

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**

**S.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**FERMATA AV FOGGIA - CERVARO**

**ID - IDROLOGIA E IDRAULICA**

**Relazione Idrologica**

SCALA:

-
---

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I A A 4	0 0	D	7 8	R I	I D 0 0 0 1	0 0 1	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	A. Polastri	Ottobre 2021	A. Accarelli G. De Gianni	Ottobre 2021	L. D'Angelo	Ottobre 2021	F. Accarelli Gruppo Ferrovie dello Stato Direz. Tecnica Dott. Ing. Francesco Sacchi Ordine degli Ingegneri Prov. di Roma n. 23172 Str. A	

## INDICE

1.	Premessa.....	3
2.	Inquadramento normativo.....	4
3.	Inquadramento idrografico.....	5
3.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO IN RELAZIONE ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	5
3.2	PERICOLOSITÀ IDRAULICA DA STRUMENTI NORMATIVI.....	6
4.	Analisi pluviometrica.....	12
4.1	GENERALITÀ.....	12
4.2	PROGETTO VAPI.....	12
4.2.1	<i>Modello Probabilistico TCEV.....</i>	13
4.2.2	<i>Stima regionale dei parametri con i massimi giornalieri.....</i>	13
4.2.3	<i>Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica metodo VAPI.....</i>	17
4.3	ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI.....	17
4.3.1	<i>Elaborazione statistica.....</i>	19
4.3.2	<i>Scelta delle curve di possibilità pluviometrica.....</i>	24
4.4	DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI INFERIORI ALL'ORA.....	25
5.	Pioggia media annua.....	27

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: bacini principali Puglia Settentrionale .....	5
Figura 2: planimetria PAI.....	10
Figura 3: Stralcio Studio “Analisi delle Criticità connesse alle interferenze tra la rete infrastrutturale ed il reticolo idrografico pugliese.....	11
Figura 4: Sottozone pluviometriche omogenee regione Puglia.....	16
Figura 5: curve di possibilità pluviometrica (durata da 1 a 24 ore).....	24

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Classi di rischio .....	9
Tabella 2: Pericolosità di inondazione.....	9
Tabella 3: curve possibilità pluviometrica VAPI .....	17
Tabella 5: stazione pluviometrica Foggia Osservatorio .....	18
Tabella 6: altezze pioggia Foggia Osservatorio .....	19
Tabella 7: elaborazione osservazioni con metodo di Gumbel .....	21
Tabella 8: parametri cpp Gumbel durate > 1 ora.....	24
Tabella 9: confronto parametri cpp durate > 1 ora .....	25
Tabella 10: parametri cpp per durate < 1 ora.....	26
Tabella 4: Foggia Osservatorio – piogge medie.....	27

## 1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative alla realizzazione della nuova fermata di Foggia della Linea Foggia Cervaro, per uno sviluppo complessivo di 1386,65 km.

L'elaborato in oggetto tratta lo studio idrologico dell'area, verranno espone le indagini sviluppate, le metodologie applicate ed i risultati dello studio finalizzati alla:

- caratterizzazione pluviometrica della zona di studio mediante la definizione dei parametri di pioggia che descrivono le curve di possibilità pluviometrica (CPP);
- stima delle portate di progetto tramite le quali si dimensioneranno e verificheranno, con i criteri di sicurezza idraulica definiti dagli strumenti normativi vigenti, gli elementi idraulici appartenenti alla rete di drenaggio.

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica, nel seguito cpp, si è fatto riferimento al:

- Metodo VAPI
- Metodo di Gumbel

Per i dettagli relativi a ciascun metodo si rimanda ai paragrafi successivi; si specifica tuttavia che il dimensionamento delle opere idrauliche è stato condotto con riferimento alle cpp determinate con il metodo di Gumbel, risultati maggiormente conservative.

## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

- Regio Decreto del 08/05/1904, n.368
- Regio Decreto del 25/07/1904 n.523
- Legge n. 183/1989, “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”
- D.Lgs. n. 152/2006 “Norma in materia ambientale”
- D.Lgs. n. 49/2010 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni”
- Manuale di Progettazione delle opere ferroviarie
- Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC2018)
- Circolare del 21 gennaio 2019, n.7 del C.S.LL.PP, esplicativa delle NTC 2018
- Regolamento della regione puglia n.26 del 09/12/2013 "Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia”
- Piano di Bacino Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dal Comitato Istituzionale dell’AdBP con Delibera n. 39 del 30/11/2005 (GU n. 8 del 11-1-2006)
- Aggiornato perimetrazioni PAI alle mappe del PGRA con Decreto del Segretario nerale del 13/10/2020
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale (II ciclo di pianificazione, agg. Aprile 2020) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA)

### 3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

#### 3.1 Descrizione del tracciato in relazione all'idrografia superficiale

L'infrastruttura ferroviaria in progetto si sviluppa lungo la direttrice Foggia-Bari andando a costituire una nuova fermata nella prima fase e una nuova stazione nella seconda fase con il locale raddoppio dei binari esistenti. Il principale bacino idrografico adiacente all'infrastruttura in studio è quello del Torrente Cervaro di cui il canale San Lorenzo, corpo idrico più vicino, fa parte.

