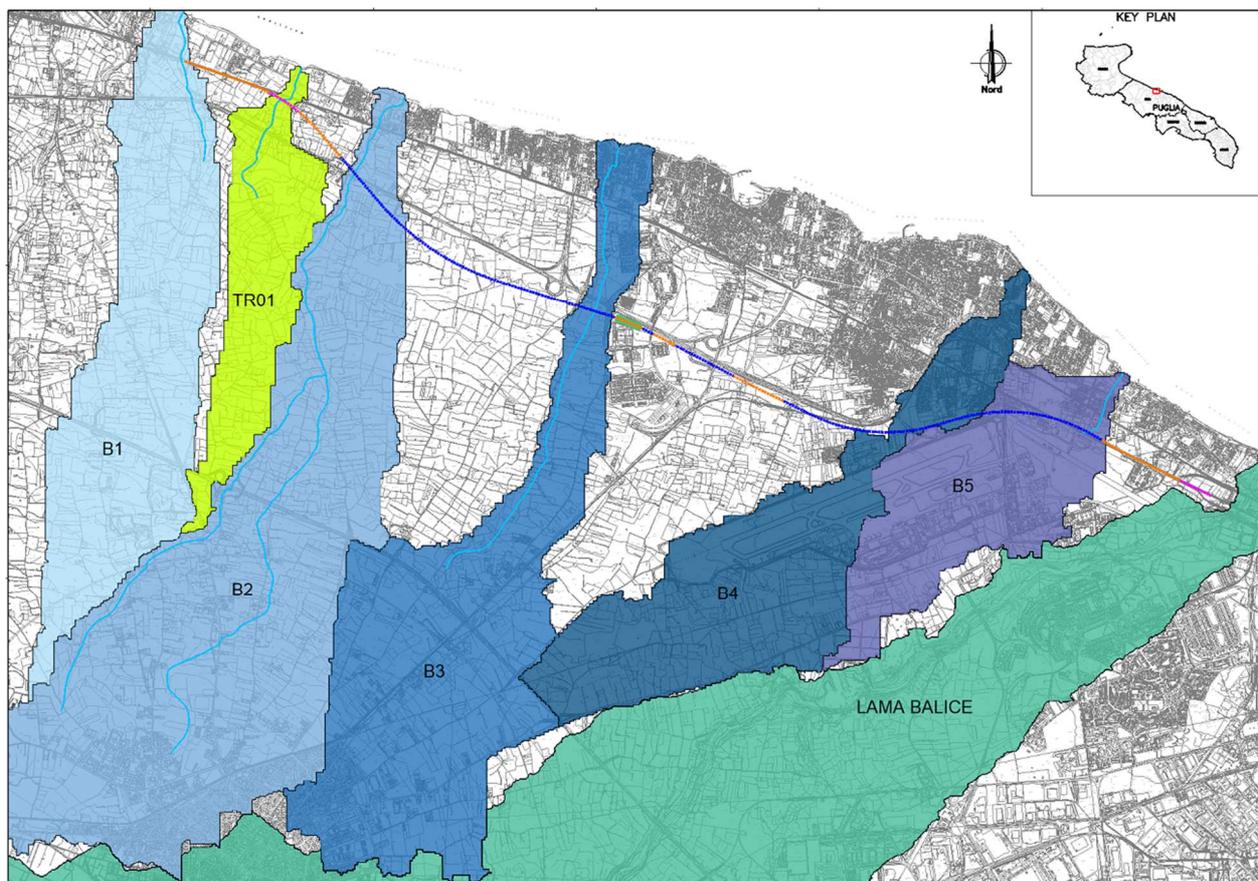


Figura 16 – Corografia dei bacini principali.

