

**TITLE:** Relazione Idrologica

**AVAILABLE LANGUAGE:** IT

# “IMPIANTO EOLICO SERRACAPRIOLA”

## RELAZIONE IDROLOGICA



File: GRE.EEC.R.25.IT.W.15228.00.022.01.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	11/03/2021	APPLICAZIONE COMMENTI	M.Labbruzzi	V.Damico	G.Chiaia
00	22/02/2021	EMISSIONE	M.Labbruzzi	V.Damico	G.Chiaia

### VALIDATION

TAMMA	CIRILLO	TAMMA
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT <b>Impianto Eolico Serracapriola</b>	GRE-CODE																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION									
	<b>GRE</b>	<b>EEC</b>	<b>R</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>I</b>	<b>T</b>	<b>W</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

<b>CLASSIFICATION:</b> COMPANY	<b>UTILIZATION SCOPE</b>
--------------------------------	--------------------------

## 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 .....	12
4.1	CURVE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA (METODO VAPI) .....	13
4.2	CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA METODO DI GUMBEL.....	21
5	CONCLUSIONI .....	28
6	ALLEGATO 1 – COROGRAFIA DEI BACINI IDROGRAFICI .....	29

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento dell'area di studio. ....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2: Inquadramento regionale.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000. ....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 5: Inquadramento dei bacini idrografici su carta IGM 1:25.000 .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 6: Inquadramento dei bacini idrografici su curve di livello (equidistanza pari a 5 m). ....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 7: Inquadramento dei bacini idrografici su DTM.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 8: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello. ....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 9: Individuazione della zona del VAPI in cui ricadono i bacini idrografici.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 10: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 11: Individuazione dei topoi dei topografi delle stazioni pluviometriche in cui ricadono i bacini idrografici. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 12: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL-- Stazione Lesina. ....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 13: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL- Stazione Torremaggiore. ....</i>	<i>27</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 Srl", nell'ambito della propria attività imprenditoriale, ha previsto la realizzazione di un parco eolico denominato "Serracapriola" che ricade nell'ambito del territorio amministrato del Comune di Serracapriola, in Provincia di Foggia. Come illustrato nella figura che segue, l'intervento è ubicato nella Regione Puglia ma ricade nei limiti territoriali dell'ex Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore divenuta Unit of Management (UoM) del Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale.



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 Lesina e Torremaggiore.

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 Lesina e Torremaggiore;

Alla presente Relazione sono allegati:

- Allegato 1 – Corografia dei bacini idrografici.

## 2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Come si è detto, le aree proposte per la realizzazione del parco eolico in progetto sono ubicate nei territori comunali di Serracapriola a sud-est dell'abitato di Serracapriola. L'area è caratterizzata dalla presenza di coltivi a colture erbacee, uliveto e seminativi in una zona prevalentemente collinare. La presente relazione prende in considerazione anche il percorso del cavidotto MT, fino alla proposta SSU nel comune di Rotello (CB).

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

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

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 33N			ID. CATASTO		
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
1	510904	4627367	SERRACAPRIOLA	22	56/251
2	510662	4628319	SERRACAPRIOLA	22	35
3	510693	4628832	SERRACAPRIOLA	22	32/322
4	510934	4629296	SERRACAPRIOLA	14	26
5	511310	4629677	SERRACAPRIOLA	15	84
6	510982	4631344	SERRACAPRIOLA	15	48
7	511515	4630298	SERRACAPRIOLA	15	17
8	511179	4631868	SERRACAPRIOLA	15	120

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 tramite l'autostrada A14 sino allo svincolo di Campomarino dalla quale si imbecca la SS16ter e, dopo circa 22 km, si giunge al possibile ingresso dell'area d'impianto come riportato nell'immagine che segue.





Figura 2: Inquadramento regionale



Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto



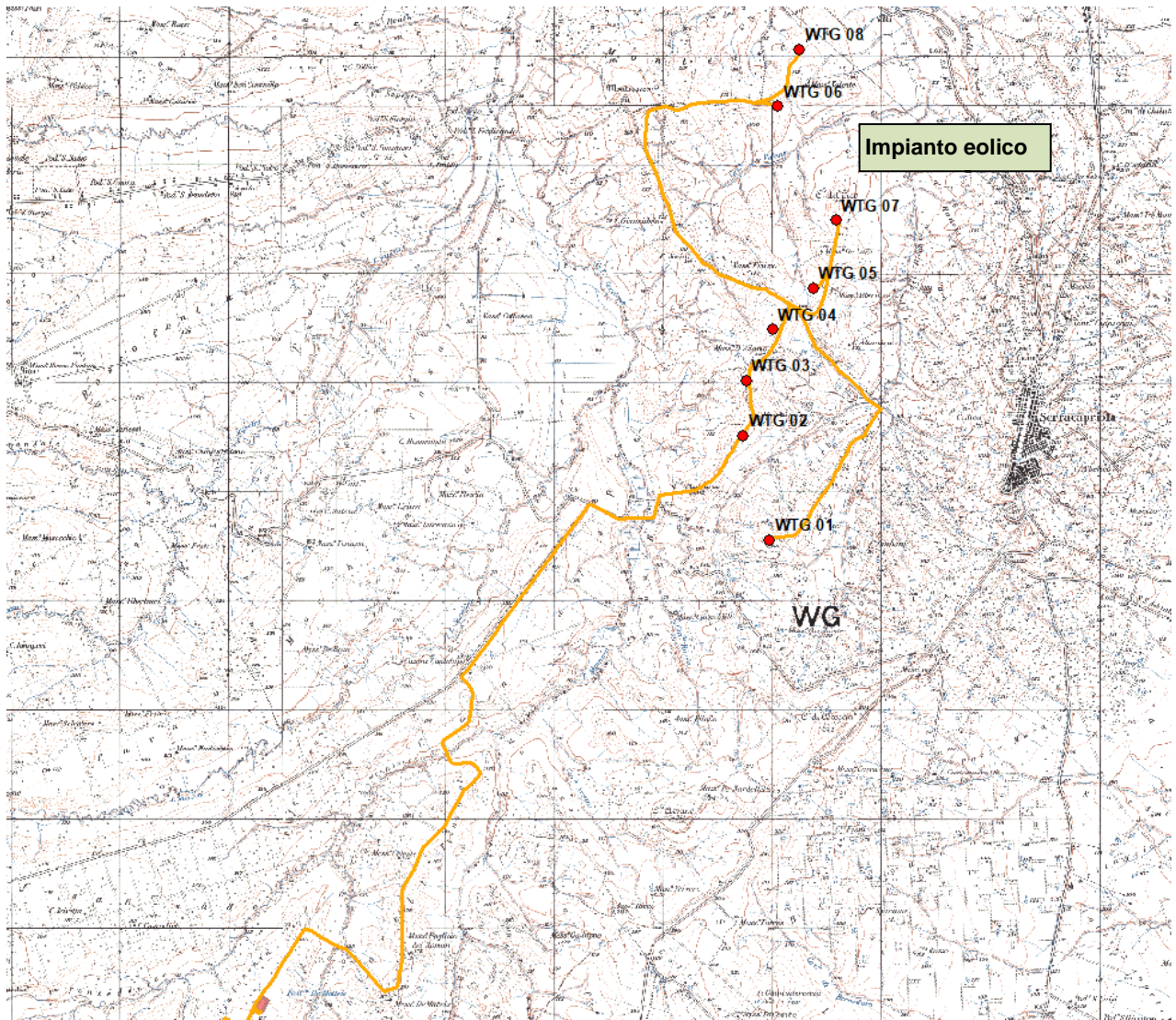


Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000.