Come detto, il reticolo idrografico superficiale del territorio pugliese è scarsamente sviluppato, a causa della natura fondamentalmente calcarea dei terreni, tranne che nella zona pedegarganica e del Tavoliere, dove una minore permeabilità consente la formazione di diversi corsi d'acqua. Caratterizzati da regime torrentizio, essi hanno origine nella parte nord-occidentale della regione, ai confini con il Molise, la Campania e la Basilicata, e sviluppano il loro corso prevalentemente nel Tavoliere. I bacini principali della Puglia settentrionale sono quelli dei fiumi Ofanto, Carapelle, Cervaro, Candelaro, nonché i bacini minori del Gargano. I limiti dei bacini suddetti sono rappresentati nella figura successiva, dove è riportata anche l'ubicazione delle stazioni idrometrografiche. Il regime dei deflussi è principalmente condizionato da quello degli afflussi, data la mancanza di forti precipitazioni nevose e di apporti glaciali.

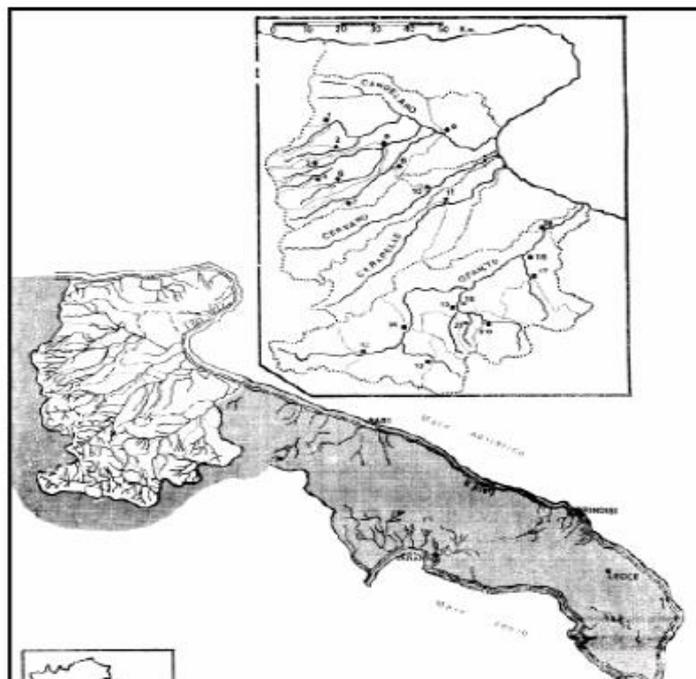


Figura 1: bacini principali Puglia Settentrionale

Il torrente Cervaro con un bacino idrografico sotteso di circa 666 km<sup>2</sup>, nasce dal monte Le Felci (853 m di quota) presso Monteleone di Puglia, si immette in provincia di Avellino e rientra in quella di Foggia fra Panni e Montaguto; incanalato nell'ultimo tratto, prende il nome di canale Cervaro Nuovo e sfocia, dopo circa 80 km di percorso, nel golfo di Manfredonia, mentre due rami si immettono nelle vasche di colmata del Cervaro. Costeggiato, da Radogna a Stradola, dalla SS 90, riceve a sinistra il torrente Lavella e il torrente Sannoro, a destra il torrente Bilerà. I sottobacini del 1° ordine sono, da Nord a Sud, per il Cervaro: Torrente Sannoro, Torrente Lavella, Torrente Avella, Torrente Iazzano, Torrente Biletra, Fosso Valle dell'Angelo, Fosso Pozzo Vitolo. Dal punto di vista morfologico l'alto corso d'acqua, che attraversa la zona montuosa del subappennino, si presenta abbastanza inciso, caratterizzato da versanti acclivi e scarpate ben definite.

Il basso corso, che scorre nella piana alluvionale, assume invece un andamento meandriforme, mentre il tratto di foce si presenta interamente canalizzato tra argini artificiali. L'analisi dei dati idrometrografici (rilevabili per il torrente Cervaro alla stazione di Incoronata) evidenzia anche per questo corso d'acqua un regime torrentizio. L'assetto idraulico del territorio è caratterizzato dalla presenza di una serie di infrastrutture viarie, che intersecano in più punti l'asta principale: nel tratto più a monte, la linea ferroviaria Foggia-Benevento e la S.S.90; nelle aree più a valle la S.S.655, linea ferroviaria Foggia-Bari, e la SS16. Nel caso in studio il corpo idrico più vicino all'infrastruttura in progetto è il Canale San Lorenzo che allo stato attuale interseca la linea ferroviaria Foggia-Bari, e la SS16.

### 3.2 Pericolosità idraulica da strumenti normativi

Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali. Ai sensi dell'art. 64, comma 1, del suddetto D.lgs. 152/2006, come modificato dall'art. 51, comma 5 della Legge 221/2015, il territorio nazionale è stato ripartito in 7 distretti idrografici tra i quali quello dell'Appennino Meridionale, comprendente i bacini idrografici nazionali Liri-Garigliano e Volturno, i bacini interregionali Sele, Sinni e Noce, Bradano, Saccione, Fortore e Biferno, Ofanto, Lao, Trigno ed i bacini regionali della Campania, della Puglia, della Basilicata, della Calabria, del Molise.

Le Autorità di Bacino Distrettuali, dalla data di entrata in vigore del D.M. n. 294/2016, a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali, esercitano le funzioni e i compiti in materia di difesa del suolo, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche previsti in capo alle stesse dalla normativa vigente nonché ogni altra funzione attribuita dalla legge o dai regolamenti. Con il

DPCM del 4 aprile 2018 (pubblicato su G.U. n. 135 del 13/06/2018) - emanato ai sensi dell'art. 63, c. 4 del decreto legislativo n. 152/2006 - è stata infine data definitiva operatività al processo di riordino delle funzioni in materia di difesa del suolo e di tutela delle acque avviato con Legge 221/2015 e con D.M. 294/2016.