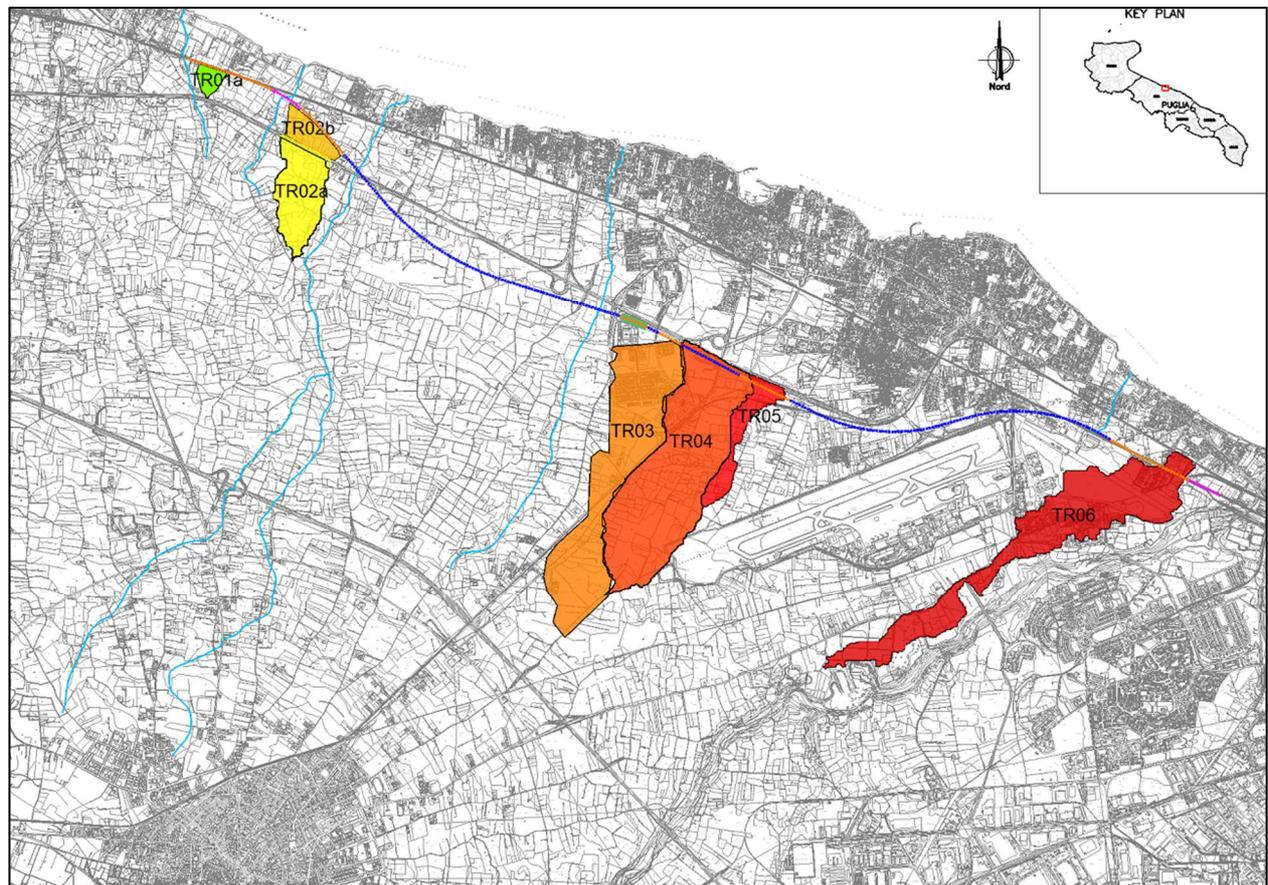


Figura 17 – Corografia dei bacini secondari.

Per ogni bacino sono state determinate le caratteristiche geomorfologiche di riferimento per il calcolo del tempo di corrivazione. Nelle tabelle seguenti vengono riportati i parametri geomorfologici di ogni bacino (superficie, lunghezza dell’asta principale, quota minima, media e massima sul livello del mare, ecc.) e i tempi di corrivazione relativi ai bacini dei corsi d’acqua di interesse con sezione di chiusura in corrispondenza degli attraversamenti di progetto. Il calcolo delle portate è stato effettuato considerando il tempo di corrivazione medio.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEI BACINI IDROLOGICI

