

# TORRE GIULIA WIND S.r.l.

Corso Venezia 37 – 20121 Milano (MI)

## PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) IN LOCALITA' "TORRE GIULIA"



### Tecnico

ing. Danilo Pomponio

Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

**AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE**  
**UNI EN ISO 9001:2015**  
**UNI EN ISO 14001:2015**  
**OHSAS 18001:2007**  
**CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**

### Collaborazioni

ing. Milena Miglionico  
ing. Antonio Crisafulli  
ing. Tommaso Mancini  
ing. Giovanna Scuderi  
ing. Dionisio Staffieri  
ing. Giuseppe Federico Zingarelli  
geom. Francesco Mangino  
geom. Claudio A. Zingarelli



### Responsabile Commessa

ing. Danilo Pomponio

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
<b>V22</b>	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	<b>19045</b>	<b>P</b>		
		CODICE ELABORATO			
		<b>DC19045D-V22</b>			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
<b>00</b>		-	-		
		NOME FILE	PAGINE		
		<b>DC119045D-C07.doc</b>	<b>1 + copertina</b>		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	30/05/19	Emissione	Staffieri	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

## **INDICE**

1. PREMESSA .....	1
2. STUDIO IDROLOGICO .....	2
3. STUDIO IDROLOGICO CON METODO RAZIONALE .....	3
4. CONCLUSIONI .....	12



## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica è relativa alla redazione del: *"Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico nel comune di Cerignola (FG) In Località "Torre Giulia"*.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 13 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,2 MW per una potenza complessiva di 54,60 MW, da realizzarsi nella Provincia di Foggia, nel territorio comunale di Cerignola, mentre le parte delle opere di connessione e la Sottostazione Elettrica ricadono nel territorio di Stornara, nel rispetto della normativa tecnica delle costruzioni ovvero il D.M. 17/01/2018.

La relazione idrologica è redatta in conformità ai criteri dettati dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia, istituita con L. R. n. 19 del 9 dicembre 2002, la quale ha approvato il Piano di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), di cui alla Legge 183/89, il 30 novembre 2005.

In essa viene condotto lo studio idrologico dell'area di interesse necessario a definire le portate di piena transanti nei canali, per un tempo di ritorno di 200 anni.

In Figura 1 è riportato un inquadramento territoriale dell'area interessata dal parco eolico oggetto del presente studio.

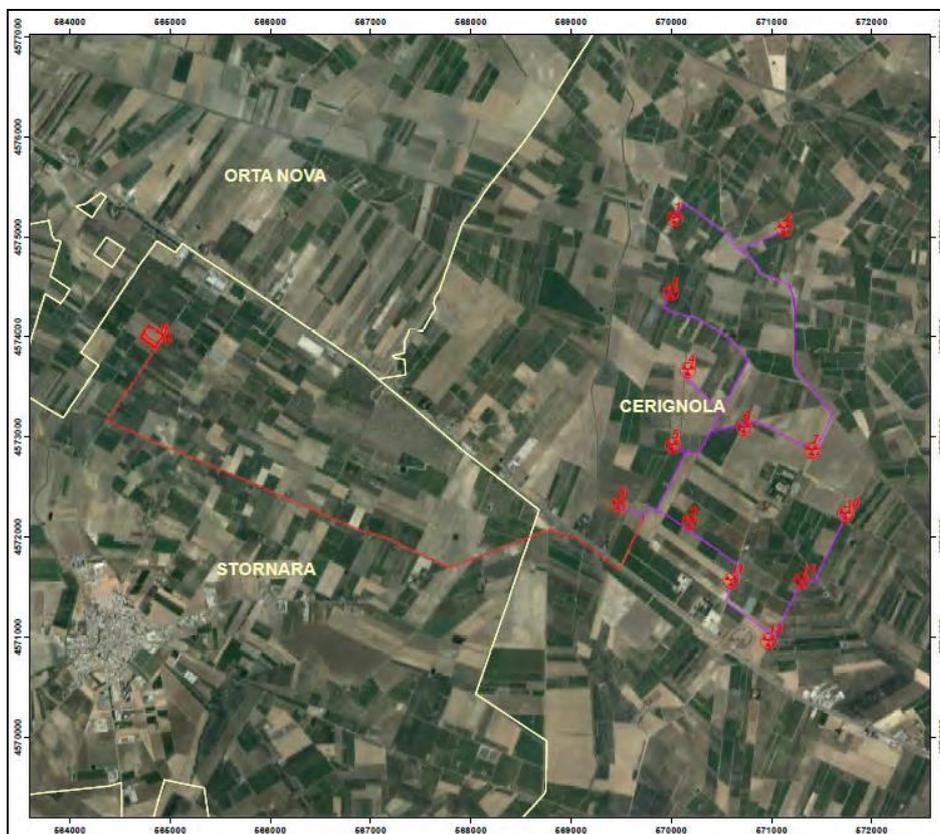


Figura 1. Inquadramento territoriale



## 2. STUDIO IDROLOGICO

È stato condotto uno studio idrologico a livello di bacino, per la determinazione delle portate attese, per un tempo di ritorno di 200 anni, utilizzando le teorie ritenute più idonee in rapporto alle estensioni dei bacini.