### 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 talune 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 otto bacini idrografici le cui sezioni di chiusura sono prossime alle aree di interesse. Questi si sviluppano nel territorio comunale di Serracapriola, all'interno dei fogli 382 e 395 della cartografia I.G.M. 25.000 (Figura 5).

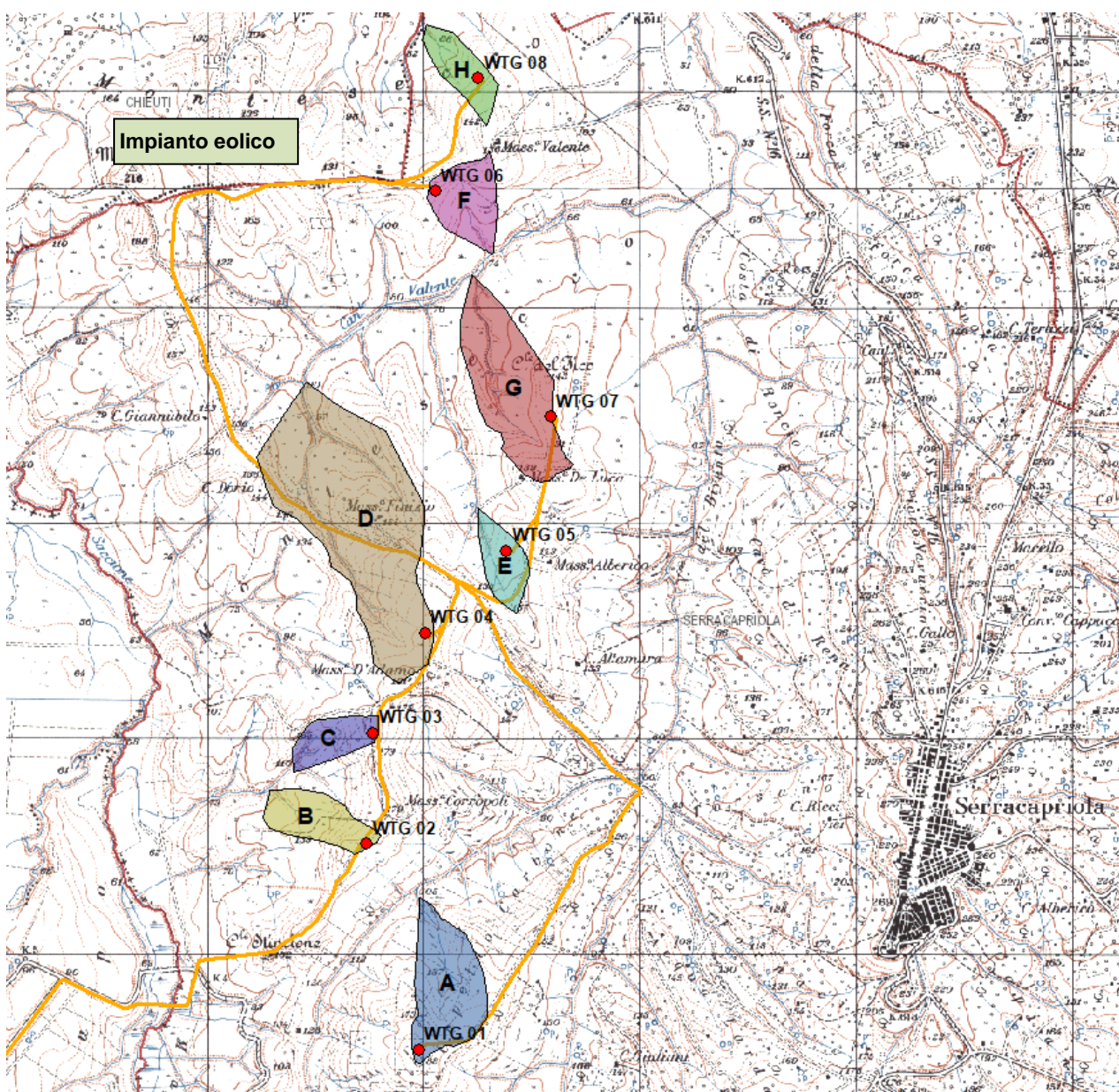


Figura 5: Inquadramento dei bacini idrografici su carta IGM 1:25.000



I parametri geomorfologici caratteristici dei bacini idrografici sono indicati in *Tabella 2*:

Bacino idrografico	Superfici e	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 a media bacino	Pendenza a media dell'asta principale
	S [km <sup>2</sup> ]	L [m]	H <sub>max</sub> [m]	H <sub>min</sub> [m]	H	H <sub>m</sub> [m]	H <sub>a</sub> [m]	i <sub>m</sub> [%]	i <sub>a</sub> [%]
A	0.18	287.83	186.70	106.94	155.98	136.59	121.77	8.72%	8.15%
B	0.10	914.08	177.79	94.64	141.18	12.26	53.45	12.66%	6.11%
C	0.07	336.72	183.51	114.75	157.00	111.20	112.98	13.05%	11.67%
D	0.58	164.83	185.32	92.76	142.77	95.56	94.16	6.58%	11.10%
E	0.07	624.43	155.59	115.05	139.23	166.01	140.53	7.38%	9.49%
F	0.10	239.76	138.45	72.82	115.54	135.37	104.10	10.27%	15.93%
G	0.25	1299.81	138.20	73.32	114.24	158.23	115.78	6.56%	5.22%
H	0.07	238.03	138.37	80.00	112.72	149.42	114.71	9.55%	14.62%