1 Superfici	TR01	TR01a	TR02a	TR02b	C.gro-TR02a,TR02b	TR03	TR04	TR05	TR06
Superficie del bacino idrologico (km ²)	2.42	0.05	0.37	0.12	0.49	1.25	1.52	0.21	1.21
2 Lunghezze									
Lunghezza dell'asta principale (km)	4.00	0.10	0.25	1.00	1.25	2.50	2.50	1.25	3.80
3 Pendenze									
Pendenza dell'asta principale	0.0198	0.1757	0.0800	0.0108	0.0225	0.0124	0.0116	0.0157	0.0124
Pendenza media dei versanti (o del bacino)	0.0198	0.1757	0.0800	0.0108	0.0225	0.0124	0.0116	0.0157	0.0124
4 Quote e dislivelli									
Quota massima del bacino idrologico (m)	80.43	25.09	37.90	20.65	37.90	67.00	65.00	55.80	58.00
Quota minima del bacino idrologico (m)	1.22	7.52	17.90	9.81	9.81	36.00	36.00	36.20	10.70
Quota media del bacino idrologico (m)	40.83	16.31	27.90	15.23	23.86	51.50	50.50	46.00	34.35
Quota massima dell'asta principale (m)	80.43	25.09	37.90	20.65	37.90	67.00	65.00	55.80	58.00
Quota minima dell'asta principale (m)	1.22	7.52	17.90	9.81	9.81	36.00	36.00	36.20	10.70
Quota della sezione di chiusura (m)	1.22	7.52	17.90	9.81	9.81	36.00	36.00	36.20	10.70
Quota media rispetto alla sezione di chiusura (m)	40.83	16.31	27.90	15.23	23.86	51.50	50.50	46.00	34.35
Altezza media relativa rispetto alla sezione di chiusura (m)	39.61	8.79	10.00	5.42	14.05	15.50	14.50	9.80	23.65
Dislivello dell'asta principale (m)	79.21	17.57	20.00	10.84	28.09	31.00	29.00	19.60	47.30
Dislivello tra la quota massima e minima del bacino (m)	79.21	17.57	20.00	10.84	28.09	31.00	29.00	19.60	47.30

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEI BACINI IDROLOGICI

1 Superfici	B01	B02	B03	B04	B05	TR06	Lama
Superficie del bacino idrologico (km ²)	5.75	11.86	7.76	5.11	3.59	1.21	413.81
2 Lunghezze							
Lunghezza dell'asta principale (km)	2.54	7.55	4.62	0.75	0.98	3.80	61.50
3 Pendenze							
Pendenza dell'asta principale	0.0178	0.0146	0.0143	0.0208	0.0155	0.0124	0.0096
Pendenza media dei versanti (o del bacino)	0.0178	0.0146	0.0143	0.0208	0.0155	0.0124	0.0096
4 Quote e dislivelli							
Quota massima del bacino idrologico (m)	116.21	83.10	111.83	83.38	62.91	58.00	671.78
Quota minima del bacino idrologico (m)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	10.70	0.00
Quota media del bacino idrologico (m)	58.11	41.55	55.92	41.69	31.46	34.35	335.89
Quota massima dell'asta principale (m)	45.26	110.03	65.94	15.60	15.19	58.00	587.41
Quota minima dell'asta principale (m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.70	0.00
Quota della sezione di chiusura (m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.70	0.00
Quota media rispetto alla sezione di chiusura (m)	58.11	41.55	55.92	41.69	31.46	34.35	335.89
Altezza media relativa rispetto alla sezione di chiusura (m)	58.11	41.55	55.92	41.69	31.46	23.65	335.89
Dislivello dell'asta principale (m)	45.26	110.03	65.94	15.60	15.19	47.30	587.41
Dislivello tra la quota massima e minima del bacino (m)	116.21	83.10	111.83	83.38	62.91	47.30	671.78

Tabella 12 – Caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrologici.

