



Engineering & Construction



CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.16117.00.012.01

PAGE

1 di/of 23

TITLE: Relazione Idrologica

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW WIND + 35 MW BESS COMUNE DI GUAGNANO (LE)

RELAZIONE IDROLOGICA



File: GRE.EEC.R.25.IT.W.16117.00.012.01_REL IDROLOG.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	04/07/2022	REVISIONE	L'ABBRUZZI CHIAIA	L'ABBRUZZI CHIAIA	L'ABBRUZZI CHIAIA
00	25/01/2022	EMISSIONE	L'ABBRUZZI CHIAIA	L'ABBRUZZI CHIAIA	L'ABBRUZZI CHIAIA

VALIDATION

TEAM	CHINNICI	TAMMA
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

Impianto Eolico
Guagnano

CODE

GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION
GRE	EEC	R	25	IT	W	16117	000	012	01

CLASSIFICATION: COMPANY

UTILIZATION SCOPE

This document is property of Enel Produzione S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Produzione S.p.A.

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	5
2.1	Inquadramento Geografico e Territoriale	5
3	INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO	8
4	STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI IDROGRAFICI	10
4.1	CURVE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA (METODO VAPI)	11
4.2	Curve di possibilità climatica metodo di gumbel	17
5	CONCLUSIONI	23

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento dell'area di studio</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2: Percorso stradale</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3: Inquadramento regionale.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto</i>	<i>7</i>
<i>Figura 5: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000</i>	<i>7</i>
<i>Figura 6: Inquadramento dei bacini idrografici su carta IGM 1:25.000</i>	<i>8</i>
<i>Figura 7: Inquadramento dei bacini idrografici su curve di livello (equidistanza pari a 5 m) e DTM.</i>	<i>9</i>
<i>Figura 9: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 10: Individuazione della zona del VAPI in cui ricadono i bacini idrografici.</i>	<i>15</i>
<i>Figura 11: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 12: Individuazione dei topoieti delle stazioni pluviometriche in cui ricadono i bacini idrografici.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 13: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL.....</i>	<i>22</i>

1 INTRODUZIONE

La presente **relazione** ha lo scopo di inquadrare dal punto di vista idrologico l'area di studio sulla base dei dati idroclimatici ufficiali (Servizio Idrografico) e delle caratteristiche orografiche del suolo.

La società "Enel Green Power Puglia S.r.l.", nell'ambito della propria attività imprenditoriale, ha previsto la realizzazione di un parco eolico denominato "Guagnano" che ricade nell'ambito del territorio amministrato del Comune di Guagnano.

Come illustrato nella figura che segue, l'area interessata dall'intervento è ubicata nella Regione Puglia e ricade nei limiti territoriali dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia

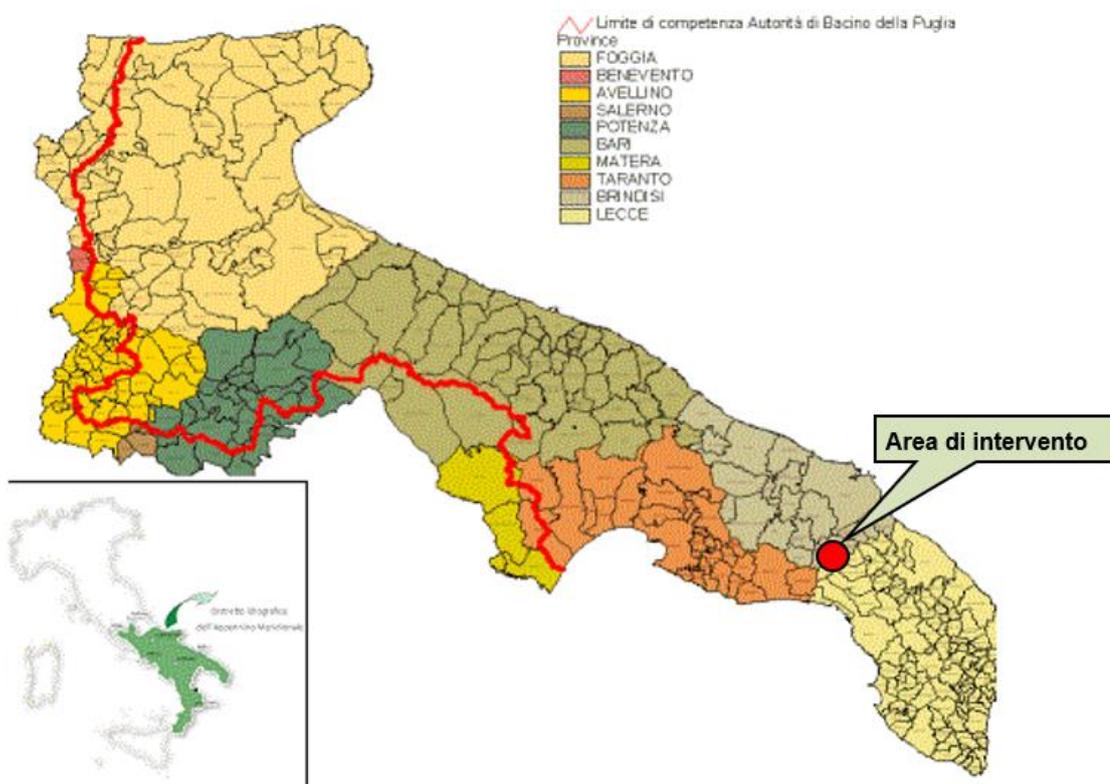


Figura 1: Inquadramento dell'area di studio.

Lo studio idrologico è articolato su due direttrici principali:

- A. analisi e descrizione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici relativi all'area di intervento;
- B. caratterizzazione del regime climatico dell'area, determinando le curve di possibilità climatica secondo due distinti approcci:
 - Il metodo VAPI elaborato dal Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'**Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale** (a cura del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari, 2001),
 - Il metodo classico di Gumbel, verificando l'adattabilità della serie campionaria alla relativa distribuzione di probabilità dei valori estremi delle stazioni pluviometriche di San Pancrazio

Salentino e Masseria Monteruga.

Gli elementi di base sono stati ricavati adottando il seguente approccio:

- la ricostruzione dell'orografia dell'area di intervento è stata effettuata elaborando i files vettoriali disponibili (DTM della Regione Puglia con risoluzione a terra di 8 m) in ambiente GIS, per poi trasferirli in ambiente CAD;
- le curve di possibilità climatica sono state ricostruite elaborando i dati di pioggia delle stazioni pluviometriche di San Pancrazio Salentino e Masseria Monteruga;

2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Come si è detto, le aree proposte per la realizzazione del parco eolico in progetto sono ubicate nel territorio comunale di Guagnano a cavallo della SS7ter, all'interno del triangolo formato dai comuni di San Pancrazio Salentino, Guagnano e San Donaci caratterizzate dalla presenza di seminativi semplici in aree non irrigue, vigneti e uliveti.