*Tabella 2 : Parametri geomorfologici dei bacini idrografici*

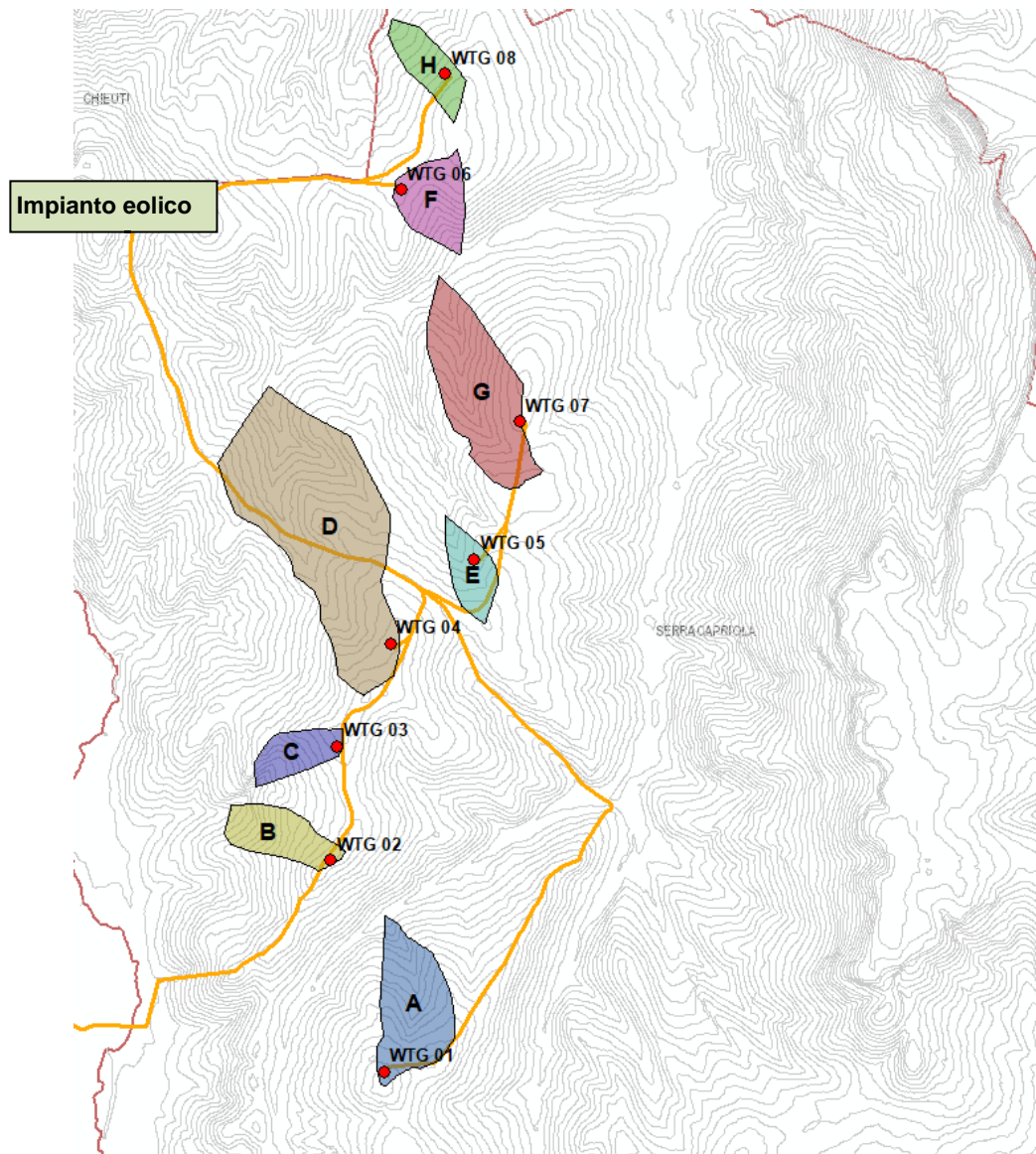


Figura 6: Inquadramento dei bacini idrografici su curve di livello (equidistanza pari a 5 m).

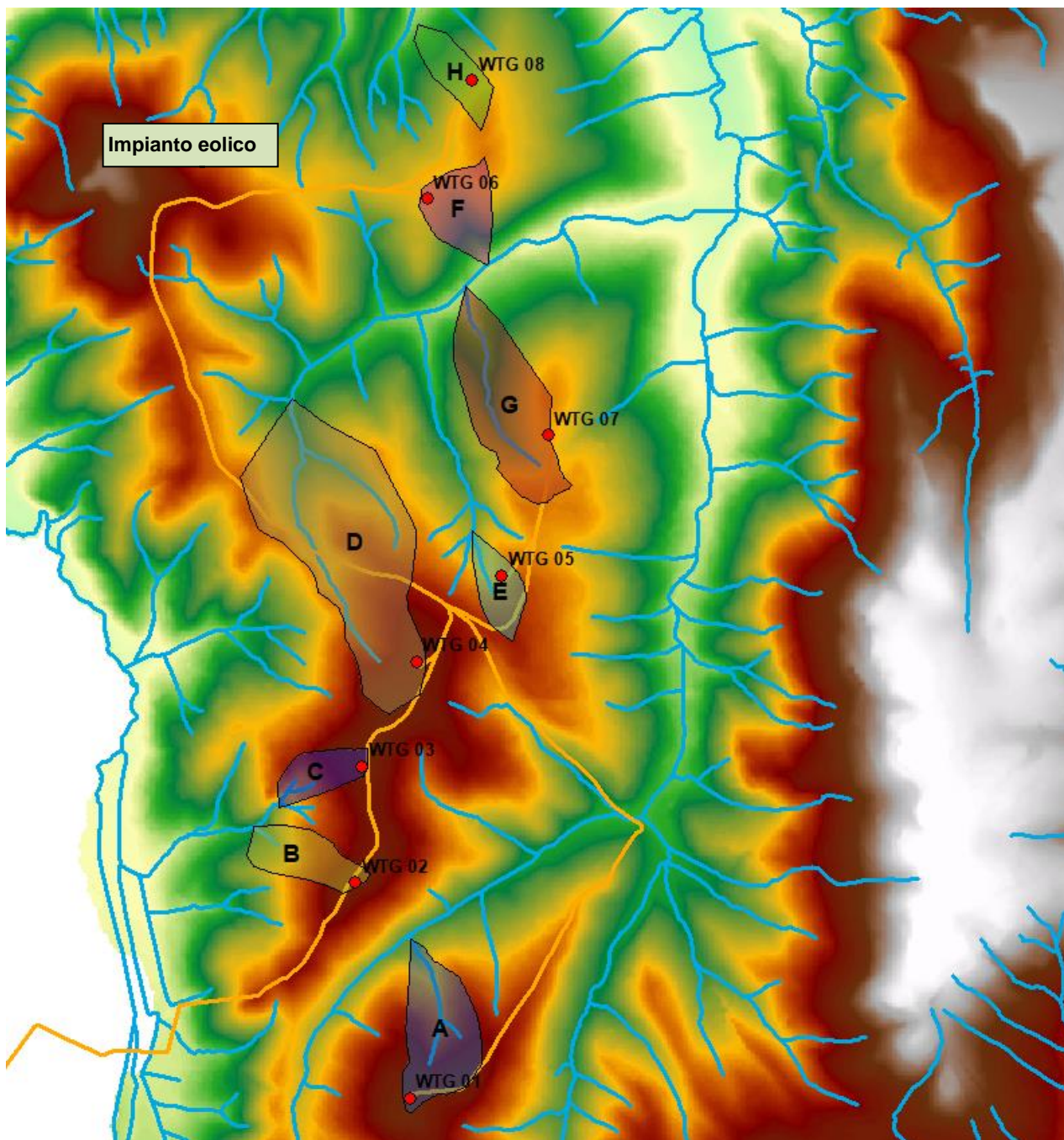


Figura 7: Inquadramento dei bacini idrografici su DTM.