Tale studi sono stati seguiti dalle modellazioni e valutazioni idrauliche dei rami di rete idrografica potenzialmente soggette a criticità (terza fase), ed il tutto è stato svolto in condizioni di moto permanente.

Per lo svolgimento della modellazione idraulica è stato utilizzato il software HEC- RAS River Analysis System. Le verifiche sono state condotte lungo tratti d'asta avente lunghezza giudicata sufficiente e tale da non far risentire gli effetti delle condizioni al contorno imposte, nelle sezioni di interesse. Ciò al fine di giudicare la compatibilità o le interferenze degli interventi previsti. Sono stati infine individuati gli elementi e le aree vulnerabili.

Si è quindi proceduto alla redazione degli studi idrologici individuando i bacini significativi, per la determinazione delle portate attese con il tempo di ritorno di 200 anni.

In tutto sono stati individuati 4 tra bacini idrografici. Si è utilizzato il Metodo Razionale, per gli affluenti minori del Torrente Marana Castello e Fossa della Pila, di dimensioni inferiori ai 20 km<sup>2</sup> si è calcolato il tempo di corrivazione con le Formula di Pezzoli e Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli. Per l'affluente del Canale la Pidocchiosa e per il Torrente Marana Castello, di dimensioni comprese tra circa 40 e 90 km<sup>2</sup>, il tempo di corrivazione è stato calcolato con la formula di Puglisi.

Per la definizione della curva di probabilità pluviometrica, è stata utilizzata la distribuzione di Gumbel partendo dalle serie dei dati di pioggia riportati negli annali idrologici e riferiti alla stazione pluviometrica di Cerignola, registrati nel periodo 1932-2012, per un totale di 72 osservazioni.

Per i bacini analizzati non esistono nelle sezioni terminali delle stazioni di misura idrometrica, quindi viene necessariamente utilizzato un modello indiretto per la stima della valutazione della piena media annua.



### 3. STUDIO IDROLOGICO CON METODO RAZIONALE

Per quanto riguarda il Metodo Razionale, esso è semplicemente una formula che sotto determinate ipotesi permette di calcolare la massima portata che una data pioggia determinerà, per un dato bacino idrologico, in una sezione idraulica di controllo. Avendo cura di scegliere l'evento di pioggia critica (più pericolosa) per un dato bacino, il metodo consente allora di stimarne la portata critica di deflusso (massima portata di deflusso dal bacino). Questo approccio al problema dà risultati tecnicamente soddisfacenti nel caso di canali di lunghezza modesta, per i quali possa ritenersi trascurabile l'effetto invaso del collettore/canale medesimo. Tale metodo esprime la convinzione che la massima portata defluente dalla sezione di sbocco del bacino sia una parte della pioggia caduta su tutta l'area del bacino in un certo tempo (Rossi, Villani, 1994). Alla base di tale metodologia è l'assunzione di una pioggia costante nel tempo ed uniforme nello spazio avente una durata pari ad un valore critico per il bacino, a cui consegue un idrogramma di piena standard di forma triangolare con base pari a due volte la durata della pioggia.

Si riportano i dati storici delle precipitazioni di massima intensità di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore, rilevati presso la stazione di misura di Cerignola, nel periodo 1932-2012 per un totale di 72 osservazioni:

<b>DATI PLUVIOGRAFICI</b>					
(Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive)					
<b>ANNO</b>	<b>t = 1 ora</b>	<b>t = 3 ore</b>	<b>t = 6 ore</b>	<b>t = 12 ore</b>	<b>t = 24 ore</b>
	<b>h (mm)</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
1932	9.4	13.0	21.0	24.2	27.8
1933	21.8	27.2	28.6	34.4	42.2
1937	15.4	27.4	30.0	44.6	59.8
1938	21.6	22.2	26.2	46.0	79.0
1939	32.2	38.8	56.0	65.0	81.4
1940	29.4	48.2	55.8	63.4	64.2
1941	14.6	16.4	23.4	32.4	61.8
1942	15.6	15.8	15.8	24.6	45.8
1944	18.0	23.2	33.2	53.2	72.6
1945	20.0	22.8	39.8	41.6	42.2