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

	TR01	TR01a	TR02a	TR02b	C.gro-TR02a,TR02b	TR03	TR04	TR05	TR06
<i>Formula di Pasini (h)</i>	1.62	0.05	0.17	0.51	0.61	1.41	1.56	0.55	1.60
<i>Formula di Kirpich (h)</i>		0.02	0.06	0.38	0.34			0.39	
<i>Turazza (h)</i>	1.69	0.25	0.66	0.37	0.76	1.21	1.34	0.49	1.19
<i>Formula di Ventura (h)</i>	1.40	0.07	0.27	0.41	0.59	1.28	1.46	0.46	1.25
<i>US NAVY-TexasDept (h)</i>	1.85	0.05	0.12	0.46	0.58	1.16	1.16	0.58	1.76
<i>Viparelli (h)</i>	0.74	0.02	0.05	0.19	0.23	0.46	0.46	0.23	0.70
<i>NRC-SCS (h)</i>	2.13	0.04	0.11	0.95	0.78	1.76	1.91	0.94	2.36
<i>CNII</i>	89.27	88.71	89.48	89.37	89.45	90.55	89.34	89.29	91.44
VALORE MEDIO	1.57	0.25	0.21	0.47	0.56	1.21	1.31	0.52	1.48

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE						
	B01	B02	B03	B04	B05	Lama
<i>Formula di Pasini (h)</i>	1.96	3.94	2.95	1.17	1.31	31.42
<i>Formula di Kirpich (h)</i>				0.12		
<i>Turazza (h)</i>	2.60	3.74	3.02	2.45	2.06	22.07
<i>Formula di Ventura (h)</i>	2.28	3.62	2.96	1.99	1.93	26.43
<i>US NAVY-TexasDept (h)</i>	1.18	3.50	2.14	0.35	0.45	28.47
<i>Viparelli (h)</i>	0.47	1.40	0.86	0.14	0.18	
<i>NRC-SCS (h)</i>	1.67	3.94	2.70	0.52	0.70	28.67
<i>CNIII</i>	87.49	90.42	90.32	90.43	91.84	88.04
VALORE MEDIO	1.69	3.36	2.44	0.96	1.11	27.42

Tabella 13 – Calcolo del tempo di corrivazione.

In seguito, ad ogni bacino è stato attribuito un valore medio del CN e del coefficiente di deflusso, calcolati come media pesata delle superfici occupate da ogni categoria di uso del suolo. I risultati sono riportati nelle tabelle seguenti.

B01					
DESC	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m ²)
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	9043
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	31442
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	93330
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	113687
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	88	91	93	31557
uliveti	67	78	85	89	4813951
insediamento commerciale	89	92	94	95	6277
rocce nude, falesie e affioramenti	77	86	91	94	5983
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	310926
campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili	49	69	79	84	23017
frutteti e frutti minori	67	78	85	89	67268
insediamento degli impianti tecnologici	81	88	91	93	11214
aree estrattive	0	0	0	0	232615
MEDIA PONDERATA	64.95	75.26	81.85	85.56	

TR01					
DESC_	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m ²)
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	4755
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	34729
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	46555
frutteti e frutti minori	67	78	85	89	26112
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	88	91	93	610
uliveti	67	78	85	89	2205168
rocce nude, falesie e affioramenti	77	86	91	94	252
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	98442
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	2629
MEDIA PONDERATA	67.56	78.34	85.24	89.14	

TR01a					
DESC_	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m ²)
uliveti	67	78	85	89	35572
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	16706.5
MEDIA PONDERATA	66.36	77.36	84.68	88.68	

TR02a					
DESC_	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m ²)
uliveti	67	78	85	89	370918
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	13641
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	2259
MEDIA PONDERATA	68.10	78.71	85.46	89.32	

TR02b					
DESC_	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m ²)
uliveti	67	78	85	89	111246
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	2926
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	1599
MEDIA PONDERATA	67.80	78.52	85.34	89.23	

C.gronda TR02a, TR02b					
DESC_	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m ²)
uliveti	67	78	85	89	482164
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	16567
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	3858
MEDIA PONDERATA	68.03	78.67	85.44	89.30	