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli aspetti ambientali svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, alla tutela della fascia costiera ed al risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.).

La pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalle ex Autorità di Bacino ripresa ed integrata dall'Autorità di Distretto, costituisce riferimento per la programmazione di azioni condivise e partecipate in ambito di governo del territorio a scala di bacino e di distretto idrografico.

Il territorio interessato dall'intervento infrastrutturale in progetto ricade nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'appennino Meridionale.

L'assetto idrogeologico dell'area interessata dall'infrastruttura in progetto è regolamentato dal Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato con *Delibera di approvazione del PAI da parte del Comitato Istituzionale n. 39 del 30 novembre 2005*, è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le finalità di cui ai precedenti commi sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Puglia e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di protezione esistenti;
- la definizione degli interventi per la protezione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione di nuovi sistemi di protezione e difesa idrogeologica, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

Il PAI con riferimento al DPCM 29 settembre 1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180" è possibile definire quattro classi di rischio, secondo la classificazione di seguito riportata:

- moderato R1: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
- medio R2: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- elevato R3: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture, con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- molto elevato R4: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale e la distruzione di attività socioeconomiche.

Nell'analisi di dettaglio del rischio idrogeologico, l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico si ricava, sintetizzando la procedura descritta in precedenza, per sovrapposizione delle zone soggette a pericolosità (intesa come prodotto della intensità per la probabilità) con gli elementi a rischio (intesi come prodotto del valore per la vulnerabilità), attraverso la matrice riportata in forma tabellare per il rischio

idraulico, in cui le colonne indicano le diverse classi di pericolosità idrogeologica e le righe esprimono i valori degli elementi a rischio secondo un indice crescente:

- E5 = agglomerati urbani, aree industriali e/o artigianali, centri abitati estesi, edifici isolati, dighe e invasi idrici, strutture ricreative e campeggi;
- E4 = strade statali, strade provinciali, strade comunali (unica via di collegamento all'abitato) e linee ferroviarie;
- E3 = linee elettriche, acquedotti, fognature, depuratori e strade secondarie;
- E2 = impianti sportivi con soli manufatti di servizio, colture agricole intensive;
- E1 = assenza di insediamenti, attività antropiche e patrimonio ambientale.

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA		
		AP	MP	BP
ELEMENTI A RISCHIO	E5	R4	R3	R2
	E4	R4	R3	R2
	E3	R3	R2	R1
	E2	R2	R2	R1
	E1	R2	R1	R1

Tabella 1: Classi di rischio

Il PAI dell'Autorità di Bacino della Puglia individua quali aree a pericolosità idraulica le porzioni di territorio caratterizzate da uguale probabilità di inondazione, che, in accordo con la vigente normativa nazionale di settore, corrispondono ai tempi di ritorno della piena di riferimento pari a 30, 200 e 500 anni.

Tempo di ritorno	Pericolosità di Inondazione
30	AP – Alta Pericolosità
200	MP – Media Pericolosità
500	BP – Bassa Pericolosità

Tabella 2: Pericolosità di inondazione

Dall'analisi degli elaborati cartografici relativi alla definizione delle aree di Pericolosità e Rischio Idraulico del PAI approvato in data 30 novembre 2005, e dello Studio "Analisi delle Criticità connesse alle interferenze tra la rete infrastrutturale ed il reticolo idrografico pugliese" redatto da questa Autorità nell'ambito del POFERS 2007-2013 Asse II – Linea di intervento 2.3 - Azione 2.3.6, di cui si riportano nelle immagini seguenti gli stralci relativi, risulta che l'infrastruttura in progetto non ricade all'interno di alcuna area classificata come pericolosità e/o critica. La nuova fermata AV dunque non è soggetta a

particolari prescrizioni previste nelle Norme di Attuazione e risulta idraulicamente compatibile con il territorio in cui si colloca non interferendo con il naturale deflusso delle acque. Si noti come tutti gli interventi ricadano al di fuori delle zone contrassegnate a rischio.