1946	10.6	16.0	24.8	36.0	37.0
1947	23.0	35.4	35.4	35.4	35.4
1948	13.6	22.8	28.2	37.0	46.0
1950	15.2	17.0	22.0	24.2	39.4
1951	29.8	31.0	54.4	55.6	56.0
1952	43.0	60.6	61.4	68.4	123.2
1953	50.0	54.4	59.6	59.6	59.6
1954	22.0	30.0	45.6	65.4	76.4
1955	29.0	43.4	63.2	96.0	117.6
1956	11.6	17.2	24.6	33.2	58.8
1957	11.8	21.0	30.0	33.8	43.0
1958	35.4	44.0	44.2	45.8	57.0
1959	20.0	31.0	35.0	60.0	81.4
1960	9.0	11.6	16.8	21.6	42.4
1961	15.6	19.6	22.0	24.2	35.0
1963	27.0	27.4	28.6	48.0	56.0
1964	24.8	27.6	28.0	31.2	36.8
1965	24.4	25.2	29.2	29.6	33.2
1966	17.8	23.2	23.2	26.6	28.0
1967	26.0	34.0	34.4	34.4	45.6
1968	23.0	29.0	36.8	36.8	39.0
1969	40.0	44.2	60.4	60.4	69.2
1970	28.2	43.8	79.6	107.8	118.2
1971	21.0	38.0	54.8	72.0	95.8
1972	39.4	41.0	43.2	43.4	70.2
1973	34.0	36.8	44.0	59.0	68.2
1974	11.4	18.2	20.8	28.8	28.8
1975	21.0	28.8	37.8	41.8	47.6
1976	47.6	57.0	57.0	57.2	57.6
1977	17.0	27.4	34.4	34.8	34.8
1978	14.2	21.0	21.4	34.4	25.2
1979	14.6	20.6	30.0	38.0	58.2
1981	10.4	15.2	17.0	22.0	27.4
1982	20.0	29.0	38.0	41.0	43.2
1983	21.0	28.6	38.6	73.6	86.0
1984	16.4	21.2	21.4	27.6	34.0
1985	19.8	21.6	28.4	44.4	53.8



1986	38.0	46.2	57.2	70.0	70.0
1987	14.8	21.8	25.2	44.6	50.0
1988	23.8	30.8	42.2	53.0	59.4
1989	29.4	42.2	43.4	43.4	63.4
1990	21.2	33.0	41.6	49.4	60.0
1991	19.0	24.2	25.4	32.8	49.0
1992	14.0	27.6	37.0	62.6	65.6
1993	19.6	34.8	41.0	45.2	48.4
1994	16.2	17.2	20.8	24.6	30.0
1995	62.2	70.2	71.4	71.4	71.4
1996	15.2	21.4	26.6	32.6	35.6
1998	13.0	17.0	25.4	35.4	42.4
1999	32.6	40.2	40.4	43.2	43.4
2000	23.4	32.8	38.0	48.2	48.6
2001	25.4	28.0	34.6	41.2	47.2
2002	37.8	39.4	39.8	42.2	46.0
2003	12.2	18.0	29.8	44.8	57.0
2004	24.8	29.4	29.6	30.2	40.6
2005	18.0	18.2	18.2	26.6	42.6
2006	22.6	25.0	27.8	49.6	72.0
2008	20.6	40.4	53.4	53.6	58.0
2009	16.2	17.4	19.6	29.8	39.8
2010	28.2	34.6	58.0	67.2	83.4
2011	41.8	52.6	55.6	62.4	72.8
2012	11.6	19.6	23.8	38.4	52.8



Si riportano ora i dati statistici ottenuti dalla distribuzione di Gumbel, le altezze massime di pioggia regolarizzate e, le leggi di pioggia per vari tempi di ritorno:

## ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI

### Metodo di Gumbel

**Tabella 1** - Valori per ciascuna durata  $t$ , della media  $\mu(h_t)$ , dello scarto quadratico medio  $\sigma(h_t)$  e dei due parametri  $\alpha_t$  e  $u_t$  della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	40	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		23.03	29.87	36.53	45.29	55.43
$\sigma(h_t)$		110.56	146.97	208.46	291.08	439.54
$\alpha_t = 1,283 / \sigma(h_t)$		0.1220	0.1058	0.0888	0.0752	0.0612
$u_t = \mu(h_t) - 0.45 \sigma(h_t)$		18.2969	24.4145	30.0250	37.6080	45.9949