#### 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 pluviometriche di Lesina e Torremaggiore (FG).

Come si è già detto nel paragrafo 3, 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  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  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  $\Lambda_1$  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  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ . 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  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ .

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  $\Lambda_1$ . 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.

	$\theta^*$	$\Lambda^*$	$\Lambda_1$
<b>Puglia centro meridionale</b>	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  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  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  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  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:

<b>Tempo di ritorno (anni)</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
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  $h$ :

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

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.

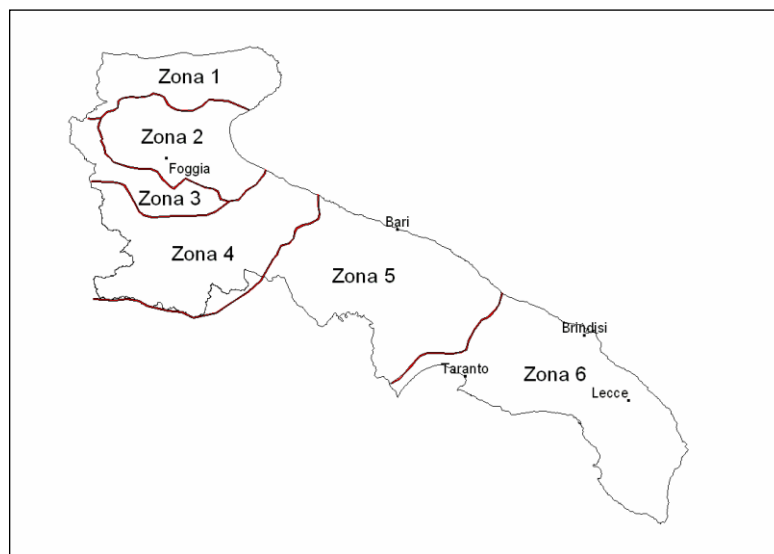


Figura 8: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

<b>ZONA 1</b>	$\mu(h,t) = at^{(Ch+D+ln\alpha-lna)/ln24}$
---------------	--

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  $\alpha$  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	$\alpha$	$a$	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 5 (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 1 ottenendo così le curve di possibilità climatica relative alla zona di interesse.

$$\mu(X_d) = 26,80 \cdot t^{[(0,720+0,000503 \cdot z)/3.178]} \quad (5)$$

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

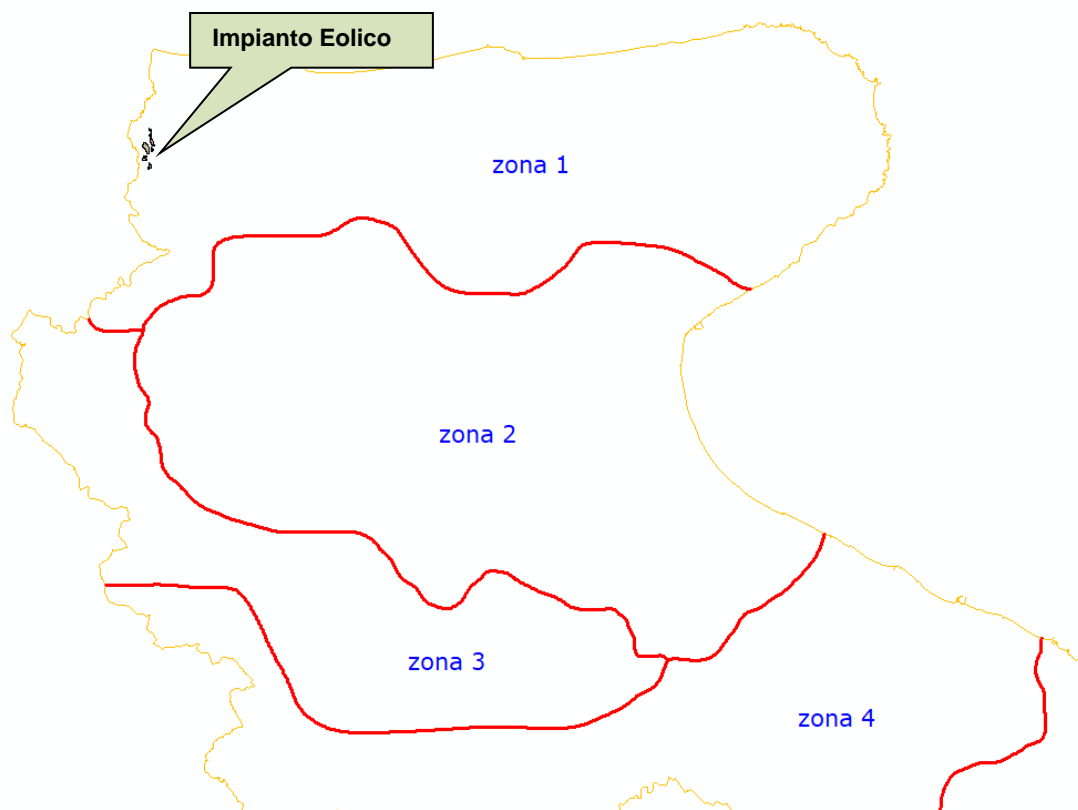


Figura 9: Individuazione della zona del VAPI in cui ricadono i bacini idrografici.

Nelle tabelle che seguono si riportano i valori dei parametri  $a$  ed  $n$  (Tabella 7) le altezze di pioggia ricavate dalla (4) e (5) (Tabella 8), rappresentate graficamente in Figura 10.

<b>T [anni]</b>	<b>a [mm/ore<sup>n</sup>]</b>	<b>n [-]</b>
<b>1</b>	20.52	0.273
<b>5</b>	35.33	0.273
<b>10</b>	43.57	0.273
<b>20</b>	51.82	0.273
<b>30</b>	56.64	0.273
<b>50</b>	62.72	0.273
<b>100</b>	70.96	0.273
<b>200</b>	79.20	0.273
<b>500</b>	90.10	0.273

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

<b>Tr</b>	<b>h</b>					
	<b>anni</b>	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
<b>1</b>		20.52	27.71	33.49	40.47	48.91
<b>5</b>		35.33	47.70	57.65	69.67	84.20
<b>10</b>		43.57	58.83	71.10	85.92	103.84
<b>20</b>		51.82	69.96	84.55	102.18	123.49
<b>30</b>		56.64	76.47	92.42	111.69	134.98
<b>50</b>		62.72	84.68	102.33	123.67	149.46

Tr	h				
anni	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
<b>100</b>	70.96	95.81	115.78	139.93	169.11
<b>200</b>	79.20	106.94	129.24	156.19	188.76
<b>500</b>	90.10	121.65	147.02	177.68	214.73