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'area di intervento, in cui ricadono le sorgenti, è riportata nel Catasto Terreni del Comune di Guagnano come riportato nella tabella seguente.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - 33N			RIFERIMENTI CATASTALI		
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
GU - 01	742472.01	4476275.05	GUAGNANO	16	55
GU - 02	743061.03	4476436.05	GUAGNANO	16	162
GU - 03	747356.31	4478792.75	GUAGNANO	7	467
GU - 04	747860.00	4479025.00	GUAGNANO	8	193
GU - 05	748478.63	4479194,09	GUAGNANO	9	2
GU - 06	749100.95	4479220.21	GUAGNANO	10	167
GU - 07	749666.03	4478920.16	GUAGNANO	10	25
GU - 08	748476.00	4477536.00	GUAGNANO	22	230
GU - 09	747803.81	4476500.43	GUAGNANO	23	195
GU - 10	747206.98	4476571.98	GUAGNANO	23	513
GU - 11	746577.99	4476045.02	GUAGNANO	29	148
GU - 12	746055.64	4476167.93	GUAGNANO	29	86

Tabella 1: Elenco delle sorgenti

L'area dove si prevede l'installazione delle torri eoliche, data la sua estensione, è raggiungibile da diverse viabilità esistenti. Il trasporto delle componenti elettromeccaniche può avvenire dalla SS7ter passando per Manduria e giungendo a San Pancrazio Salentino da qui si prosegue sempre sulla

SS7ter per giungere presso gli impianti. come riportato nell'immagine che segue, per un percorso di circa 60 km.



Figura 2: Percorso stradale

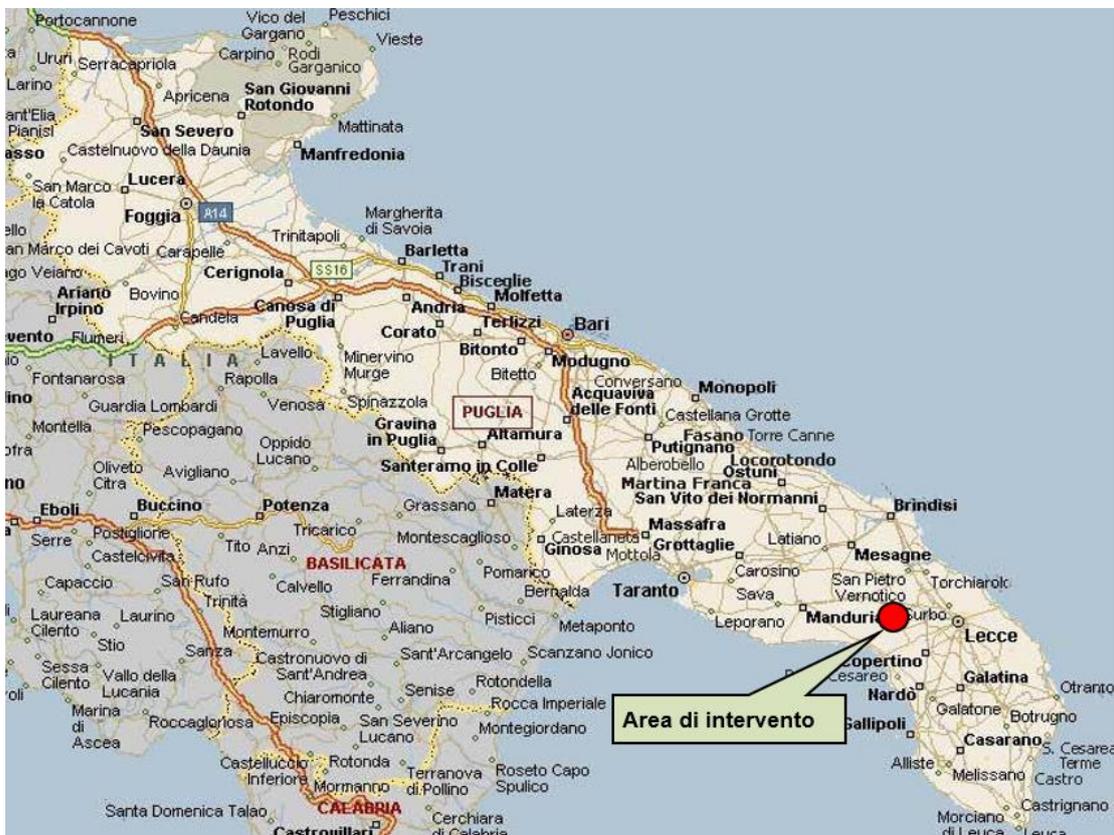


Figura 3: Inquadramento regionale



Figura 4: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto

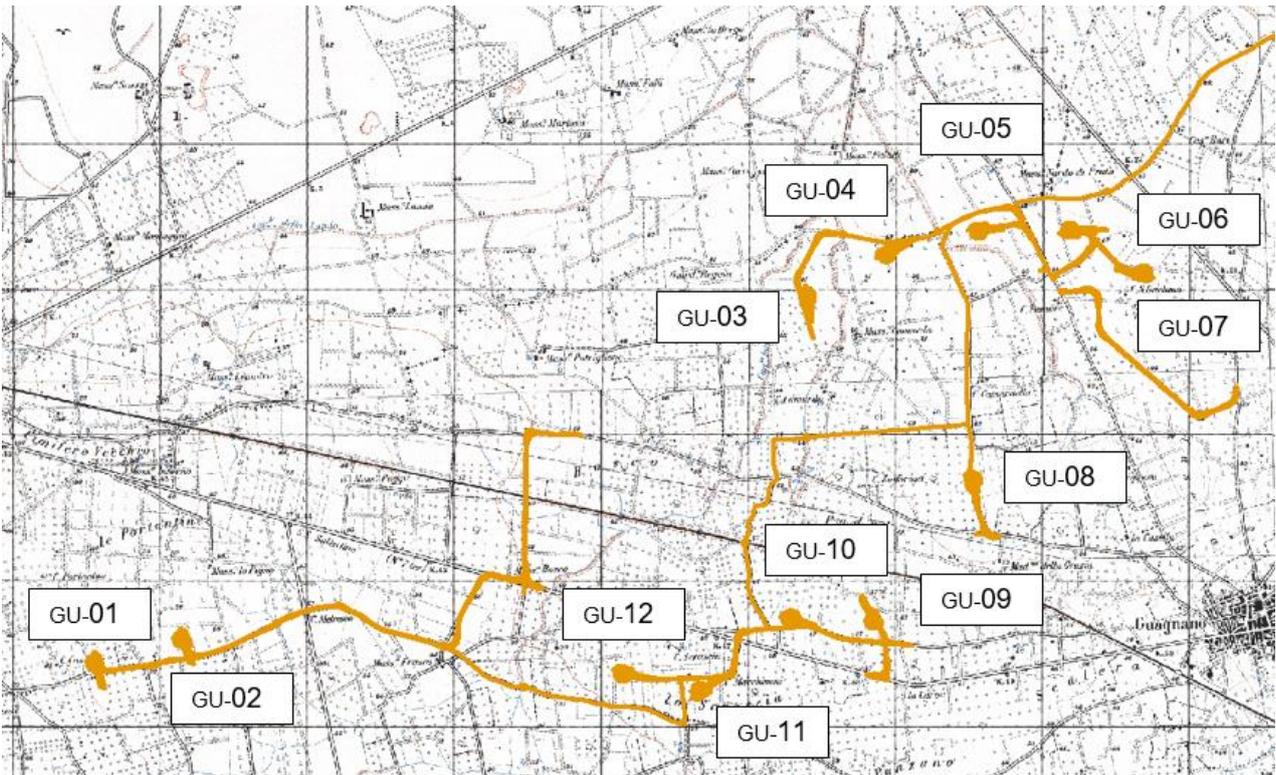


Figura 5: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000.

3 INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

Prima di delimitare i bacini idrografici sottesi alle aree di intervento, si è provveduto a verificare la coerenza planimetrica tra il reticolo rappresentato sulla cartografia I.G.M. 25.000 e quello deducibile dal DTM della Regione Puglia. Sono emerse leggere differenze, a fronte delle quali si sono assunte come maggiormente attendibili le informazioni ricavate dal DEM.