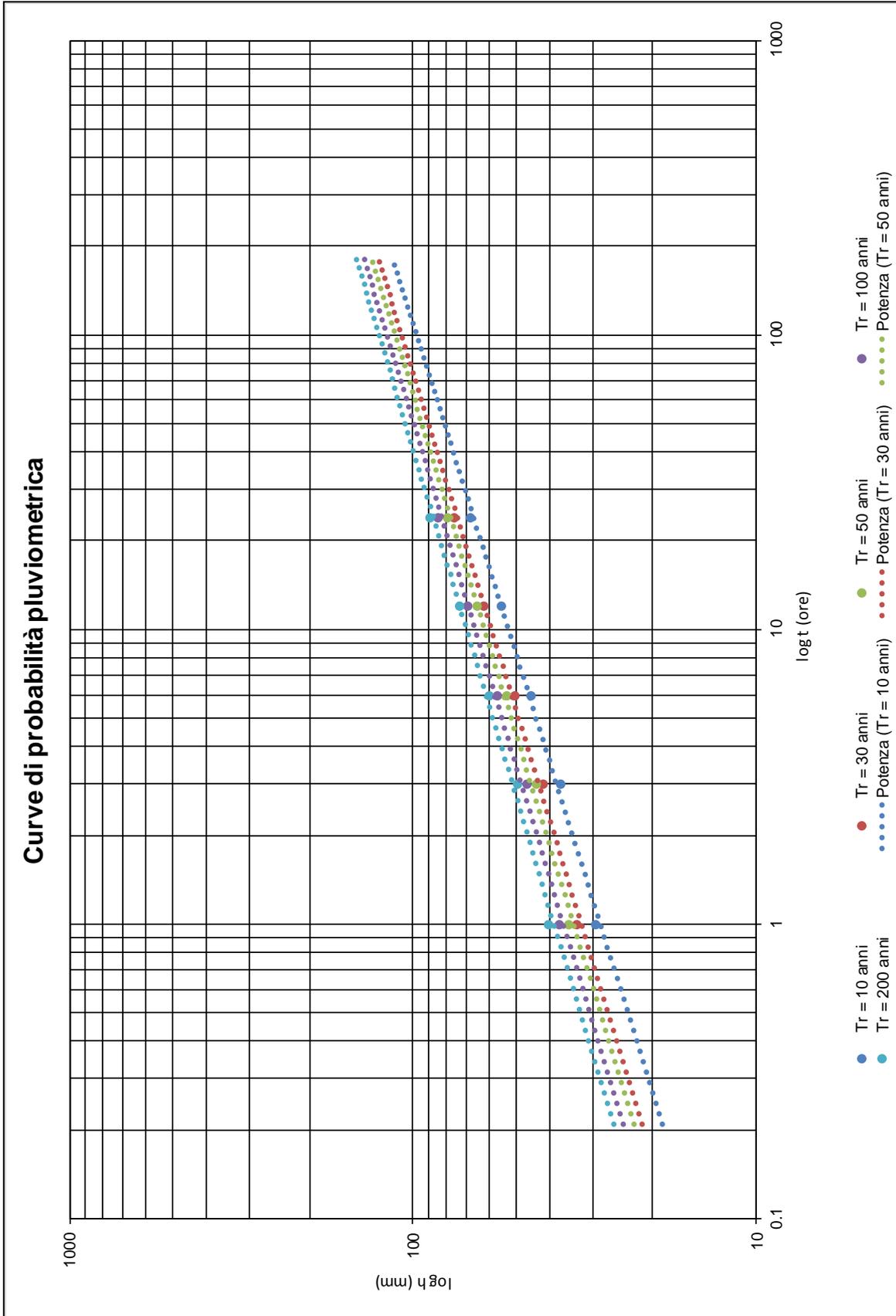
**Tabella 2** - Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{max} =$	29.2787	37.0761	45.1046	55.4272	67.8916
30 anni	$h_{max} =$	33.3160	41.7310	50.6483	61.9781	75.9415
50 anni	$h_{max} =$	35.1591	43.8560	53.1791	64.9687	79.6164
100 anni	$h_{max} =$	37.6450	46.7222	56.5926	69.0024	84.5731
200 anni	$h_{max} =$	40.1219	49.5779	59.9937	73.0214	89.5117

**Tabella 3** – Legge di pioggia

Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$
10 anni	$h = 28.486 \times t^{0.2671}$
30 anni	$h = 32.335 \times t^{0.2671}$
50 anni	$h = 34.093 \times t^{0.2596}$
100 anni	$h = 36.463 \times t^{0.257}$
200 anni	$h = 38.825 \times t^{0.2548}$

Curve di probabilità pluviometrica:





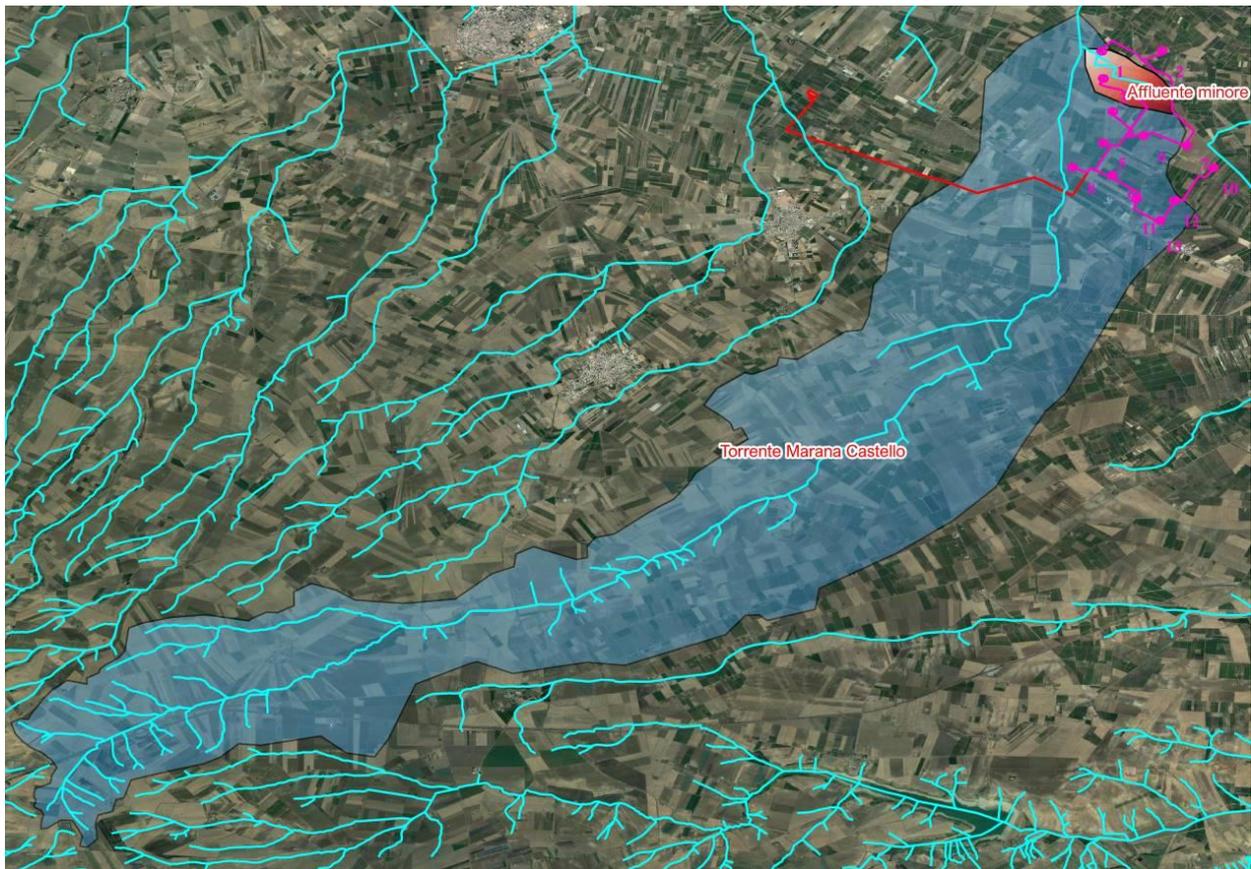
Si ricava ora la portata avente tempo di ritorno 200 anni per ciascun bacino analizzato:

### Torrente Marana Castello

- Lunghezza dell'asta:  $L = 30.09 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 87.71 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.015$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$
- Quota massima del bacino:  $H_{\max} = 392 \text{ m}$
- Quota minima alla sezione di chiusura del bacino:  $H_{\min} = 56 \text{ m}$
- Tempo di corrivazione secondo la formula di Puglisi:  
 $t_c = 6 * L^{2/3} * (H_{\max} - H_{\min})^{-1/3} = 6 * 30.09^{2/3} * (392 - 56)^{-1/3} = 8.35 \text{ h}$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:  
 $h_{200} = 38.825 * t_c^{0.2548} = 66.67 \text{ mm}$
- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:  
 $m(Q_{200}) = C^* * K_a * h_{200} * A / (3.6 * t_c) = 0.4 * 1 * 66.67 * 87.71 / (3.6 * 8.35) = 77.82 \text{ m}^3/\text{s}$