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

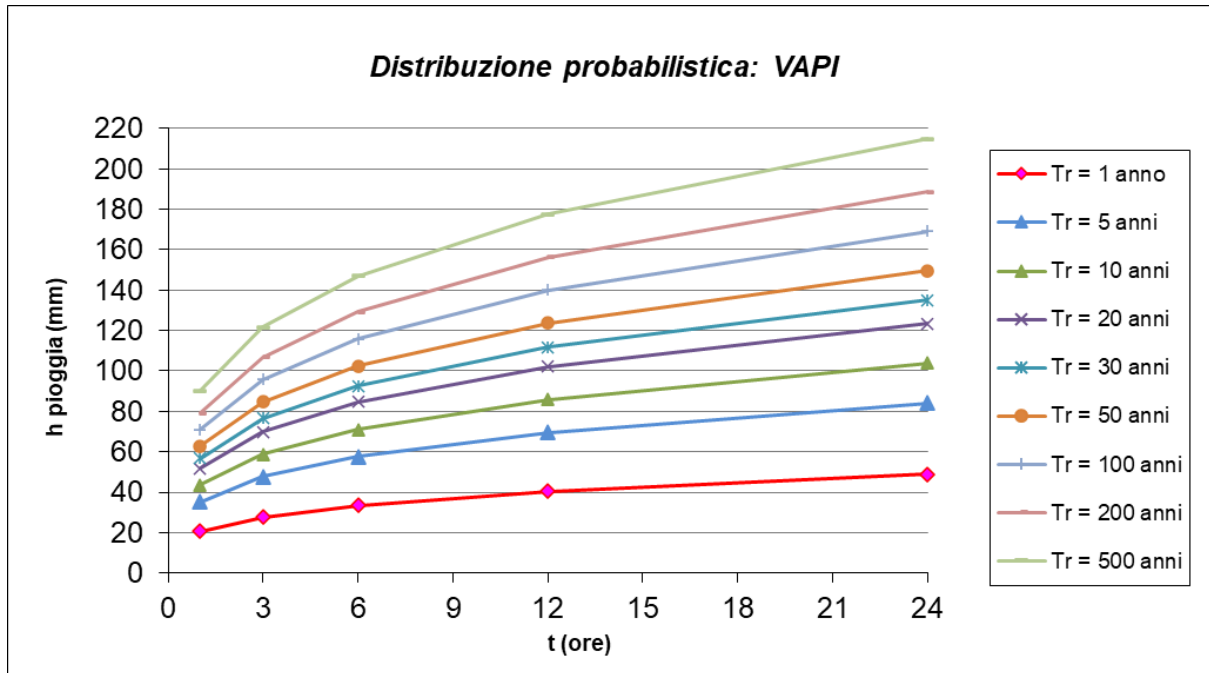


Figura 10: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.



#### 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. In particolare, i bacini idrografici A, B e C ricadono nella stazione pluviometrica di Torremaggiore, mentre i bacini idrografici D, E, F, G e H ricadono nella stazione pluviometrica di Lesina.

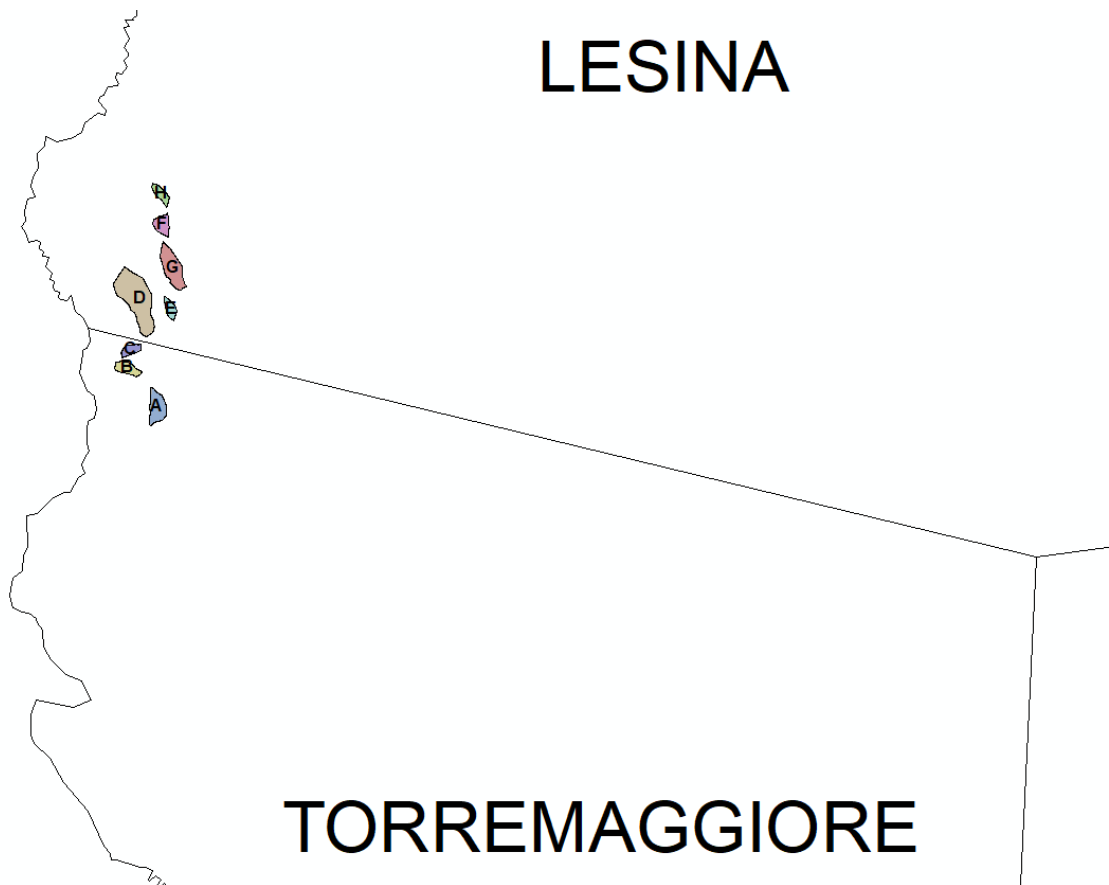


Figura 11: Individuazione dei topoieti delle stazioni pluviometriche in cui ricadono i bacini idrografici.

Nella tabella seguente si riporta la serie di eventi pluviometrici della stazione pluviometrica di Lesina e Torremaggiore.