Dall'analisi dell'orografia dell'area di intervento sono stati individuati sei bacini idrografici le cui sezioni di chiusura sono prossime alle aree di interesse. Questi si sviluppano nel territorio comunale di Guagnano all'interno del foglio 495 e 511 della cartografia I.G.M. 25.000.

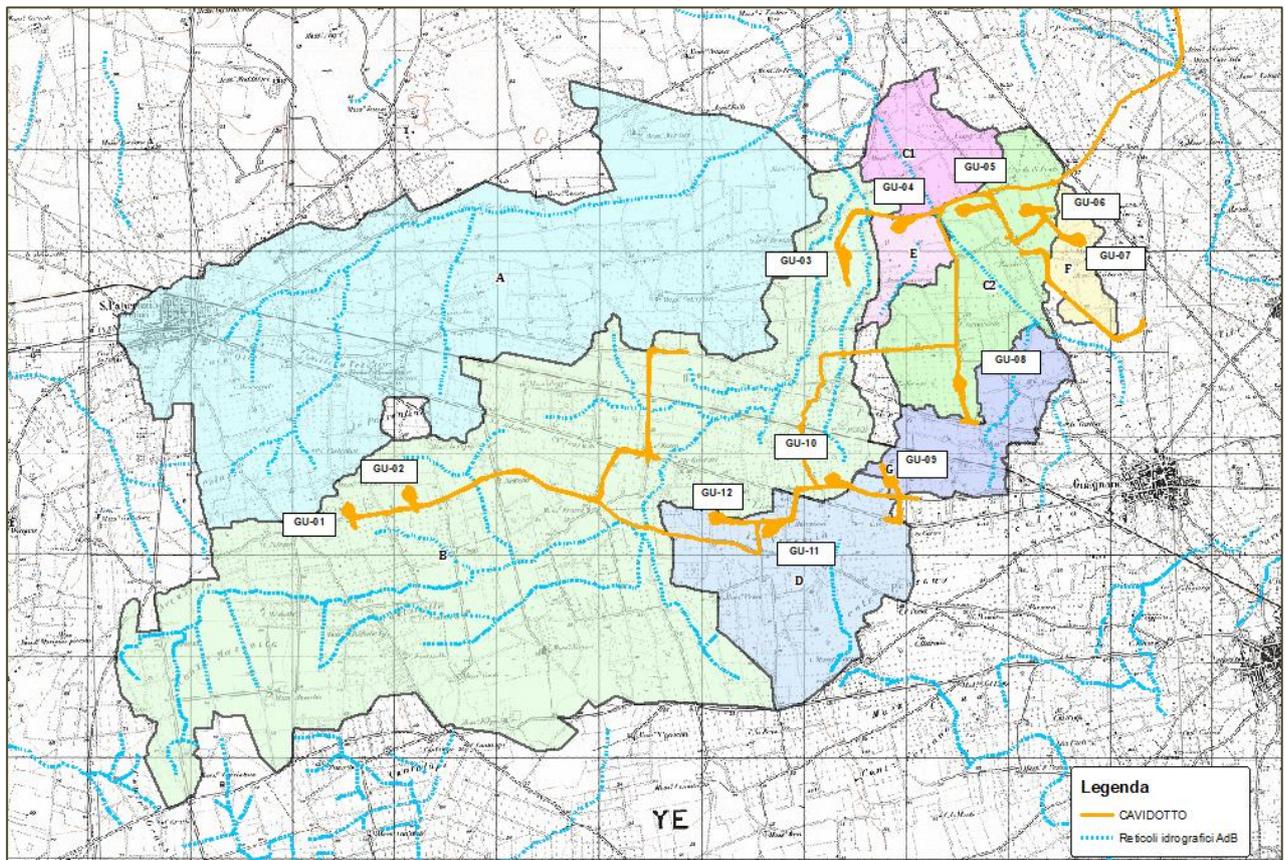


Figura 6: Inquadramento dei bacini idrografici su carta IGM 1:25.000

I parametri geomorfologici caratteristici dei bacini idrografici sono indicati nella tabella seguente:

Bacino idrografico	Superficie	Lungh. asta principale	H massima del bacino	H minima del bacino	H media del bacino	H monte dell'asta principale	H media dell'asta principale	Pendenza media bacino	Pendenza media dell'asta principale
	S [km ²]	L [m]	H _{max} [m]	H _{min} [m]	H	H _m [m]	H _a [m]	i _m [%]	i _a [%]
A	13.82	7325.00	65.32	37.27	51.29	62.20	49.74	0.35%	0.34%
B	19.74	12143.00	70.08	31.73	50.90	66.92	49.33	0.31%	0.29%
C1	1.22	1152.00	49.44	37.82	43.63	55.15	46.49	0.59%	0.07%
C2	2.81	2658.00	48.84	35.31	42.07	37.95	36.63	0.61%	0.22%
D	3.31	876.42	52.36	45.15	48.76	41.34	43.25	0.36%	0.13%
E	0.55	1241.35	42.27	38.36	40.31	41.25	39.81	0.41%	0.34%
F	0.57	1490.90	46.49	37.48	41.98	47.08	42.28	0.51%	0.30%
G	1.59	2065.56	46.77	35.31	41.04	41.25	38.28	0.39%	0.29%
GU-06	0.29	820.36	47.77	37.36	42.57	38.75	38.06	0.81%	0.17%