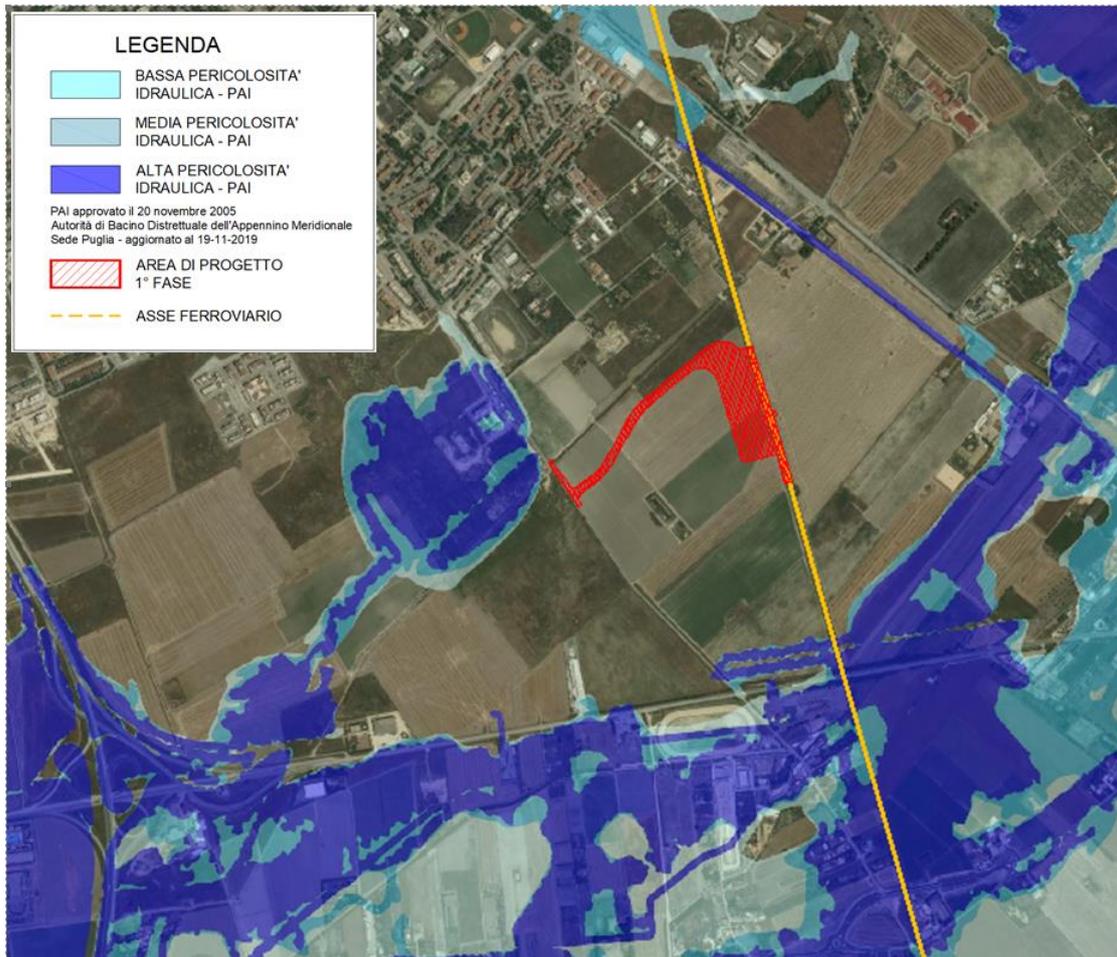


Figura 2: planimetria PAI



Figura 3: Stralcio Studio “Analisi delle Criticità connesse alle interferenze tra la rete infrastrutturale ed il reticolo idrografico pugliese

## 4. ANALISI PLUVIOMETRICA

### 4.1 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  $\tau$ , 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 al pluviografo di Foggia Osservatorio.

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

### 4.2 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.

#### 4.2.1 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:  $\Lambda_1$ ,  $\theta_1$ ,  $\Lambda_2$  e  $\theta_2$ , che esprimono il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori a una soglia delle due popolazioni ( $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$ ) e il loro valore medio ( $\theta_1$  e  $\theta_2$ ) con  $\Lambda_1$ ,  $\theta_1$  relativi ad una componente base contenente i valori medi e bassi e  $\Lambda_2$ ,  $\theta_2$  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  $\Lambda^*$ ,  $\theta_*$ ,  $\Lambda_1$  e  $\theta_1$ . La funzione di distribuzione di probabilità della variabile casuale  $x=h_t$  (massimo annuale della pioggia di durata  $t$ ) è espressa come segue:

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

Si può dimostrare che il coefficiente d'asimmetria  $\xi(h_t)$  dipende soltanto dai parametri  $\Lambda^*$  e  $\theta^*$ , il coefficiente di variazione  $\gamma(h_t)$  dipende dai parametri  $\Lambda^*$ ,  $\theta^*$  e  $\Lambda_1$ .

#### 4.2.2 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  $\Lambda_*$  e  $\theta_*$ , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente d'asimmetria  $\xi(h_i)$
- II. Zone omogenee rispetto ai parametri  $\Lambda_*$ ,  $\theta_*$  e  $\Lambda_1$ , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione  $\gamma(h_i)$
- III. Sottozone omogenee rispetto ai parametri  $\Lambda_*$ ,  $\theta_*$ ,  $\Lambda_1$ ,  $\theta_1$  dai cui dipende la media  $\mu(t)$

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 assegnata durata  $Xt$  come prodotto tra il suo valore medio  $\mu(Xt)$  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  $\alpha$  è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89, sono state individuate 6 zone pluviometriche omogenee rappresentate nella figura seguente.



Figura 4: Sottozone pluviometriche omogenee regione Puglia

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  $K_T$  (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni) e della durata dell'evento di progetto, espressa in ore).

#### 4.2.3 Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica metodo VAPI

Nel caso specifico di studio l'opera di progetto ricade nell'ambito delle aree pluviometriche omogenee individuate nel territorio regionale in zona 2, pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

$$x(t) = 22.23 \cdot t^{0.247}$$

Fissato il valore del tempo di ritorno,  $T_r$ , 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) e della durata dell'evento di progetto, espressa in ore), sono state determinate le altezze di pioggia di diversa durata, variabile da 1 a 24 ore e costruite le rispettive curve di possibilità pluviometrica i cui parametri sono riportati nella tabella seguente:

Tr (anni)	10	20	25	50	100	200	500
Kt (-)	1.52	1.81	1.9	2.19	2.48	2.76	3.14
a (mm/ore <sup>-n</sup> )	33.8	40.19	42.25	48.65	55.04	61.43	69.89
n (-)	0.247						

Tabella 3: curve possibilità pluviometrica VAPI

#### 4.3 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 stati raccolti i dati misurati dalla stazione pluviometrica di Foggia Osservatorio per gli anni compresi tra il 1934 ed il 2020 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, che riprende l'attività precedentemente svolta dell'ex Ufficio Idrografico e Mareografico di Bari così come riportate all'art. 22 del D.P.R. n°85 del 24 gennaio 1991.