**Figura 2.** Torrente Marana Castello

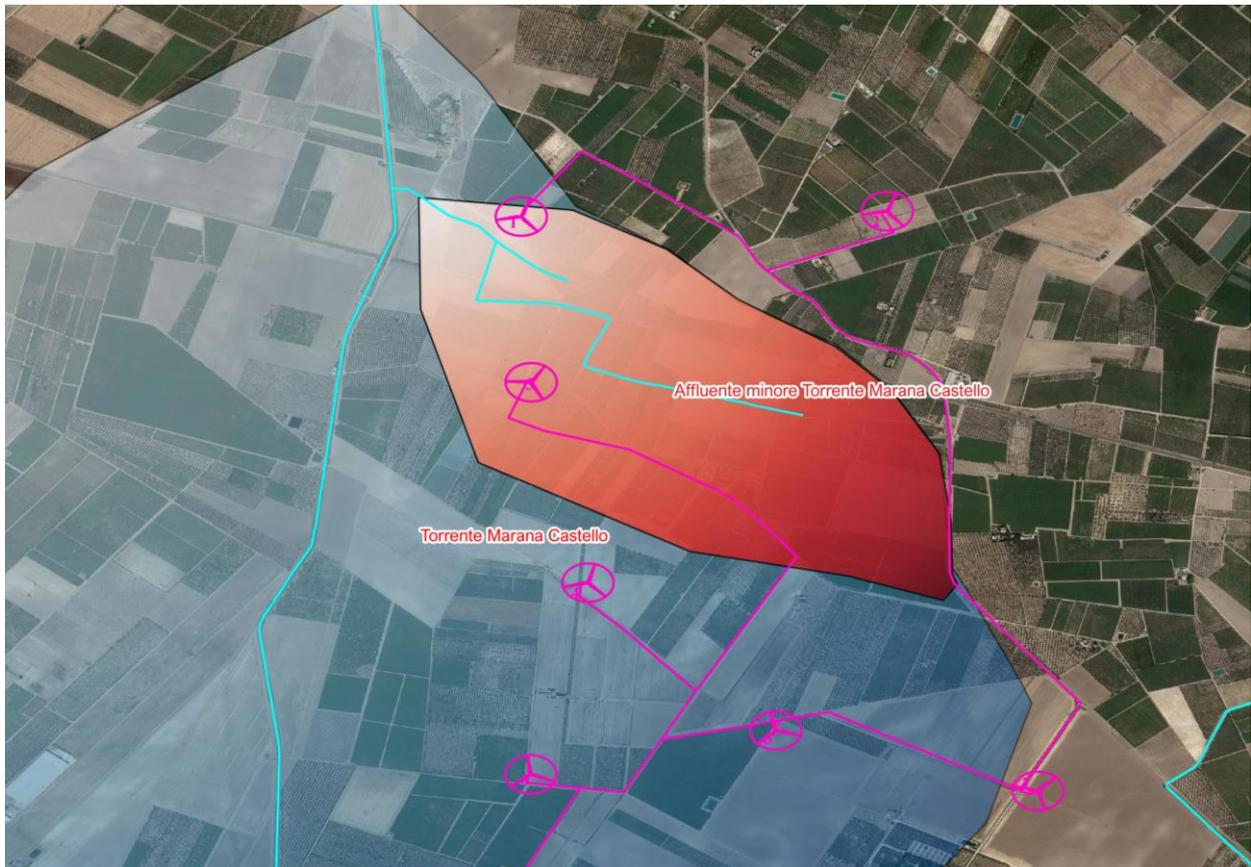


### Affluente minore Torrente Marana Castello

- Lunghezza dell'asta:  $L = 1.88 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 1.96 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.01$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$
- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:  
 $t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(1.88/\sqrt{0.01}) = 1.03 \text{ h}$
- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:  
 $t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(1.88*10/\sqrt{0.01})^{0.8}] / 0.60 = 0.97 \text{ h}$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:  
 $h_{200} = 38.825 \times t_c^{0.2548} = 38.55 \text{ mm}$
- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:  
 $m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200} A / (3.6 t_c) = 0.4 * 1 * 38.55 * 1.96 / (3.6 * 0.97) = 8.64 \text{ m}^3/\text{s}$