Tabella 2 : Parametri geomorfologici dei bacini idrografici

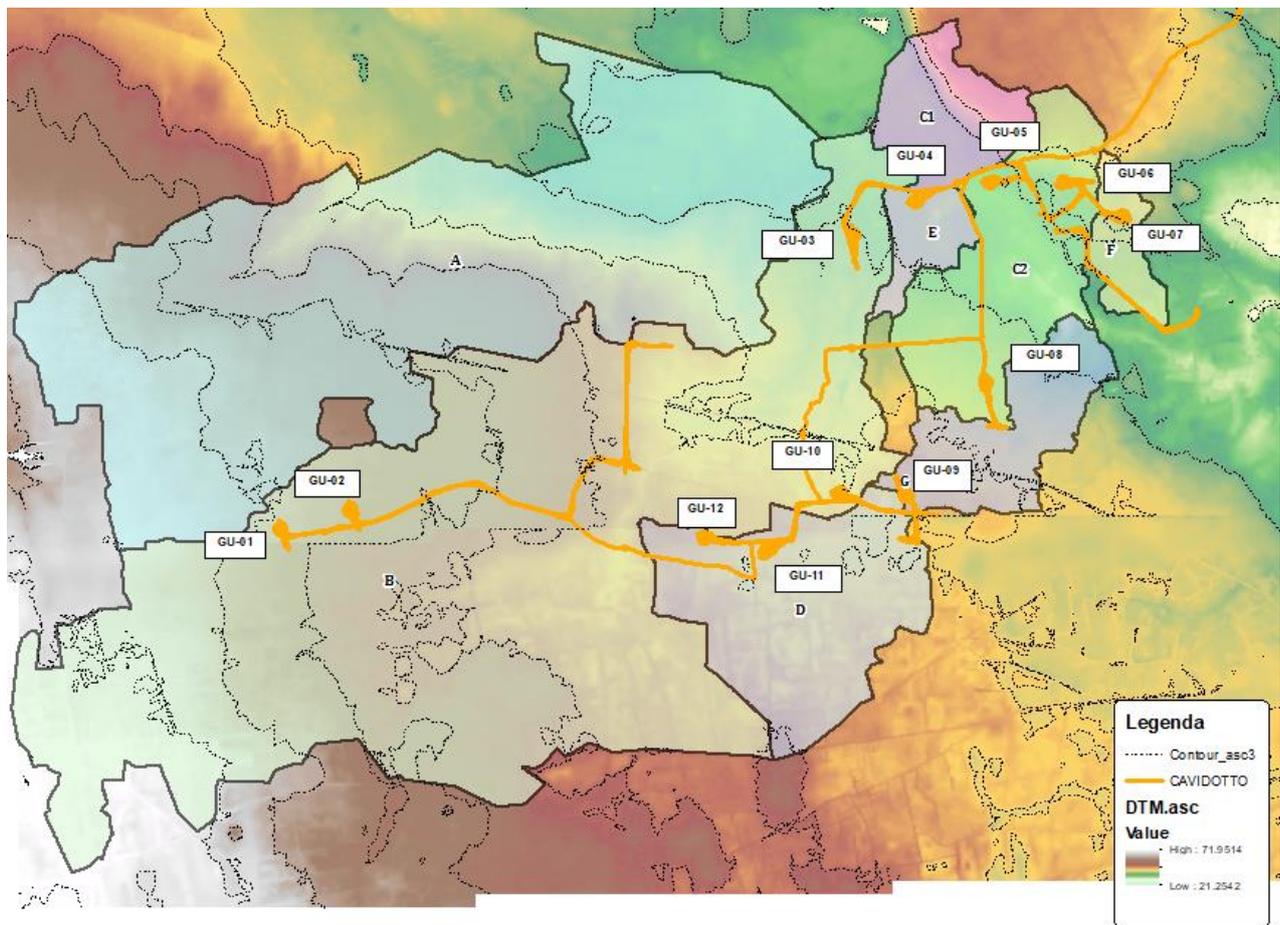


Figura 7: Inquadramento dei bacini idrografici su curve di livello (equidistanza pari a 5 m) e DTM.

4 STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI IDROGRAFICI

Lo studio idrologico dei bacini è stato condotto determinando le curve di possibilità climatica, come desunte dalle misure di precipitazione massime orarie riportate negli Annali Idrologici relative alle stazioni pluviografiche di San Pancrazio Salentino e Masseria Monteruga.

Come si è già detto, la valutazione di dette curve è stata condotta secondo due distinti approcci:

- Il metodo VAPI elaborato dal Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'**Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale** (a cura del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari, 2001),
- Il metodo classico di Gumbel, verificando l'adattabilità della serie campionaria alla relativa distribuzione di probabilità dei valori estremi.

Le elaborazioni effettuate per giungere alla determinazione delle equazioni delle curve sono puntualmente descritte nei paragrafi che seguono, mentre si è omessa la descrizione dell'applicazione ai dati di precipitazione massima oraria delle analisi statistiche convenzionali (adattabilità delle serie campionarie a distribuzioni di probabilità), in quanto trattasi di procedura ormai consolidata e nota nella pratica tecnica.

I valori dei tempi di ritorno (T_R) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono 1, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 e 500 anni.

4.1 CURVE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA (METODO VAPI)

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "*analisi regionale*".

Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico, che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati: alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto, la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura.

Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri, noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson, 1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese *Two Component Extreme Value*, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro. In seguito, dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione del territorio pugliese centro-meridionale, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.

I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del compartimento di Bari del S.I.I., le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con un'elevata densità territoriale.

Le osservazioni pluviometriche, utilizzate per la regionalizzazione, interessano il periodo dal 1960 al 2000 in tutte le stazioni di studio, con almeno quindici anni di misure, dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere ed orarie. Le serie sono variabili da un minimo di 19 ad un massimo di 47 dati per un numero totale di stazioni pari a 66, tutte appartenenti alla Puglia centro-meridionale.

Come si è detto, per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson. Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale

con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri θ^* e Λ^* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri θ^* e Λ^* . I risultati ottenuti dall'analisi del I° livello e II° livello di regionalizzazione sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri θ^* e Λ^* .

L'analisi del primo livello suggerisce la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione.

Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati, ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore costante di Λ_1 . Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nel riquadro a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio.

	θ^*	Λ^*	Λ_1
Puglia centro meridionale	2.121	0.353	17.55

Tabella 3 : Parametri d'interesse.

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata $X_{d,TR}$ viene espressa in funzione di una quantità K_{TR} , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T_R e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno T_R ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T_R})}$$

essendo $X_{d,TR}$ il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.

La curva di distribuzione di probabilità di tale rapporto ha caratteristiche regionali, in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della

$X_{d,TR}$. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno T_R ed il fattore di crescita K_{TR} , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di K_{TR} autorizza ad estendere anche alle piogge orarie i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Sulla scorta dei valori regionali dei parametri θ^* , Λ^* e $\Lambda 1$, è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia centro – meridionale, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di T_R attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

$$K_{TR} = a + b * \ln(T_R)$$

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di θ^* , Λ^* e $\Lambda 1$.

Per la Puglia settentrionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, quindi, la seguente:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R \quad (1)$$

Per la Puglia centro-meridionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, invece, la seguente:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R \quad (2)$$

anche se va rimarcato come l'utilizzo di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per $T < 50$ anni e superiori al 5% per $T < 100$ anni.

I valori di K_T utilizzati nel caso in esame sono riportati nella tabella seguente:

Tempo di ritorno (anni)	1	5	10	20	30	50	100	200	500
K(T) Zona 1-2-3-4	0.565	1.233	1.520	1.808	1.976	2.188	2.476	2.764	3.144
K(T) Zona 5-6	0.160	0.991	1.349	1.707	1.917	2.181	2.539	2.897	3.370

Tabella 4 : Valori di K_T al variare della zona e del tempo di ritorno.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_d) = ad^n$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Il VAPI individua le seguenti zone di 3° livello:

- nell'area della Puglia settentrionale, 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera $\mu(X_g)$ e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori $\mu(X_g)$ e le quote sul mare h:

ZONA 1-3	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+ln\alpha-lna)/ln24}$
ZONA 2-4	$\mu(h,t) = at^n$

Tabella 5: Correlazione tra $\mu(X_g)$ e la durata di precipitazione.

in cui C e D sono parametri che dipendono dall'area omogenea;

- nell'area centro-meridionale della Puglia, il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord-Barese - Murgia Centrale e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, nelle quali la struttura dell'equazione della curva di pioggia è identica a quella delle zone 1 e 3.

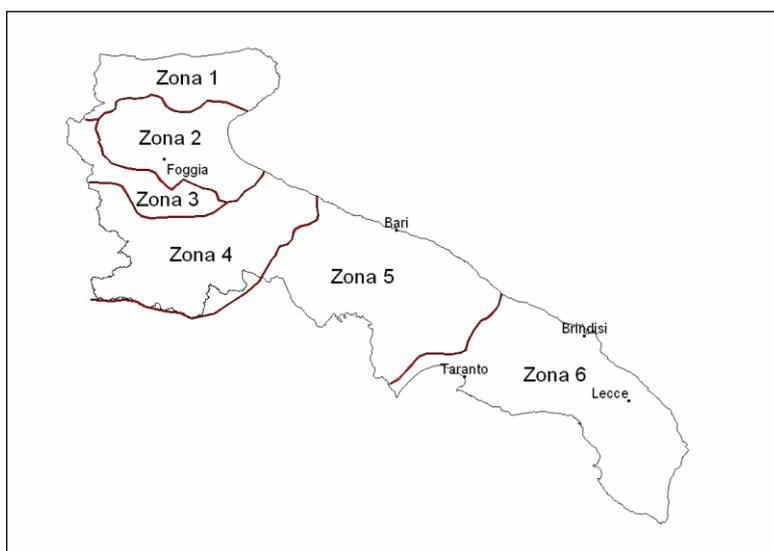


Figura 8: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

ZONA 5-6	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+ln\alpha-lna)/ln24}$
-----------------	--

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, è generalizzata nella forma:

$$\mu(X_d) = ad^{(Ch+D+ln\alpha-lna)/ln24} \quad (3)$$

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_d)$ relativi alle serie con $N \geq 10$ anni ricadenti in ciascuna zona omogenea e $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità.

Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e D rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi

annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate, i valori dei parametri sono riportati nel riquadro a seguire:

Zona	α	a	C	D	N
1	0,89	28,66	0,00503	3,959	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	3,811	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	4,0837	-
6	0,89	33,7	0,0022	4,1223	-

Tabella 6 : Coefficienti del 3° livello di regionalizzazione.

Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita (K_T) per la precipitazione media:

$$h = K_T \cdot \mu(X_d) \quad (4)$$

L'area d'intervento si trova nella Puglia meridionale e, in particolare, nella zona 6 (cfr. figura seguente). Quindi per la determinazione delle curve di possibilità climatica si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della *Tabella 6* relativi alla zona 6 ottenendo così le curve di possibilità climatica relative alla zona di interesse.

$$\mu(X_d) = 33.7 \cdot t^{[(0,488+0,0022 \cdot z)/3.178]} \quad (5)$$

dove z è il parametro geomorfologico della quota assoluta sul livello del mare (espressa in metri).

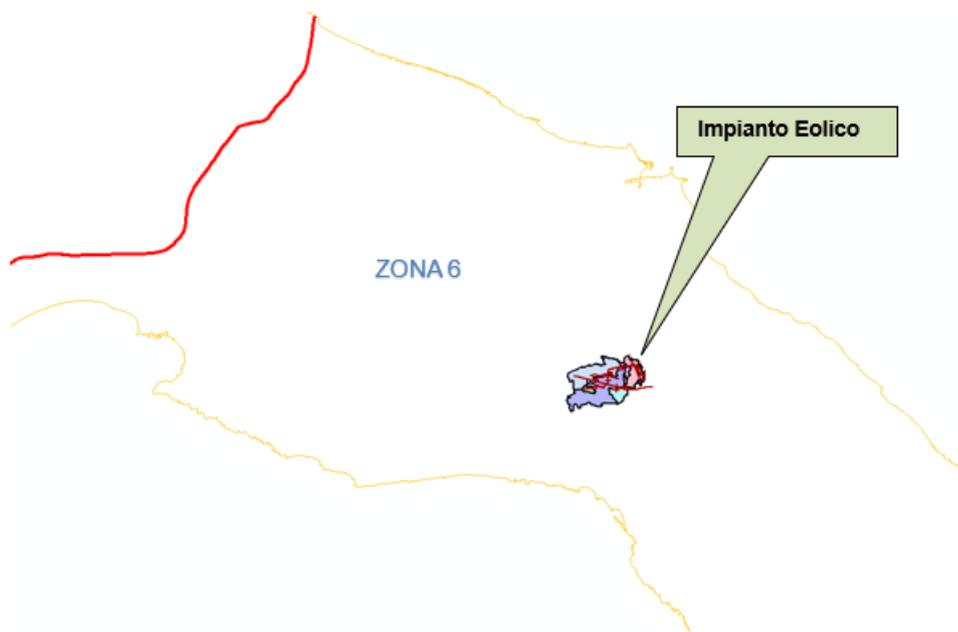


Figura 9: Individuazione della zona del VAPI in cui ricadono i bacini idrografici.

Nelle tabelle che seguono si riportano i valori dei parametri a ed n (*Tabella 7*) le altezze di pioggia ricavate dalla (4) e (5) (cfr. tabelle seguenti), rappresentate graficamente in *Figura 10*.

T [anni]	a [mm/ore ⁿ]	n [-]
1	11.74	0.189
5	33.41	0.189
10	45.48	0.189
20	57.54	0.189
30	64.60	0.189
50	73.49	0.189
100	85.56	0.189
200	97.63	0.189
500	113.58	0.189

Tabella 7 : Parametri del VAPI ottenuti per diversi tempi di ritorno.

Tr anni	h				
	1	3	6	12	24
1	11.74	14.45	16.47	18.78	21.40
5	33.41	41.12	46.88	53.44	60.93
10	45.48	55.97	63.81	72.75	82.93
20	57.54	70.83	80.74	92.05	104.94
30	64.60	79.51	90.65	103.34	117.81
50	73.49	90.46	103.13	117.57	134.03
100	85.56	105.31	120.06	136.87	156.04
200	97.63	120.17	136.99	156.18	178.04
500	113.58	139.80	159.38	181.69	207.14

Tabella 8 : Distribuzione probabilistica: VAPI - Altezze di pioggia (mm).

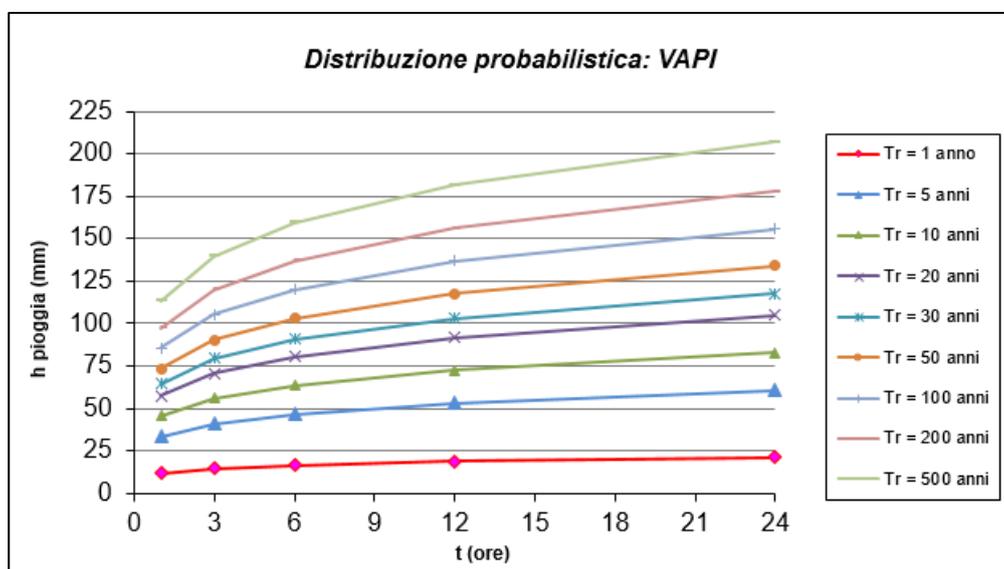


Figura 10: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.

4.2 CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA METODO DI GUMBEL

Per la determinazione delle curve di possibilità climatiche con il metodo di Gumbel si è fatto riferimento alle stazioni pluviometriche che interessano i bacini idrografici di interesse. Essi ricadono all'interno dei due topoieti distinti: i bacini idrografici A, C, E, F e G ricadono interamente nella stazione pluviometrica di Latiano, mentre i bacini idrografici B e D ricadono sia nella stazione pluviometrica di San Pancrazio Salentino che di Masseria Monteruga.