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

Stazione pluviometrica	Numero osservazioni	Periodo osservazioni (anni)	Altitudine (m s.l.m.)	Latitudine Gauss Boaga	Longitudine Gauss Boaga
<b>FOGGIA OSSERVATORIO</b>	77	1934-2020	82	41°27'36.2" N	15°32'34.27" E

Tabella 4: stazione pluviometrica Foggia Osservatorio

Stazione pluviometrica di Foggia Osservatorio. Altezze di pioggia (mm) per durate superiori all'ora					
Anno	1	3	6	12	24
1934	20.6	25.0	38.4	53.4	83.2
1935	35.0	47.6	51.8	55.8	58.8
1936	23.6	27.8	28.2	28.4	32.8
1937	22.0	22.0	22.0	25.8	27.6
1938	15.6	19.2	26.4	30.2	40.8
1939	24.0	28.8	29.4	33.0	35.4
1940	17.2	22.8	22.8	31.2	49.8
1941	21.8	31.4	46.0	59.4	95.6
1942	9.0	12.4	16.2	27.6	45.2
1947	28.4	28.8	28.8	28.8	34.4
1948	35.0	40.2	40.2	40.4	40.4
1949	30.0	56.4	63.2	72.2	72.6
1950	21.2	21.8	21.8	30.8	45.0
1951	14.6	17.6	27.0	27.6	38.0
1952	18.2	22.6	36.0	36.8	43.0
1953	14.0	14.4	28.0	33.2	40.4
1954	13.8	27.0	46.8	50.2	55.2
1955	17.6	17.8	24.4	38.6	70.2
1956	19.6	32.2	45.2	53.6	58.6
1961	31.0	42.6	51.8	58.8	66.0
1962	18.2	22.8	31.8	40.2	40.4
1963	31.2	31.2	43.4	50.8	56.8
1964	20.0	21.4	28.8	35.6	39.0
1965	42.4	71.0	71.0	71.0	75.4
1966	19.0	19.0	19.0	24.2	24.6
1967	24.6	35.6	37.2	40.4	55.2
1968	14.4	20.2	31.4	32.4	47.6
1969	34.0	68.0	68.2	74.6	80.6
1970	14.0	30.6	40.0	51.4	53.6
1971	14.0	26.4	36.4	44.2	48.8
1972	21.2	26.8	35.8	41.4	41.4
1974	23.2	24.8	30.2	41.8	49.2
1975	22.2	22.8	24.4	33.8	37.8
1976	20.8	23.4	24.4	36.6	38.4
1977	17.2	17.2	18.6	23.4	28.0
1978	14.2	15.2	24.4	28.6	31.4

Stazione pluviometrica di Foggia Osservatorio. Altezze di pioggia (mm) per durate superiori all'ora					
Anno	1	3	6	12	24
1980	22.0	22.0	22.4	28.2	35.0
1981	19.8	23.0	25.2	25.4	27.8
1982	39.6	39.6	39.6	39.6	39.6
1983	36.2	48.4	48.6	48.6	48.6
1984	33.8	54.6	67.0	70.6	81.6
1985	12.2	25.6	45.2	57.2	66.8
1986	31.2	43.4	48.4	53.2	55.6
1987	10.2	15.2	19.4	31.0	46.0
1988	13.6	19.8	23.2	32.4	36.6
1989	20.0	26.4	37.4	40.4	40.6
1990	50.0	67.0	67.0	69.2	80.0
1991	33.0	46.0	46.0	46.0	46.0
1992	20.0	22.8	23.4	23.4	24.4
1993	16.2	16.2	22.2	22.2	33.0
1994	11.8	17.8	23.0	26.2	27.4
1995	40.0	40.2	40.4	40.4	42.6
1996	44.0	59.6	59.6	61.4	61.4
1997	13.6	18.6	19.2	30.2	46.4
1998	21.2	21.6	23.6	27.4	33.6
1999	25.2	32.2	32.2	32.2	38.4
2000	9.6	16.6	27.0	42.4	42.8
2001	55.4	57.0	57.2	69.2	88.8
2002	37.2	37.2	37.2	37.4	46.4
2003	31.8	35.4	36.2	36.2	49.0
2004	27.8	29.6	34.4	42.2	53.2
2005	16.2	17.0	26.6	38.6	55.8
2006	9.0	13.8	15.2	26.8	44.4
2007	22.8	24.0	24.2	39.2	40.0
2008	16.6	27.2	36.2	45.4	52.4
2009	13.4	18.8	24.0	26.2	32.2
2010	16.4	19.8	27.2	37.0	38.4
2011	15.2	17.2	31.6	34.6	43.4
2012	14.2	19.2	26.4	32.2	58.0
2013	22.8	36.4	41.2	57.2	72.0
2014	23.20	23.20	26.60	30.40	33.40
2015	32.40	50.60	56.20	93.80	97.40
2016	15.60	19.00	23.20	27.20	37.80
2017	17.60	24.20	32.20	40.40	44.80
2018	34.8	36.4	36.4	39.6	71.8
2019	43.2	44.8	45.0	45.0	45.0
2020	62	65.4	65.4	72	73.8

Tabella 5: altezze pioggia Foggia Osservatorio

#### 4.3.1 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 elaborazioni che hanno portato alla determinazione delle cpp sono state condotte seguendo il metodo di E.J. Gumbel (1958).