**Figura 3.** Affluente minore Torrente Marana Castello

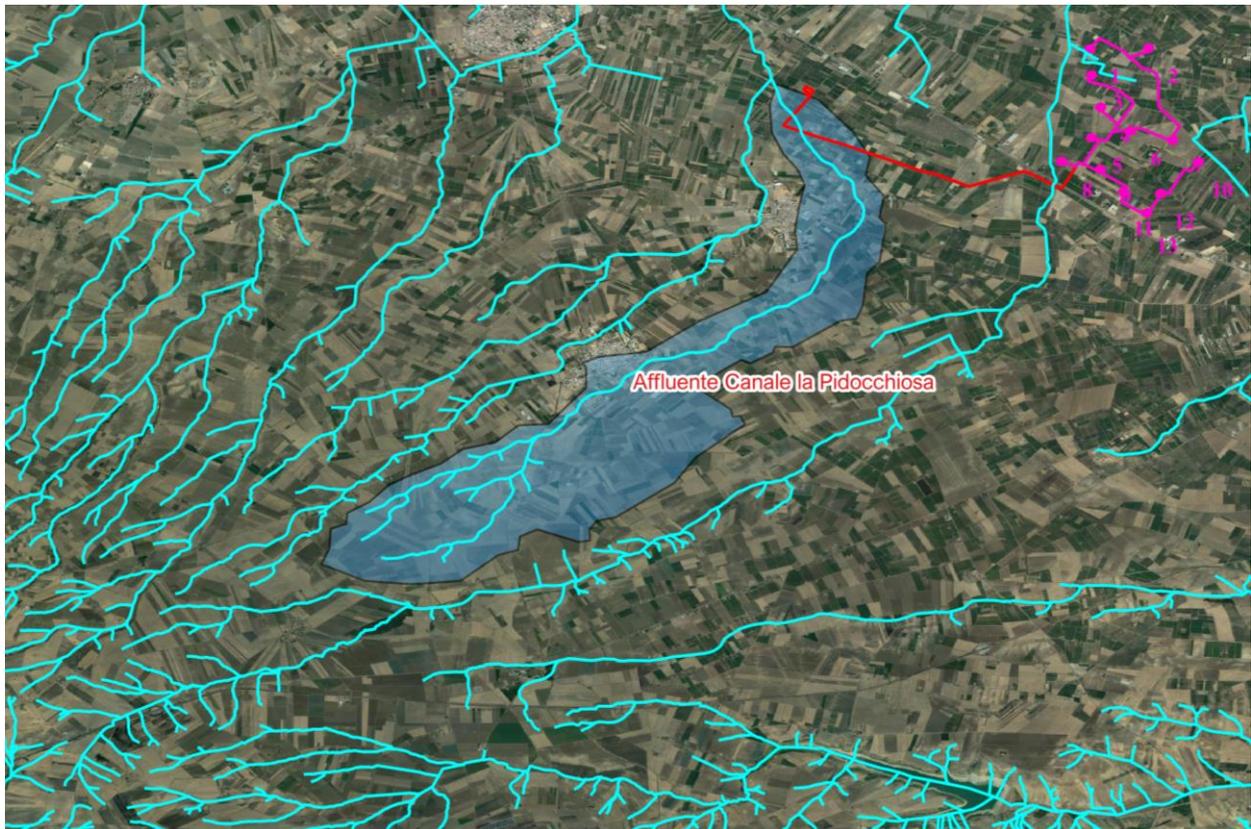


### Affluente Canale la Pidocchiosa

- Lunghezza dell'asta:  $L = 17.15 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 41.97 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.014$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$
- Quota massima del bacino:  $H_{\max} = 232 \text{ m}$
- Quota minima alla sezione di chiusura del bacino:  $H_{\min} = 77 \text{ m}$
- Tempo di corrivazione secondo la formula di Puglisi:  
 $t_c = 6 * L^{2/3} * (H_{\max} - H_{\min})^{-1/3} = 6 * 17.15^{2/3} * (232 - 77)^{-1/3} = 7.43 \text{ h}$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $tr = 200$  anni:  
 $h_{200} = 38.825 * t_c^{0.2548} = 64.72 \text{ mm}$
- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:  
 $m(Q_{200}) = C^* K_a * h_{200} * A / (3.6 * t_c) = 0.4 * 1 * 64.72 * 41.97 / (3.6 * 7.43) = 40.63 \text{ m}^3/\text{s}$