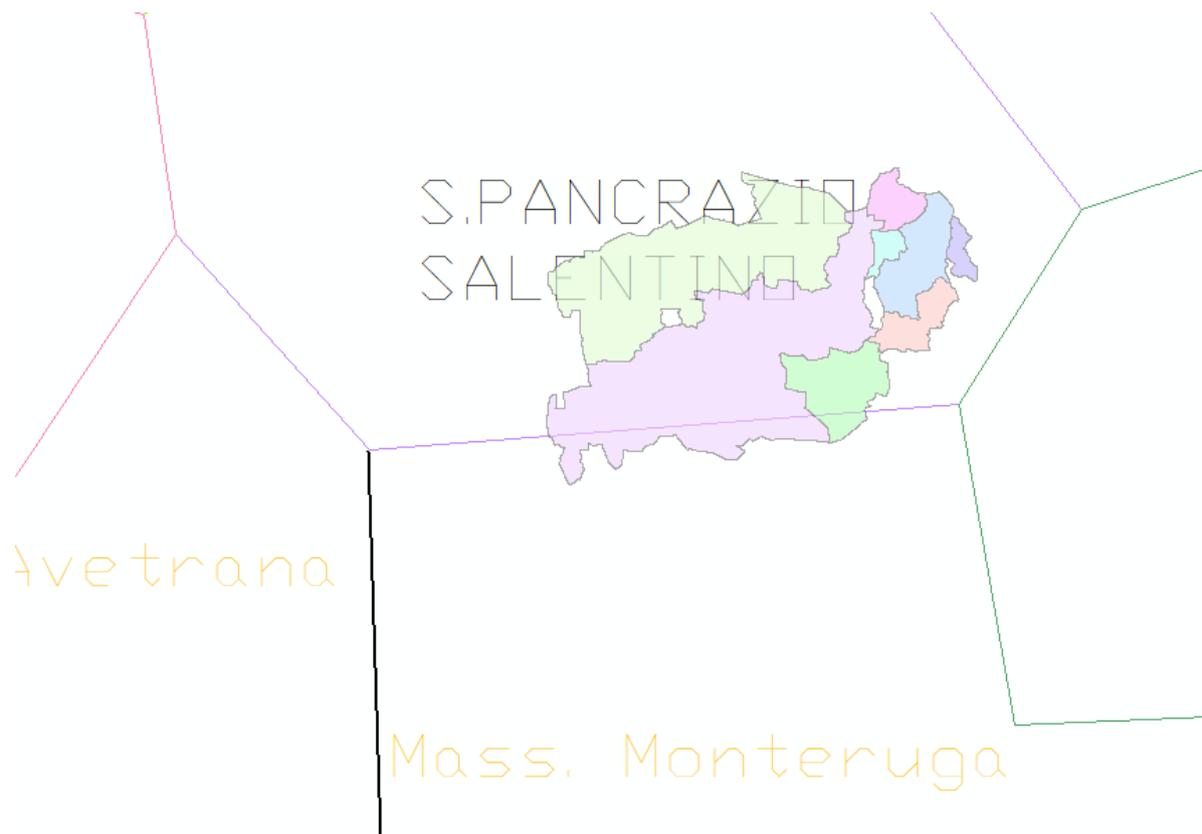


Figura 11: Individuazione dei topoieti delle stazioni pluviometriche in cui ricadono i bacini idrografici.

Nelle tabelle seguenti si riportano la serie di eventi pluviometrici delle varie stazioni pluviometriche:

Stazione di:	SAN PANCRAZIO SALENTINO				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1957	40.2	69.0	77.2	96.0	103.0
1958	26.4	32.8	41.2	53.8	61.0
1960	57.0	82.0	110.4	143.0	175.0
1962	30.4	32.0	37.0	38.0	58.6
1963	36.4	39.4	39.6	49.6	53.2
1964	34.2	45.4	46.0	63.4	80.4
1965	11.0	17.2	19.2	32.6	44.2
1967	32.4	32.4	32.4	32.4	37.4
1968	47.8	98.2	104.0	105.0	105.0
1969	45.2	51.2	55.2	58.8	76.0
1970	45.0	52.8	56.4	56.4	74.2
1972	31.4	50.0	80.0	97.6	120.8
1973	23.0	29.4	41.0	52.4	59.2
1974	60.0	62.2	65.0	65.4	75.6
1975	53.4	82.0	82.0	82.0	82.0
1976	17.2	36.6	61.0	86.0	110.4
1977	41.6	43.6	45.4	46.6	47.4
1978	30.6	31.2	31.2	40.6	42.2
1979	20.0	20.4	22.2	41.6	79.0
1980	52.0	113.0	123.0	124.2	124.8
1981	57.0	65.6	65.6	73.8	99.0
1982	23.6	27.0	38.8	51.6	66.2
1983	23.0	25.0	36.8	51.4	66.2
1985	33.8	38.0	50.0	58.6	73.4
1987	28.6	48.6	57.4	94.0	94.8
1989	48.8	48.8	48.8	48.8	49.0
1990	>>	>>	>>	41.8	68.8
1991	>>	>>	>>	>>	>>
1992	21.6	33.8	43.2	58.4	61.2
1993	>>	61.2	72.2	72.4	85.2
1994	>>	25.6	32.6	40.0	48.2
1996	45.8	63.2	104.4	139.4	139.8
1997	36.0	64.4	88.0	89.8	91.2
1998	37.4	41.2	41.8	48.2	74.6
1999	72.8	105.4	105.6	105.6	105.6
2000	26.8	40.2	69.8	81.6	92.6
2001	27.2	28.2	28.2	28.6	47.0
2002	39.2	39.2	41.0	41.2	41.2
2003	22.4	33.8	56.0	86.6	91.0
2004	32.6	43.8	49.2	73.8	80.6
2005	62.2	68.8	71.2	71.4	71.8
2006	54.2	67.2	68.4	72.6	85.4
2007	13.8	28.2	45.8	76.0	76.6
2008	28.2	53.6	65.8	74	91.4
2009	33.2	51	52	79.8	84
2010	25.4	39.6	64.8	65	74.6
2011	23	30.2	48.8	69	73.2
2012	41.4	43	54.4	62	62
2013	44	101	121.4	147.4	149.6
2014	36.8	38.6	38.6	46.2	55
2015	24.2	28.8	54.4	61.2	62.2
2016	39.4	50.8	56.8	61.8	72.8
2017	24	27.2	30.6	30.6	55.6
2018	48.2	49.8	49.8	49.8	61.2
2019	37.8	38.4	38.4	54.6	59.8
2020	29.8	36.4	36.4	36.4	36.6

Tabella 9 : Serie degli eventi pluviometrici – stazione di San Pancrazio Salentino.

Stazione di:	MASSERIA MONTERUGA				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1967	25.4	27.0	29.4	29.4	40.2
1970	44.2	53.8	57.2	57.2	64.2
1972	38.6	42.4	62.0	74.0	88.0
1973	13.4	28.0	39.0	47.6	53.6
1974	58.0	58.4	61.4	61.8	69.4
1975	28.8	32.4	39.4	53.4	55.6
1977	18.2	23.0	33.4	36.8	44.2
1980	50.0	70.0	78.2	78.6	86.0
1981	39.0	44.2	44.2	44.2	72.0
1982	50.0	97.8	106.4	112.2	169.4
1983	20.4	24.0	35.0	50.0	68.4
1984	36.2	47.0	47.0	47.2	47.4
1987	26.8	66.0	78.2	107.0	107.6
1988	>>	72.6	85.0	87.4	88.2
1989	20.0	29.0	31.4	32.6	32.6
1990	26.8	37.6	41.6	44.0	68.4
1991	28.8	29.2	33.8	49.6	49.6
1992	23.6	28.8	43.6	58.0	70.4
1993	17.0	19.4	27.4	37.6	48.6
1994	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
1995	69.0	92.8	95.4	98.4	98.4
1996	47.4	93.0	150.0	197.8	198.2
1997	45.0	58.0	78.6	79.8	82.4
1998	18.0	20.0	30.2	42.6	63.4
1999	74.0	96.2	96.4	96.4	96.6
2000	26.2	40.0	59.0	64.2	64.4
2001	13.8	25.0	32.6	32.6	32.6
2002	19.2	25.0	33.6	37.4	49.2
2003	38.4	42.6	63.8	75.8	81.8
2004	29.4	29.4	44.8	67.6	72.4
2005	38.2	45.2	53.2	53.4	64.8
2006	36.2	52.2	53.4	57	82.2
2007	18.2	30.2	47	70.6	71.8
2008	29.6	50.2	61.2	64	81.4
2009	62.4	96.2	97.4	120.6	129.2
2010	40.4	48.4	76.2	76.4	76.6
2011	25.2	37.2	64.6	87.6	92.8
2012	55.6	58.8	65.2	74.2	74.4
2013	31	56	84.6	106.8	111.4
2014	43.8	45.6	45.6	45.6	45.6
2015	49.2	52.8	52.8	54.6	54.8
2016	49.2	49.2	56.8	94	94
2017	35	40	40.8	44.8	50.2
2018	29	29.4	31	37.4	54.8
2019	24.8	34	39	57	61.6
2020	23.6	26.8	26.8	27.4	30.8

Tabella 10 : Serie degli eventi pluviometrici – stazione di Masseria Monteruga.