Alle precipitazioni massime di data durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi tra loro indipendenti, può applicarsi la seguente descrizione statistica, comune, com'è noto, a molte serie idrologiche.

$$X(Tr) = \bar{X} + F S_x$$

Essendo:

- $X(Tr)$ : valore dell'evento caratterizzato dal periodo di ritorno  $Tr$ , ossia l'evento che viene eguagliato o superato, mediamente, ogni  $Tr$  anni;
- $\bar{X}$ : valore medio eventi considerati;
- $F$ : fattore di frequenza;
- $S_x$ : scarto quadratico medio della variabile in esame.

Una tra le più usate distribuzioni di probabilità dei valori estremi (serie annuale) è la distribuzione doppio-esponenziale, detta appunto di Gumbel, la quale assegna ad  $F$  l'espressione:

$$F = \frac{Y(Tr) - \bar{Y}_N}{S_N}$$

Essendo la grandezza  $Y(Tr)$ , funzione del tempo di ritorno, la cosiddetta variabile ridotta, mentre  $\bar{Y}_N$  ed  $S_N$  rappresentano la media e lo scarto quadratico medio della variabile ridotta: essi sono funzioni del numero  $N$  di osservazioni. Per i valori di questi parametri secondo Gumbel si rimanda alla letteratura tecnica.

Operando la sostituzione di  $F$  si ottiene:

$$X(Tr) = \bar{X} - \frac{S_x}{S_N} \bar{Y}_N + \frac{S_x}{S_N} Y(Tr)$$

La somma dei primi due termini è chiamata moda e rappresenta il valore con massima frequenza probabile; il fattore  $S/S_N$  viene invece identificato per comodità come  $\alpha$ .

La funzione  $Y(Tr)$  è legata a  $Tr$  dalla relazione:

$$Y(Tr) = -\ln\left(-\ln\frac{Tr-1}{Tr}\right)$$

Per ciascun tempo di ritorno possono quindi ottenersi delle rappresentazioni sul piano t-h, dove  $t$  rappresenta la durata dell'evento ed  $h$  l'altezza di pioggia associata. Operando un'interpolazione per ciascun valore di  $Tr$  è quindi possibile ottenere per ciascun tempo di ritorno l'equazione di possibilità pluviometrica nella forma classica:

$$h = a t^n$$

Si riportano a seguire le elaborazioni che hanno portato alla determinazione delle cpp per il caso in esame.

Tabella 6: elaborazione osservazioni con metodo di Gumbel

DATI PLUVIOMETRICI					
Durata (ore)	t<1	t<3	t<6	t<12	t<24
62.0	71.0	71.0	93.8	97.4	
55.4	68.0	68.2	74.6	95.6	
50.0	67.0	67.0	72.2	88.8	
44.0	65.4	67.0	72.0	83.2	
43.2	59.6	65.4	71.0	81.6	
42.4	57.0	63.2	70.6	80.6	
40.0	56.4	59.6	69.2	80.0	
39.6	54.6	57.2	69.2	75.4	
37.2	50.6	56.2	61.4	73.8	
36.2	48.4	51.8	59.4	72.6	
35.0	47.6	51.8	58.8	72.0	
35.0	46.0	48.6	57.2	71.8	
34.8	44.8	48.4	57.2	70.2	
34.0	43.4	46.8	55.8	66.8	
33.8	42.6	46.0	53.6	66.0	
33.0	40.2	46.0	53.4	61.4	
32.4	40.2	45.2	53.2	58.8	
31.8	39.6	45.2	51.4	58.6	
31.2	37.2	45.0	50.8	58.0	
31.2	36.4	43.4	50.2	56.8	
31.0	36.4	41.2	48.6	55.8	
30.0	35.6	40.4	46.0	55.6	
28.4	35.4	40.2	45.4	55.2	
27.8	32.2	40.0	45.0	55.2	
25.2	32.2	39.6	44.2	53.6	
24.6	31.4	38.4	42.4	53.2	
24.0	31.2	37.4	42.2	52.4	
23.6	30.6	37.2	41.8	49.8	
23.2	29.6	37.2	41.4	49.2	
23.2	28.8	36.4	40.4	49.0	
22.8	28.8	36.4	40.4	48.8	
22.8	27.8	36.2	40.4	48.6	
22.2	27.2	36.2	40.4	47.6	
22.0	27.0	36.0	40.4	46.4	
22.0	26.8	35.8	40.2	46.4	
21.8	26.4	34.4	39.6	46.0	
21.2	26.4	32.2	39.6	46.0	
21.2	25.6	32.2	39.2	45.2	