**Figura 4.** Affluente Canale la Pidocchiosa

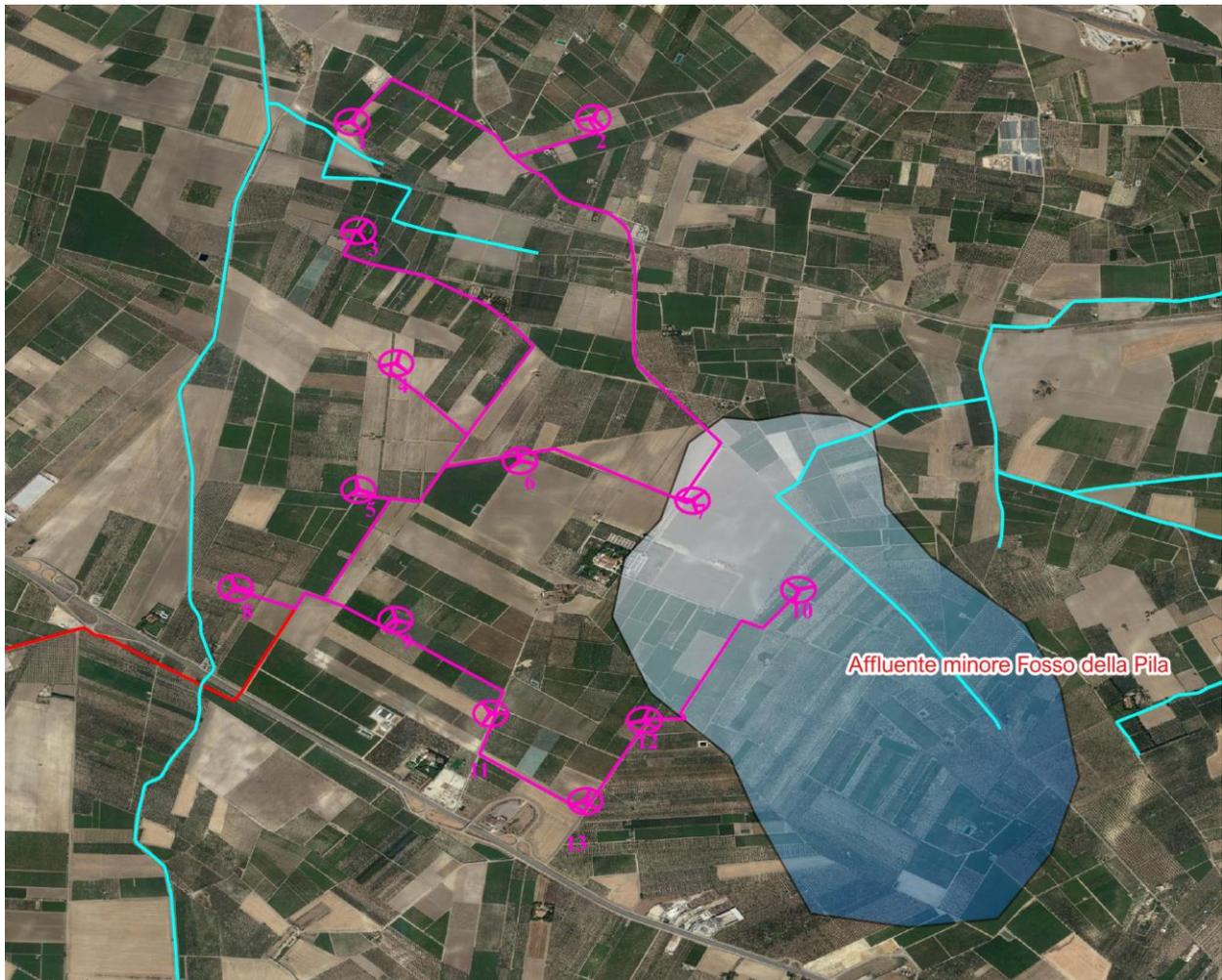


### Affluente minore Fossa della Pila

- Lunghezza dell'asta:  $L = 2.65 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 5.35 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.015$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$
- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:  
 $t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(2.65/\sqrt{0.015}) = 1.19 \text{ h}$
- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:  
 $t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(2.65*10/\sqrt{0.015})^{0.8}] / 0.60 = 1.09 \text{ h}$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:  
 $h_{200} = 38.825 \times t_c^{0.2548} = 40.29 \text{ mm}$
- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:  
 $m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200} A / (3.6 t_c) = 0.4 * 1 * 40.29 * 5.35 / (3.6 * 1.16) = 21.68 \text{ m}^3/\text{s}$



**Figura 5.** Affluente minore Fossa della Pila



Di seguito si riporta una tabella di riepilogo contenente le caratteristiche geomorfologiche dei bacini scolanti degli impluvi oggetto di studio.

**Tabella 4** – Caratteristiche geomorfologiche dei bacini scolanti degli impluvi oggetto di studio

Sez.	Bacino	A (Km <sup>2</sup> )	L (Km)	i <sub>a</sub>	m(Q <sub>200</sub> ) (m <sup>3</sup> /s)
1	Torrente Marana Castello	87.71	30.09	0.015	77.82
2	Affluente minore Torrente Marana Castello	1.96	1.88	0.010	8.64
3	Affluente Canale la Pidocchiosa	41.97	17.15	0.014	40.63
4	Affluente minore Fossa della Pila	5.35	2.65	0.015	21.68

#### 4. CONCLUSIONI

Sulla base delle portate di piena transitanti nei canali, per un tempo di ritorno di 200 anni, definite nel presente studio idrologico sono state seguite dalle modellazioni e valutazioni idrauliche dei rami di rete idrografica potenzialmente soggette a criticità, ed il tutto è stato svolto in condizioni di moto stazionario e non stazionario per i tratti caratterizzati da esondazione. Per lo svolgimento della modellazione idraulica è stato utilizzato il software HEC- RAS River Analysis System.

I risultati dello studio idraulico sono descritti nell'elaborato **V-23**.