B02					
DESC_	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m²)
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	52477
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	118128
cespuglieti e arbusteti	45	66	77	83	11267
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	234695
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	360627
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	88	91	93	411536
tessuto residenziale continuo, denso recente, alto	89	92	94	95	555494
uliveti	67	78	85	89	7818675
tessuto residenziale continuo antico e denso	89	92	94	95	540
insediamento commerciale	89	92	94	95	38451
rocce nude, falesie e affioramenti	77	86	91	94	54
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	528661
tessuto residenziale continuo, denso piÃ¹ recente e basso	89	92	94	95	437148
colture temporanee associate a colture permanenti	62	71	78	81	26761
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95	71848
insediamenti ospedalieri	81	88	91	93	11308
suoli rimaneggiati e artefatti	77	86	91	94	190667
cimiteri	61	75	83	87	353
frutteti e frutti minori	67	78	85	89	681439
cantieri e spazi in costruzione e scavi	77	85	90	92	143515
aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	49	69	79	84	47236
tessuto residenziale discontinuo	77	85	90	92	4027
vigneti	67	78	85	89	29686
tessuto residenziale sparso	57	72	81	86	79063
MEDIA PONDERATA	70.68	80.41	86.57	90.02	

B03					
DESC_	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m²)
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	32691
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	56467
cespuglieti e arbusteti	45	66	77	83	21342
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	445410
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	308604
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	88	91	93	195521
tessuto residenziale continuo, denso recente, alto	89	92	94	95	464967
colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	72	81	88	91	1967
uliveti	67	78	85	89	4571956
insediamento commerciale	89	92	94	95	16953
rocce nude, falesie e affioramenti	77	86	91	94	9783
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	783400
tessuto residenziale continuo, denso pi ¹ recente e basso	89	92	94	95	45499
reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	89	92	94	95	4159
colture temporanee associate a colture permanenti	62	71	78	81	33001
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95	80944
suoli rimaneggiati e artefatti	77	86	91	94	77190
frutteti e frutti minori	67	78	85	89	174164
cantieri e spazi in costruzione e scavi	77	85	90	92	13725
aree verdi urbane	46	65	77	82	18500
aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	49	69	79	84	19111
tessuto residenziale discontinuo	77	85	90	92	243690
aree portuali	77	85	90	92	787
sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91	1545
insediamento degli impianti tecnologici	81	88	91	93	11541
aree estrattive	0	0	0	0	13
vigneti	67	78	85	89	7911
tessuto residenziale sparso	57	72	81	86	111770
prati alberati, pascoli alberati	49	69	79	84	4082
MEDIA PONDERATA	70.43	80.22	86.49	89.90	

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	58 di 63

TR03					
DESC	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m²)
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95	45082
tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	89	92	94	95	123181
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	149539
uliveti	67	78	85	89	666067
tessuto residenziale continuo, denso recente, alto	89	92	94	95	18909
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	56691
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	81195
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	21074
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	8400
prati alberati, pascoli alberati	49	69	79	84	19328
tessuto residenziale sparso	57	72	81	86	35855
aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	49	69	79	84	7489
aree verdi urbane	46	65	77	82	5523
cantieri e spazi in costruzione e scavi	77	85	90	92	10389
suoli rimaneggiati e artefatti	77	86	91	94	3717
MEDIA PONDERATA	71.09	80.65	86.77	90.06	

TR04					
DESC	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95	5789
colture temporanee associate a colture permanenti	62	71	78	81	13958
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	168716
uliveti	67	78	85	89	1155620
aree aeroportuali ed eliporti	77	85	90	92	24537
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	54914
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	15866
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	4545
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	8354
tessuto residenziale sparso	57	72	81	86	51843
aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	49	69	79	84	8814
suoli rimaneggiati e artefatti	77	86	91	94	10143
MEDIA PONDERATA	67.81	78.47	85.32	89.13	

TR05					
DESC	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m²)
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	18805
uliveti	67	78	85	89	173929
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	4352
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	6089
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	3352
MEDIA PONDERATA	67.65	78.38	85.28	89.13	