DATI PLUVIOMETRICI					
Durata (ore)	t<1	t<3	t<6	t<12	t<24
	21.2	25.0	31.8	38.6	45.0
	20.8	24.8	31.6	38.6	45.0
	20.6	24.2	31.4	37.4	44.8
	20.0	24.0	30.2	37.0	44.4
	20.0	23.4	29.4	36.8	43.4
	20.0	23.2	28.8	36.6	43.0
	19.8	23.0	28.8	36.2	42.8
	19.6	22.8	28.2	35.6	42.6
	19.0	22.8	28.0	34.6	41.4
	18.2	22.8	27.2	33.8	40.8
	18.2	22.8	27.0	33.2	40.6
	17.6	22.6	27.0	33.0	40.4
	17.6	22.0	26.6	32.4	40.4
	17.2	22.0	26.6	32.4	40.4
	17.2	21.8	26.4	32.2	40.0
	16.6	21.6	26.4	32.2	39.6
	16.4	21.4	25.2	31.2	39.0
	16.2	20.2	24.4	31.0	38.4
	16.2	19.8	24.4	30.8	38.4
	15.6	19.8	24.4	30.4	38.4
	15.6	19.2	24.4	30.2	38.0
	15.2	19.2	24.2	30.2	37.8
	14.6	19.0	24.0	28.8	37.8
	14.4	19.0	23.6	28.6	36.6
	14.2	18.8	23.4	28.4	35.4
	14.2	18.6	23.2	28.2	35.0
	14.0	17.8	23.2	27.6	34.4
	14.0	17.8	23.0	27.6	33.6
	14.0	17.6	22.8	27.4	33.4
	13.8	17.2	22.4	27.2	33.0
	13.6	17.2	22.2	26.8	32.8
	13.6	17.0	22.0	26.2	32.2
	13.4	16.6	21.8	26.2	31.4
	12.2	16.2	19.4	25.8	28.0
	11.8	15.2	19.2	25.4	27.8
	10.2	15.2	19.0	24.2	27.6
	9.6	14.4	18.6	23.4	27.4
	9.0	13.8	16.2	23.4	24.6
	9.0	12.4	15.2	22.2	24.4
Media	23.813	30.229	35.351	41.616	49.525
Sqm	10.964	14.324	13.752	14.921	16.998

DATI PLUVIOMETRICI					
Durata (ore)	t<1	t<3	t<6	t<12	t<24
YN	0.5563	0.5563	0.5563	0.5563	0.5563
SN	1.1993	1.1993	1.1993	1.1993	1.1993

Moda	18.727	23.584	28.972	34.694	41.640
Alpha	9.142	11.944	11.466	12.442	14.173

TR(anni)	XTR= MODA + YTR *					Y(TR)
	ALPHA					
10	39.300	50.462	54.775	62.693	73.535	2.2504
20	45.880	59.059	63.029	71.649	83.738	2.9702
25	47.968	61.787	65.648	74.490	86.974	3.1985
50	54.398	70.188	73.713	83.241	96.944	3.9019
100	60.781	78.527	81.719	91.928	106.840	4.6001
200	67.141	86.836	89.696	100.584	116.700	5.2958
500	75.531	97.798	100.220	112.003	129.708	6.2136

Durata (ore)	1	3	6	12	24
--------------	---	---	---	----	----

Valori YN ed SN da tabella Gumbel funzione del n.ro di osservazioni da "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali - Da Deppo, Datei"

Equazioni di possibilità pluviometrica (durata da 1 a 24 ore)

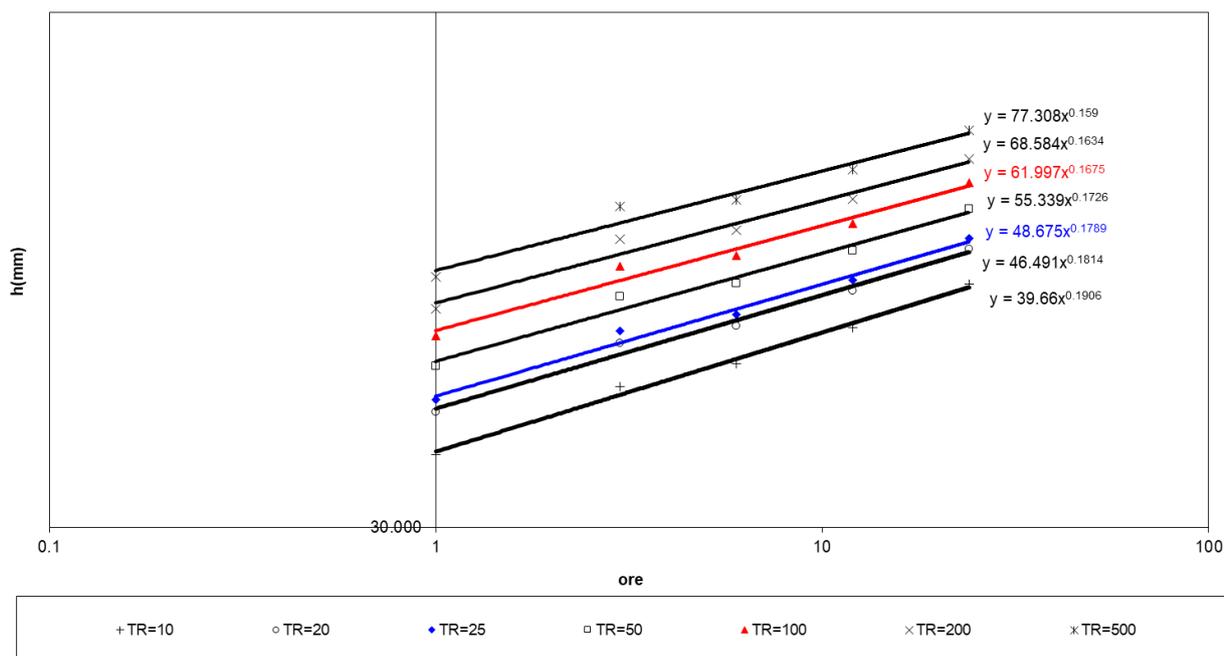


Figura 5: curve di possibilità pluviometrica (durata da 1 a 24 ore)