L'elaborazione dei dati pluviometrici secondo le metodologie standard (minimi quadrati), ha condotto alla determinazione dei parametri a ed n della equazione:

$$h = a \times t^n$$

T [anni]	a [mm/ore ⁿ]	n [-]
1	30.47	0.243
5	48.71	0.240
10	57.03	0.239
20	64.82	0.238
30	69.71	0.238
50	75.81	0.238
100	84.03	0.238
200	92.23	0.238
500	103.04	0.238

Tabella 11 : Parametri distribuzione di probabilità di Gumbel ottenuti per diversi tempi di ritorno. BACINO D.

T [anni]	a [mm/ore ⁿ]	n [-]
1	31.35	0.243
5	49.12	0.240
10	57.28	0.239
20	64.86	0.239
30	69.76	0.238
50	75.87	0.238
100	84.12	0.238
200	92.33	0.238
500	103.17	0.238

Tabella 12 : Parametri distribuzione di probabilità di Gumbel ottenuti per diversi tempi di ritorno. BACINO B

T [anni]	a [mm/ore ⁿ]	n [-]
1	27.87	0.244
5	47.49	0.240
10	56.28	0.239
20	64.71	0.238
30	69.55	0.238
50	75.61	0.238
100	83.78	0.237
200	91.92	0.237
500	102.66	0.237

Tabella 13 : Parametri distribuzione di probabilità di Gumbel ottenuti per diversi tempi di ritorno TOPOIETO SAN PANCRAZIO SALENTINO.

Conseguentemente sono state ricavate le altezze di pioggia per i differenti tempi di ritorno e per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Tr anni	h				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1	27.87	36.43	43.13	51.07	60.46
5	47.49	61.79	72.95	86.13	101.70
10	56.28	73.16	86.32	101.86	120.19
20	64.71	84.06	99.15	116.94	137.93
30	69.55	90.33	106.52	125.61	148.13
50	75.61	98.16	115.74	136.45	160.88
100	83.78	108.73	128.16	151.07	178.07
200	91.92	119.26	140.54	165.63	195.20
500	102.66	133.14	156.88	184.85	217.80

Tabella 14 : Distribuzione probabilistica: GUMBEL - Altezze di pioggia (mm) TOPOIETO SAN PANCRAZIO SALENTINO

Per i bacini B e D sono indicate le rispettive percentuali di superficie appartenente a ciascun topoieto.

Tr anni	h				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1	31.53	40.30	48.66	57.69	67.42
5	47.29	66.02	77.68	90.86	100.80
10	54.55	77.84	91.02	106.13	116.18
20	61.29	78.73	103.43	120.31	130.45
30	65.67	95.90	111.43	129.51	139.74
50	71.14	104.73	121.42	141.01	151.35
100	78.53	116.64	134.90	156.52	167.02
200	85.89	128.50	148.33	171.98	182.62
500	95.59	144.15	166.05	192.37	203.21

Tabella 15 : Altezza di pioggia ragguagliate per il Bacino B

	Superficie (mq)	%
SAN PANCRAZIO SALENTINO	2875633	86.73
MASSERIA MONTERUGA	440070	13.27

Tabella 16 : Percentuali superfici topoieti bacino B

Tr anni	h				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1	30.73	39.09	47.23	56.04	65.82
5	46.88	65.52	77.02	90.03	99.99
10	54.26	77.59	90.63	105.58	115.63
20	61.18	78.26	103.40	120.14	130.27
30	65.53	95.99	111.39	129.29	139.50
50	70.98	104.82	121.37	140.74	151.04
100	78.32	116.73	134.83	156.18	166.60
200	85.64	128.60	148.25	171.56	182.11
500	95.29	144.25	165.95	191.86	202.57

Tabella 17 : Altezza di pioggia ragguagliate per il Bacino D.

	Superficie (mq)	%
SAN PANCRAZIO SALENTINO	15554019	82.25
MASSERIA MONTERUGA	3355606	17.75

Tabella 18 : Percentuali superfici topoieti bacino D

In Figura 12 si riporta la rappresentazione grafica delle curve di possibilità climatica.

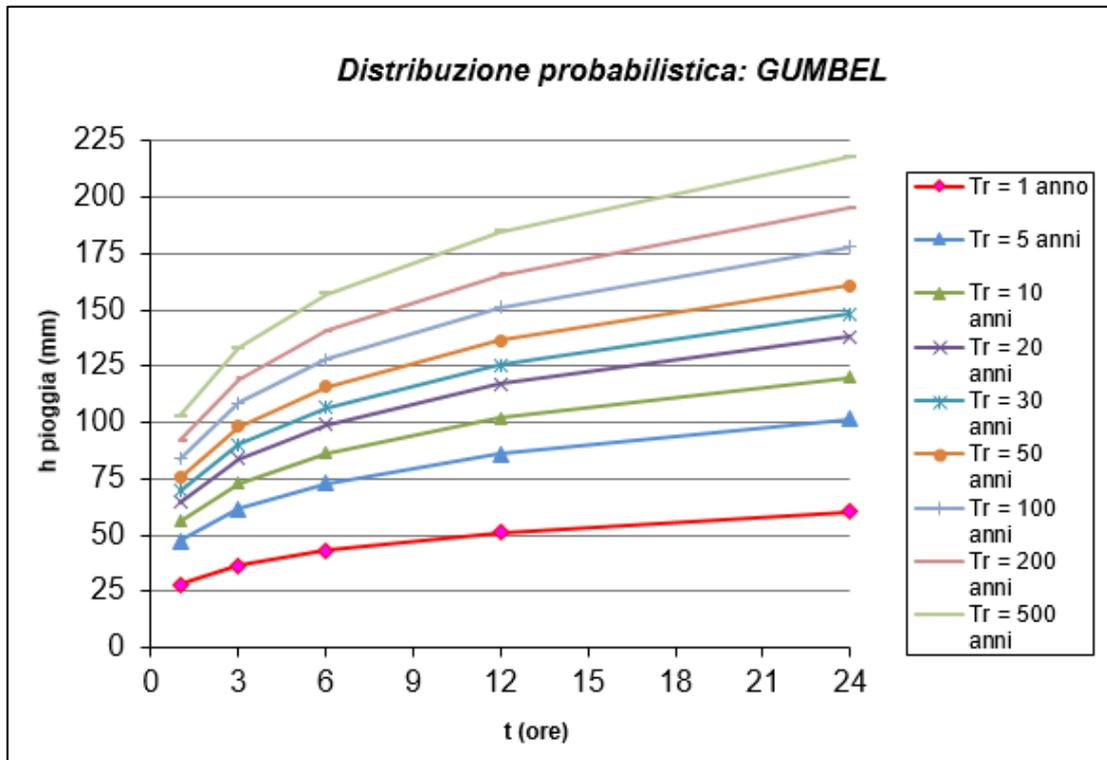


Figura 12: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL.