Stazione di:	LESINA				
	durate [ore]				
anni	1	3	6	12	24
1938	15.6	18.2	33.8	56.4	80.6
1939	12.2	22.4	31.8	44.2	46.0
1940	18.6	23.2	31.0	41.2	46.6
1941	7.8	17.8	29.8	36.0	38.0
1942	19.2	23.6	41.6	53.4	54.6
1945	15.0	21.4	26.6	48.8	75.8
1946	8.0	13.2	23.2	32.0	35.0
1947	9.6	15.2	24.2	36.2	39.2
1949	42.0	51.6	51.6	53.4	53.6
1951	18.0	46.0	50.6	55.8	59.8
1952	14.4	18.0	20.0	25.4	28.6
1953	24.4	33.4	41.2	53.8	60.6
1954	39.0	41.2	51.6	65.0	76.8
1955	37.8	46.2	50.2	64.8	66.0
1956	27.8	41.6	45.2	57.2	63.0
1957	21.0	26.6	28.6	35.6	47.5
1959	22.2	34.6	35.6	40.8	55.0
1960	20.2	20.2	24.8	33.0	42.6
1961	25.2	25.6	35.0	47.8	62.8
1962	21.0	40.0	60.0	67.6	68.0
1964	21.2	24.4	31.2	41.4	60.5
1965	12.0	22.4	30.6	36.8	39.8
1966	14.0	18.4	19.4	25.4	29.6
1967	42.0	53.4	55.0	73.0	73.6
1967	>>	>>	>>	>>	>>
1968	14.4	20.6	23.2	30.0	34.0
1969	42.6	78.0	79.2	79.6	88.6
1970	42.8	43.6	69.8	78.6	110.0
1971	26.2	40.0	51.0	51.2	51.2
1972	59.8	83.0	96.4	102.4	102.4
1973	19.8	22.4	30.4	33.0	56.6
1974	>>	>>	>>	31.2	38.6
1975	70.8	101.4	105.2	107.4	108.0
1976	34.2	49.0	82.4	104.2	108.0
1977	33.8	43.0	51.0	52.8	58.0
1978	19.0	24.2	30.6	36.4	46.8
1979	33.8	35.2	54.6	54.6	54.6
1980	20.0	41.8	45.8	46.0	46.0
1981	54.0	108.2	112.2	112.2	121.6

Stazione di:	LESINA				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1982	20.0	35.2	36.0	36.0	37.0
1983	16.0	29.6	37.6	55.0	77.4
1984	28.6	30.0	41.0	59.8	62.4
1985	18.6	23.0	31.4	38.6	48.8
1986	23.2	33.6	40.4	47.2	65.4
1987	33.0	35.4	35.4	45.4	54.2
1988	25.2	29.4	38.0	38.4	48.2
1989	35.8	36.0	37.0	42.6	61.2
1990	25.0	37.8	50.4	60.8	66.0
1991	21.6	30.4	42.0	42.6	42.6
1992	>>	>>	28.2	36.6	42.2
1993	15.4	21.6	25.4	28.4	28.4
1994	44.2	47.6	48.4	52.0	76.2
1995	>>	>>	>>	>>	64.4
1996	16.8	34.8	43.2	62.8	67.2
1997	27.8	43.0	59.8	62.6	78.2
1998	18.2	22.6	27.4	28.4	39.6
1999	18.4	24.0	26.9	30.4	33.0
2000	28.4	31.8	34.4	42.0	56.0
2001	11.8	19.0	22.4	29.2	30.6
2002	18.2	23.6	27.2	40.0	56.2
2003	47.6	83.0	88.6	98.8	106.6
2004	38.4	52.8	55.8	76.0	94.2
2005	30.6	37.2	38.4	42.4	61.8
2006	33.8	39.6	64.4	67.0	72.2
2007	13.8	19.8	23.8	34.8	45.2
2008	20.2	20.2	25.8	32.6	43.2
2009	44.2	44.6	50.6	66.6	76.8
2010	27.8	31.2	36.2	50.2	63.4

Tabella 9 : Serie degli eventi pluviometrici - stazione di Lesina.

Stazione di:	TORREMAGGIORE				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1940	18.0	18.0	31.0	31.4	53.0
1941	26.8	34.8	34.8	35.0	39.4
1942	12.4	19.2	29.4	36.2	41.0
1950	18.4	31.8	42.4	53.0	61.4
1951	18.6	26.6	40.8	44.0	44.0
1952	14.2	17.2	21.2	23.4	27.8
1953	20.2	20.2	20.2	27.6	34.6
1954	25.0	32.0	42.2	65.4	108.8

Stazione di:	TORREMAGGIORE				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1955	45.0	50.0	50.0	93.8	109.8
1956	10.0	18.8	36.4	51.2	68.4
1963	21.0	29.2	34.0	41.4	56.2
1964	25.4	31.8	37.8	41.6	46.8
1965	15.2	23.0	34.6	34.6	37.0
1966	20.4	20.4	20.4	24.2	40.6
1967	33.6	45.6	52.8	60.2	93.4
1968	26.6	34.0	42.6	44.4	51.0
1969	28.4	36.6	40.4	40.0	67.0
1970	10.2	18.8	25.6	30.2	35.0
1971	16.6	21.0	24.6	40.0	43.2
1972	30.6	31.6	44.6	53.8	64.6
1974	22.2	22.6	23.4	24.0	31.2
1975	20.2	35.0	40.2	46.4	48.6
1978	17.0	27.0	38.6	63.0	68.6
1979	>>	>>	>>	>>	>>
1980	23.0	25.0	28.2	36.2	44.8
1981	14.2	17.8	20.8	24.6	25.4
1982	14.8	25.4	27.8	27.8	29.4
1984	25.0	26.2	26.2	31.0	45.6
1985	>>	>>	33.4	51.6	62.0
1987	30.8	32.4	32.4	35.4	42.8
1988	42.4	42.6	42.6	42.6	42.6
1990	12.4	19.6	31.6	47.4	53.8
1992	>>	>>	26.2	28.8	36.0
1993	12.0	20.4	25.0	37.2	38.6
1994	17.6	19.4	21.6	29.6	39.0
1995	29.4	32.2	34.8	43.2	60.4
1996	23.4	46.8	69.4	90.0	100.4
1998	24.8	30.0	30.2	34.4	34.8
1999	53.0	63.8	64.8	64.8	78.2
2000	26.6	26.6	28.2	36.6	36.6
2001	11.8	13.0	17.4	24.2	34.6
2002	42.4	42.8	44.6	46.8	58.6
2003	21.0	26.0	40.8	51.6	64.4
2004	20.4	31.0	40.4	57.8	65.6
2005	28.4	28.4	28.4	28.4	46.0
2006	26.4	31.0	32.0	34.8	50.2
2007	>>	>>	>>	>>	>>
2008	>>	>>	>>	>>	>>
2009	>>	>>	>>	>>	>>



Stazione di:	TORREMAGGIORE				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
2010	17.2	25.8	37.0	59.6	65.4

Tabella 10 : Serie degli eventi pluviometrici – stazione di Torremaggiore.

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 <sup>n</sup> ]	n [-]
<b>1</b>	12.86	0.301
<b>5</b>	34.93	0.236
<b>10</b>	41.93	0.229
<b>20</b>	48.66	0.224
<b>30</b>	52.53	0.221
<b>50</b>	57.36	0.219
<b>100</b>	63.89	0.216
<b>200</b>	70.39	0.213
<b>500</b>	78.98	0.211

Tabella 11 : Parametri di Gumbel ottenuti per diversi tempi di ritorno – Stazione Lesina.