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	59 di 63

B04					
DESC	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m²)
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	20084
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	13415
cespuglieti e arbusteti	45	66	77	83	185
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	72408
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	124315
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	88	91	93	39266
aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	62	71	78	81	6066
aree aeroportuali ed eliporti	77	85	90	92	1147589
uliveti	67	78	85	89	2567998
insediamento commerciale	89	92	94	95	1118
rocce nude, falesie e affioramenti	77	86	91	94	118
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	469550
depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	89	92	94	95	3446
tessuto residenziale continuo, denso pi ^A recente e basso	89	92	94	95	90758
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95	7603
suoli rimaneggiati e artefatti	77	86	91	94	38968
cimiteri	61	75	83	87	2611
frutteti e frutti minori	67	78	85	89	95852
tessuto residenziale rado e nucleiforme	61	75	83	87	15533
cantieri e spazi in costruzione e scavi	77	85	90	92	74842
tessuto residenziale discontinuo	77	85	90	92	251215
sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91	2694
aree estrattive	0	0	0	0	23344
colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	72	81	88	91	5606
vigneti	67	78	85	89	24600
tessuto residenziale sparso	57	72	81	86	9786
MEDIA PONDERATA	70.81	80.42	86.58	89.77	

B05					
DESC_	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m²)
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	25304
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	1651
cespuglieti e arbusteti	45	66	77	83	649
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	47858
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	137083
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	88	91	93	46385
aree aeroportuali ed eliporti	77	85	90	92	1880356
uliveti	67	78	85	89	459090
rocce nude, falesie e affioramenti	77	86	91	94	711
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	220292
tessuto residenziale continuo, denso pi ¹ recente e basso	89	92	94	95	51852
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95	164862
suoli rimaneggiati e artefatti	77	86	91	94	16904
frutteti e frutti minori	67	78	85	89	179527
tessuto residenziale rado e nucleiforme	61	75	83	87	8286
cantieri e spazi in costruzione e scavi	77	85	90	92	65989
aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	49	69	79	84	75557
aree a vegetazione sclerofilla	45	66	77	83	9
boschi di conifere	36	60	73	79	11294
tessuto residenziale discontinuo	77	85	90	92	2877
aree portuali	77	85	90	92	26
sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91	6411
aree estrattive	0	0	0	0	12137
vigneti	67	78	85	89	137822
tessuto residenziale sparso	57	72	81	86	2054
prati alberati, pascoli alberati	49	69	79	84	6935
MEDIA PONDERATA	74.44	83.03	88.40	90.93	

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 11	RIID0001001	A	61 di 63

TR06					
DESC	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m²)
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95	210580
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	113151
uliveti	67	78	85	89	133060
aree aeroportuali ed eliporti	77	85	90	92	346704
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	22734
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	21289
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	1437
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	3745
aree a ricolonizzazione naturale	45	66	77	83	41
vigneti	67	78	85	89	92725
aree estrattive	0	0	0	0	8937
sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91	5124
aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	49	69	79	84	94725
cantieri e spazi in costruzione e scavi	77	85	90	92	149383
frutteti e frutti minori	67	78	85	89	3917
MEDIA PONDERATA	73.51	82.28	87.72	90.32	