5 CONCLUSIONI

Nelle tabelle seguenti è riportato il confronto tra le altezze di pioggia ricavate con le due metodologie al variare della durata dell'evento e del tempo di ritorno.

Tr anni	DURATE [ore]									
	1 h		3 h		6 h		12 h		24 h	
	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI
5	47.49	33.41	61.79	41.12	72.95	46.88	86.13	53.44	101.70	60.93
10	56.28	45.48	73.16	55.97	86.32	63.81	101.86	72.75	120.19	82.93
20	64.71	57.54	84.06	70.83	99.15	80.74	116.94	92.05	137.93	104.94
30	69.55	64.60	90.33	79.51	106.52	90.65	125.61	103.34	148.13	117.81
50	75.61	73.49	98.16	90.46	115.74	103.13	136.45	117.57	160.88	134.03
100	83.78	85.56	108.73	105.31	128.16	120.06	151.07	136.87	178.07	156.04
200	91.92	97.63	119.26	120.17	140.54	136.99	165.63	156.18	195.20	178.04
500	102.66	113.58	133.14	139.80	156.88	159.38	184.85	181.69	217.80	207.14

Tabella 19 : Confronto tra le altezze di pioggia ricavate con le due metodologie al variare della durata e del Tempo di Ritorno. In grassetto i valori maggiori per ciascuna delle durate analizzate per TOPOIETO SAN PANCRAZIO SALENTINO.

Tr anni	DURATE [ore]									
	1 h		3 h		6 h		12 h		24 h	
	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI
5	49.05	33.41	63.83	41.12	75.36	46.88	88.98	53.44	105.05	60.93
10	57.24	45.48	74.43	55.97	87.84	63.81	103.67	72.75	122.35	82.93
20	64.86	57.54	84.29	70.83	99.45	80.74	117.33	92.05	138.43	104.94
30	69.75	64.60	90.63	79.51	106.92	90.65	126.14	103.34	148.80	117.81
50	75.86	73.49	98.56	90.46	116.26	103.13	137.14	117.57	161.76	134.03
100	84.10	85.56	109.25	105.31	128.85	120.06	151.97	136.87	179.24	156.04
200	92.32	97.63	119.90	120.17	141.39	136.99	166.75	156.18	196.65	178.04
500	103.15	113.58	133.94	139.80	157.94	159.38	186.24	181.69	219.62	207.14

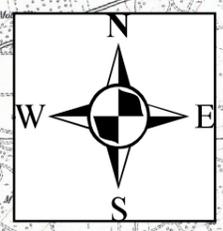
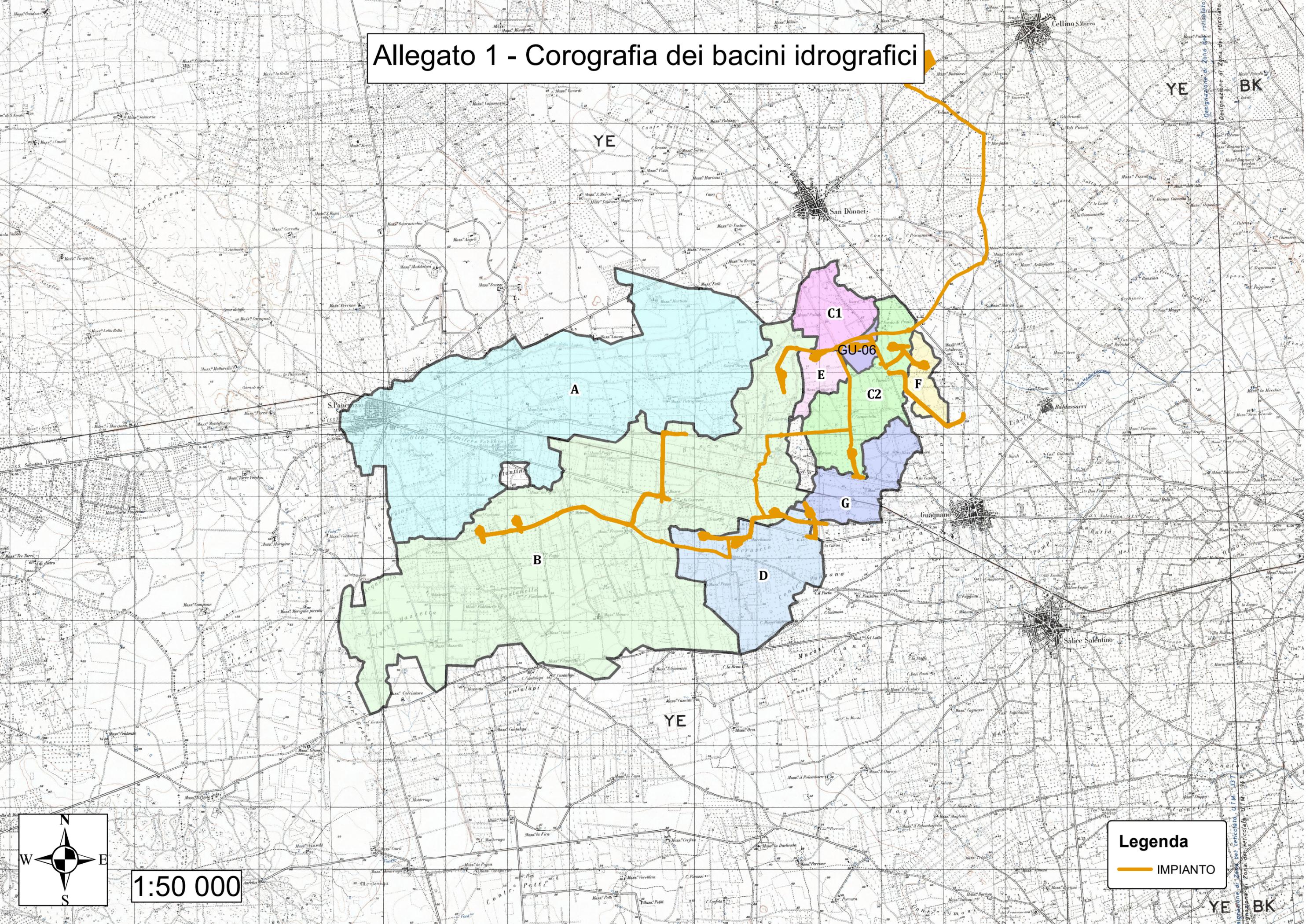
Tabella 20 : Confronto tra le altezze di pioggia ricavate con le due metodologie al variare della durata e del Tempo di Ritorno. In grassetto i valori maggiori per ciascuna delle durate analizzate per TOPOIETO SAN PANCRAZIO SALENTINO E MASSERIA MONTERUGA.

Si osservi come **le altezze di pioggia ricavate utilizzando la distribuzione probabilistica di Gumbel risultino più elevate di quelle derivate dall'utilizzo della metodologia VAPI**. A seguito di ciò nei calcoli idraulici (cfr. relazione Idraulica), si è fatto riferimento alle portate ricavate a partire dalle curve di probabilità pluviometrica costruite con la distribuzione probabilistica di Gumbel.

IL TECNICO



Allegato 1 - Corografia dei bacini idrografici



Legenda
— IMPIANTO

Designazione di Zona di riferimento
Designazione di Zona di riferimento

Designazione di Zona di riferimento
Designazione di Zona di riferimento