Tabella 7: parametri cpp Gumbel durate > 1 ora

GUMBEL	Tr (anni)	10	20	25	50	100	200	500
	a (mm/ore <sup>-n</sup> )	39.660	46.491	48.675	55.340	61.997	68.584	77.308
	n (-)	0.191	0.181	0.179	0.173	0.168	0.163	0.159

#### 4.3.2 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 Gumbel 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.

I dati di pioggia registrati alla stazione pluviometrica di Foggia Osservatorio ricavati dagli annali idrologici risultano invece più aggiornati registrazioni sino all' anno 2020.

Si confrontano le piogge orarie ricavate dai metodi utilizzati:

*Tabella 8: confronto parametri cpp durate > 1 ora*

VAPI	Tr (anni)	10	20	25	50	100	200	500
	a (mm/ore <sup>-n</sup> )	33.8	40.19	42.25	48.65	55.04	61.43	69.89
	n (-)	0.247						

GUMBEL	Tr (anni)	10	20	25	50	100	200	500
	a (mm/ore <sup>-n</sup> )	39.660	46.491	48.675	55.340	61.997	68.584	77.308
	n (-)	0.191	0.181	0.179	0.173	0.168	0.163	0.159

Il confronto tra i risultati ottenuti evidenzia come il metodo di Gumbel sia più cautelativo, per cui nel progetto in disamina verranno utilizzare le LSPP ottenute con tale metodo.

#### 4.4 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. E' 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:

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

Tabella 9: parametri cpp per durate < 1 ora

GUMBEL	Tr (anni)	10	20	25	50	100	200	500
	a (mm/ore <sup>-n</sup> )	39.660	46.491	48.675	55.340	61.997	68.584	77.308
	n (-)	0.227						
VAPI	Tr (anni)	10	20	25	50	100	200	500
	a (mm/ore <sup>-n</sup> )	33.8	40.19	42.25	48.65	55.04	61.43	69.89
	n (-)	0.227						

## 5. PIOGGIA MEDIA ANNUA

Nella tabella seguente si riportano le registrazioni su base annuale della stazione pluviometrica di Foggia Osservatorio. Per ciascun anno (dal 1921 al 2020) verranno riportati l'altezza di pioggia e il numero di giorni piovosi. Nella riga finale, evidenziata in giallo, si riportano infine le medie delle suddette grandezze, utili ai fini del dimensionamento delle vasche di accumulo.

Tabella 10: Foggia Osservatorio – piogge medie

ANNO	mm	giorni piovosi
1921	761.0	72
1922	408.0	56
1923	394.0	52
1924	500.0	57
1925	531.0	61
1926	413.0	57
1927	354.0	54
1928	389.0	54
1929	530.0	72
1930	421.0	67
1931	458.0	67
1932	338.0	45
1933	408.0	69
1934	570.0	71
1935	393.0	59
1936	417.0	64
1937	431.0	71
1938	349.0	58
1939	553.0	70
1940	600.0	78
1941	467.0	65
1942	410.0	67
1946	379.0	46
1947	541.0	77
1948	438.0	63
1949	441.0	59
1950	359.0	55
1951	559.0	73
1952	495.0	75
1953	394.0	65
1954	717.0	76
1955	582.0	67

ANNO	<i>mm</i>	giorni piovosi
1956	491.0	52
1957	538.0	68
1958	360.0	67
1959	569.0	77
1960	445.0	80
1961	534.0	60
1962	472.0	71
1963	529.0	80
1964	465.0	72
1965	368.0	53
1966	368.0	73
1967	422.0	64
1968	408.0	66
1969	470.0	73
1970	367.0	57
1971	479.0	135
1972	610.0	75
1973	394.0	68
1974	473.0	64
1975	508.0	56
1976	593.0	85
1977	233.0	41
1978	455.0	70
1979	626.0	86
1980	500.0	68
1981	438.0	73
1982	432.0	57
1983	476.0	65
1984	657.0	74
1985	466.0	61
1986	523.0	60
1987	417.0	64
1988	426.0	70
1989	419.0	69
1990	446.0	53
1991	410.0	61
1992	318.0	51
1993	382.0	64
1994	328.0	64
1995	492.0	72
1996	578.0	80
1997	511.8	64
1998	533.0	69

ANNO	<i>mm</i>	giorni piovosi
1999	424.0	66
2000	239.0	42
2001	470.4	60
2002	688.4	79
2003	575.6	68
2004	575.8	76
2005	535.4	78
2006	431.0	65
2007	429.2	74
2008	409.0	62
2009	637.4	89
2010	580.8	74
2011	423.2	60
2012	501.8	69
2013	519.0	78
2014	479.8	70
2015	526.4	55
2016	546.0	75
2017	446.4	60
2018	594.0	75
2019	460.0	72
2020	591.4	66
<b>MEDIE</b>	<b>474.4</b>	<b>67</b>