T [anni]	a [mm/ore <sup>n</sup> ]	n [-]
<b>1</b>	12.31	0.271
<b>5</b>	32.65	0.220
<b>10</b>	39.10	0.214
<b>20</b>	45.28	0.210
<b>30</b>	48.83	0.208
<b>50</b>	53.28	0.206
<b>100</b>	59.28	0.204
<b>200</b>	65.26	0.202
<b>500</b>	73.15	0.200

Tabella 12 : Parametri di Gumbel ottenuti per diversi tempi di ritorno – Stazione Torremaggiore.

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
<b>1</b>	12.86	17.90	22.06	27.18	33.49
<b>5</b>	34.93	45.29	53.36	62.86	74.05
<b>10</b>	41.93	53.93	63.21	74.09	86.83
<b>20</b>	48.66	62.22	72.66	84.85	99.09
<b>30</b>	52.53	66.98	78.09	91.04	106.13
<b>50</b>	57.36	72.94	84.88	98.78	114.94
<b>100</b>	63.89	80.98	94.04	109.21	126.82
<b>200</b>	70.39	88.98	103.16	119.60	138.66
<b>500</b>	78.98	99.54	115.20	133.31	154.27

Tabella 13 : Distribuzione probabilistica: GUMBEL - Altezze di pioggia (mm) -- Stazione Lesina.

Tr anni	h				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
<b>1</b>	12.31	16.58	20.01	24.15	29.14
<b>5</b>	32.65	41.57	48.41	56.37	65.65
<b>10</b>	39.10	49.46	57.37	66.54	77.18
<b>20</b>	45.28	57.02	65.96	76.29	88.24
<b>30</b>	48.83	61.38	70.90	81.90	94.60
<b>50</b>	53.28	66.82	77.07	88.91	102.56
<b>100</b>	59.28	74.16	85.41	98.36	113.28
<b>200</b>	65.26	81.47	93.71	107.78	123.97
<b>500</b>	73.15	91.11	104.65	120.21	138.07

Tabella 14 : Distribuzione probabilistica: GUMBEL - Altezze di pioggia (mm) -- Stazione Torremaggiore.

In (Figura 12) si è riportata la rappresentazione grafica delle curve di possibilità climatica.

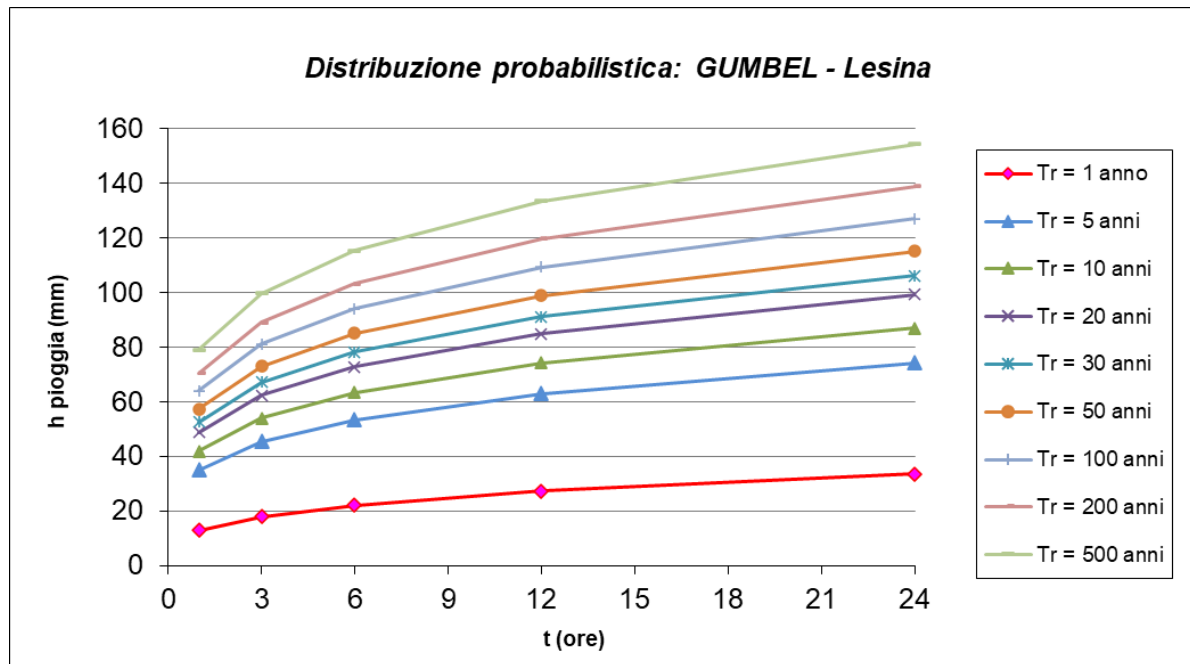


Figura 12: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL-- Stazione Lesina.

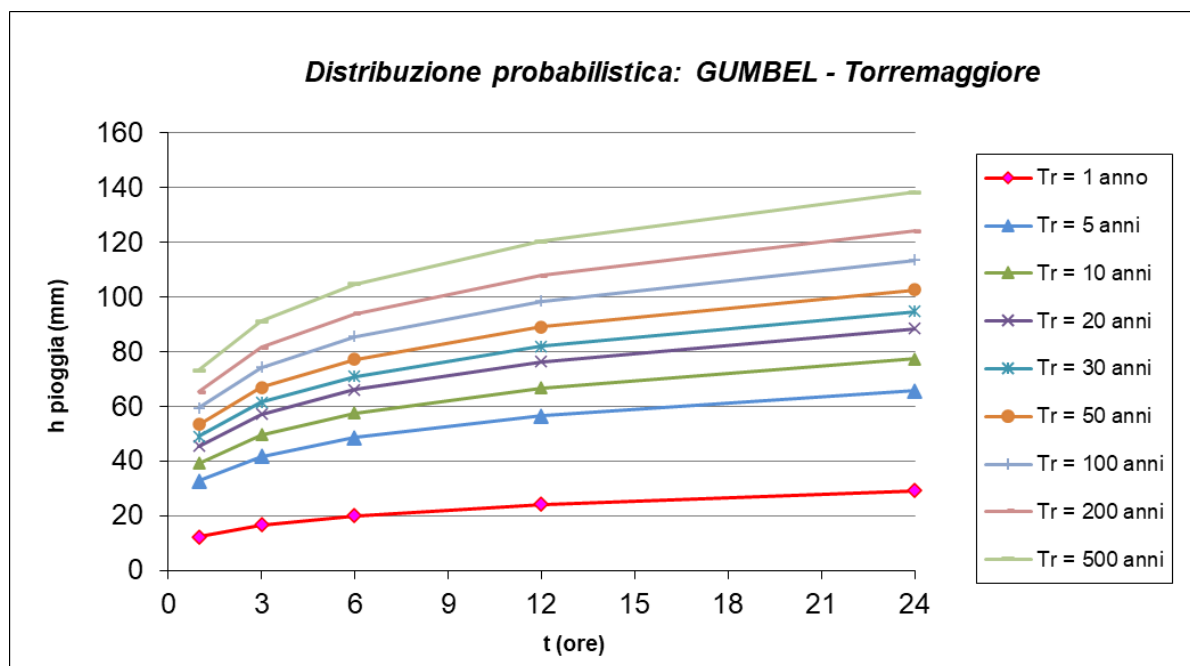


Figura 13: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL- Stazione Torremaggiore.