Lama Balice					
DESC_	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	area (m ²)
altre colture permanenti	62	71	78	81	56988.15
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89	55346592
aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novello)	45	66	77	83	1000877
aree a ricolonizzazione naturale	45	66	77	83	350991.5
aree a vegetazione sclerofilla	45	66	77	83	266548.2
aree aeroportuali ed eliporti	77	85	90	92	69207.72
aree con vegetazione rada	68	79	86	89	698598.3
aree estrattive	0	0	0	0	2096302
aree interessate da incendi o altri eventi dannosi	45	66	77	83	34729.09
aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	62	71	78	81	5674.154
aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	49	69	79	84	319034.9
aree verdi urbane	46	65	77	82	426.3965
bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui	100	100	100	100	23750.25
boschi di conifere	36	60	73	79	6900907
boschi di latifoglie	36	60	73	79	12262428
boschi misti di conifere e latifoglie	36	60	73	79	4772362
cantieri e spazi in costruzione e scavi	77	85	90	92	308167.6
cespuglieti e arbusteti	45	66	77	83	2485337
cimiteri	61	75	83	87	54372.15
colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	72	81	88	91	80282.06
colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	72	81	88	91	2481.804
colture temporanee associate a colture permanenti	62	71	78	81	733368.2
depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	89	92	94	95	62844.99
frutteti e frutti minori	67	78	85	89	11331739
grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	89	92	94	95	24788.61
insediamenti ospedalieri	81	88	91	93	55082.83
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92	1571221
insediamento commerciale	89	92	94	95	149501.1
insediamento degli impianti tecnologici	81	88	91	93	59440.1
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95	1021142
insediamento in disuso	61	75	83	87	58519.87
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	88	91	93	2871995
prati alberati, pascoli alberati	49	69	79	84	5971590
reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	89	92	94	95	587246.9
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	76	85	89	91	92424.21
reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98	3342318
rocce nude, falesie e affioramenti	77	86	91	94	12116.03
seminativi semplici in aree non irrigue	65	76	84	88	1.19E+08
sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91	222748.5
suoli rimaneggiati e artefatti	77	86	91	94	801868.5
superfici a copertura erbacea densa	49	69	79	84	421984.3
tessuto residenziale continuo antico e denso	89	92	94	95	338742.8
tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	89	92	94	95	1887731
tessuto residenziale continuo, denso recente, alto	89	92	94	95	1383751
tessuto residenziale discontinuo	77	85	90	92	42173.93
tessuto residenziale rado e nucleiforme	61	75	83	87	63737.3
tessuto residenziale sparso	57	72	81	86	561353.8
uliveti	67	78	85	89	1.48E+08
MEDIA PONDERATA	64.44	76.19	83.75	87.64	

Tabella 14 – CN medi assegnati ai bacini

Utilizzando il metodo sopraccitati sono state determinate le portate di piena al colmo per ogni bacino con tempo di ritorno di 200 anni. Il calcolo delle portate con il metodo SCS, vista la composizione litologica principalmente calcarea dell'area, è stato effettuato considerando il CN_B (potenzialità di deflusso moderatamente bassa) e una condizione media di umidità del terreno antecedente l'inizio dell'evento (AMC II).

Caratteristiche Bacini			Calcolo portate							
BACINO	CN_B_medio	A bacino (m ²)	A bacino (Km ²)	S	Ia	Tc [h]	heff (mm)	hnet (mm)	Cd	Q ₂₀₀ (m ³ /s)
B01	75.26	5754776	5.75	83.50	16.70	1.69	116.15	54.06	0.47	51.04
TR01	78.34	2418522.88	2.42	70.22	14.04	1.57	109.25	54.79	0.50	23.42
TR01a	77.36	52778.18	0.05	74.33	14.87	0.25	71.35	24.39	0.34	1.43
TR02a	78.71	370807	0.37	68.70	13.74	0.21	68.32	24.16	0.35	12.06
TR02b	78.52	115737	0.12	69.49	13.90	0.47	82.22	33.87	0.41	2.33
Tombino (TR02b+TR01)	78.35	2534260	2.53	70.18	14.04	1.59	107.33	53.24	0.50	23.60
C.gronda (TR02a+TR02b)	78.67	486544	0.49	68.88	13.78	0.56	85.55	36.63	0.43	8.91
B02	80.41	11857214	11.86	61.87	12.37	3.36	142.93	88.58	0.62	87.00
B03	80.22	7763684	7.76	62.63	12.53	2.44	139.10	84.68	0.61	74.97
TR03	80.65	1252088	1.25	60.95	12.19	1.21	126.31	74.39	0.59	21.34
TR04	78.47	1522681	1.52	69.70	13.94	1.31	130.95	73.33	0.56	23.63
TR05	78.38	206472	0.21	70.05	14.01	0.52	109.97	55.46	0.50	6.10
B04	80.42	5108992	5.11	61.84	12.37	0.96	126.85	74.33	0.59	109.64
B05	83.03	3589447	3.59	51.93	10.39	1.11	131.27	84.56	0.64	76.25
TR06	82.28	1209005	1.21	54.69	10.94	1.48	136.55	87.51	0.64	19.90
Lama Balice	76.19	413812625	413.81	79.37	15.87	27.42	198.74	127.52	0.64	535.11

Tabella 15 – Calcolo delle portate.