Si osservi come le altezze di pioggia ricavate utilizzando la stazione pluviometrica di Lesina risultino sempre più elevate di quelle derivate dall'utilizzo della stazione di Torremaggiore. A seguito di ciò nel paragrafo successivo si effettuerà il confronto delle altezze considerando le curve di probabilità pluviometrica costruite con la stazione di Lesina.

## 5 CONCLUSIONI

Nella Tabella 15 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
<b>1</b>	12.86	<b>20.52</b>	17.90	<b>27.71</b>	22.06	<b>33.49</b>	27.18	<b>40.47</b>	33.49	<b>48.91</b>
<b>5</b>	34.93	<b>35.33</b>	45.29	<b>47.70</b>	53.36	<b>57.65</b>	62.86	<b>69.67</b>	74.05	<b>84.20</b>
<b>10</b>	41.93	<b>43.57</b>	53.93	<b>58.83</b>	63.21	<b>71.10</b>	74.09	<b>85.92</b>	86.83	<b>103.84</b>
<b>20</b>	48.66	<b>51.82</b>	62.22	<b>69.96</b>	72.66	<b>84.55</b>	84.85	<b>102.18</b>	99.09	<b>123.49</b>
<b>30</b>	52.53	<b>56.64</b>	66.98	<b>76.47</b>	78.09	<b>92.42</b>	91.04	<b>111.69</b>	106.13	<b>134.98</b>
<b>50</b>	57.36	<b>62.72</b>	72.94	<b>84.68</b>	84.88	<b>102.33</b>	98.78	<b>123.67</b>	114.94	<b>149.46</b>
<b>100</b>	63.89	<b>70.96</b>	80.98	<b>95.81</b>	94.04	<b>115.78</b>	109.21	<b>139.93</b>	126.82	<b>169.11</b>
<b>200</b>	70.39	<b>79.20</b>	88.98	<b>106.94</b>	103.16	<b>129.24</b>	119.60	<b>156.19</b>	138.66	<b>188.76</b>
<b>500</b>	78.98	<b>90.10</b>	99.54	<b>121.65</b>	115.20	<b>147.02</b>	133.31	<b>177.68</b>	154.27	<b>214.73</b>

Tabella 15 : 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

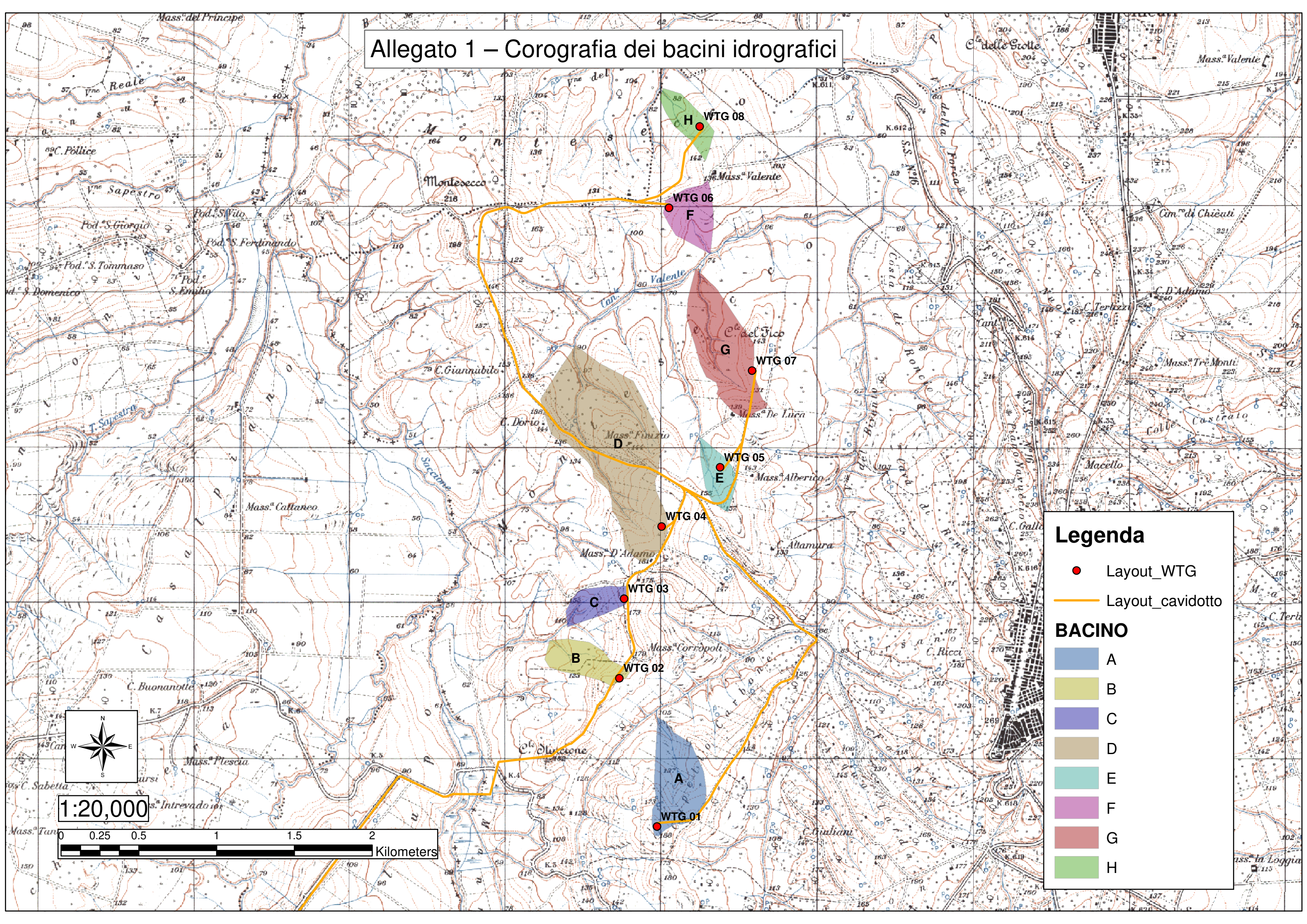
Si osservi come **le altezze di pioggia ricavate utilizzando la metodologia VAPI risultino sempre più elevate di quelle derivate dall'utilizzo della distribuzione probabilistica di Gumbel**. A seguito di ciò nei calcoli idraulici (cfr. relazione Idraulica), si è fatto riferimento alle portate ricavate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



## **6 ALLEGATO 1 – COROGRAFIA DEI BACINI IDROGRAFICI**



# Allegato 1 – Corografia dei bacini idrografici

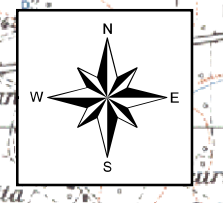


**Legenda**

- Layout\_WTG
- Layout\_cavidotto

**BACINO**

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H



1:20,000

