



REGIONE  
CALABRIA



PROVINCIA DI  
CATANZARO



COMUNE DI  
SIMERI CRICHI



COMUNE DI  
CATANZARO

## PROGETTO DEFINITIVO

Progetto definitivo per la realizzazione del parco eolico "ROCCANI" e relative opere connesse nei comuni di SIMERI CRICHI (CZ) e CATANZARO

Titolo elaborato

### Relazione idrologica e idraulica

Codice elaborato

OW320190200201BW1GL9401

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

### Progettazione



#### F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza  
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452  
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico  
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

dott.for. Luigi ZUCCARO  
ing. Alessandro Carmine DE PAOLA  
ing. Giuseppe MANZI  
ing. Mariagrazia PIETRAFESA  
arch. Gaia TELESCA  
ing. Flavio Gerardo TRIANI  
ing. Manuela NARDOZZA  
ing. Luca FRESCURA  
ing. Denise TELESCA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

#### ARCHEOLOGIA

##### Paropos soc. coop.

Via G. Pecori Giraldi Maresciallo 16  
90123 Palermo  
www.paporos.com  
muratore@pec.paporos.com

#### TOPOGRAFIA

##### Arch. Rocco CRISTOFARO

Via Senatore Todaro 92  
88020 Cortale (CZ)  
rocco.cristofaro@csassociati.eu  
rocco.cristofaro@archiworldpec.it

#### GEOLOGIA

##### Geol. Pasquale GRECO

Via Chiusi 37  
87044 Cosenza  
pasquale.greco@gmail.com  
pgreco64@epap.sicurezza postale.it

### Committente



#### EDPR SUD ITALIA S.r.l.

Via Lepetit 8/10  
20124 - Milano

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Aprile 2022	Prima emissione	MNA	GDS	GMA

## Sommario

### Relazione idrologica e idraulica

<b>Relazione idrologica e idraulica</b>	<b>3</b>
<b>1 Premessa</b>	<b>4</b>
<b>2 Interventi in progetto</b>	<b>5</b>
<b>3 Analisi idrologica</b>	<b>6</b>
3.1 Bacini idrografici	6
3.2 Fattore di crescita	7
3.3 Tempo di corrivazione	9
3.4 Portate al colmo di piena	9
<b>4 Analisi idraulica</b>	<b>13</b>
4.1 Geometria del modello idrodinamico	13
4.2 Portate di piena	14
4.3 Condizioni al contorno	14
4.4 Parametri di scabrezza	14
<b>5 Analisi idraulica semplificata</b>	<b>15</b>
<b>6 Conclusioni</b>	<b>17</b>

## Relazione idrologica e idraulica

## 1 Premessa

La presente relazione idrologica e idraulica costituisce parte integrante del progetto definitivo relativo alla realizzazione del parco eolico “Roccani” e relative opere di connessione nel comune di Simeri Crichi (CZ) e Catanzaro. Il parco in oggetto sarà costituito da 6 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 36,0 MW.

In particolare, Simeri Crichi sarà interessato dall’installazione dei sei aerogeneratori mentre il tracciato del cavidotto di collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) e le altre opere connesse interesseranno oltre al comune citato, anche il territorio comunale di Catanzaro. Il tracciato dell’elettrodotto seguirà prevalentemente la viabilità esistente.

La società proponente rappresenta uno dei principali operatori in Italia e all'estero nel settore dell'energia, particolarmente impegnato nel campo dell'energia derivante da fonte eolica. In particolare, EDPR è un leader globale nel settore delle energie rinnovabili e rappresenta il quarto produttore al mondo di energia eolica.

Le opere in progetto, in particolare, ricadono in prossimità degli impluvi denominati Fosso di Fegato e del Fiume Alli, esenti da perimetrazione della pericolosità idraulica ai sensi del PAI vigente.

Tale studio si rende però necessario al fine di valutare la profondità di posa del cavidotto nei tratti di interferenza con gli affluenti dei fiumi sopra citati.

Le analisi idrologiche, illustrate in dettaglio nel seguito, sono state condotte mediante l’utilizzo del metodo VAPI Calabria (come previsto all’interno del citato PAI) al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Inoltre, è stata effettuata un’analisi idraulica semplificata basata su una verifica di erosione che ha determinato la profondità massima di escavazione della corrente in piena mediante l’utilizzo del modello HEC-RAS dello *Us Army Corps of Engineers*.

Nella figura seguente si riporta una planimetria dell’area di interesse su base IGM in scala 1: 25.000.

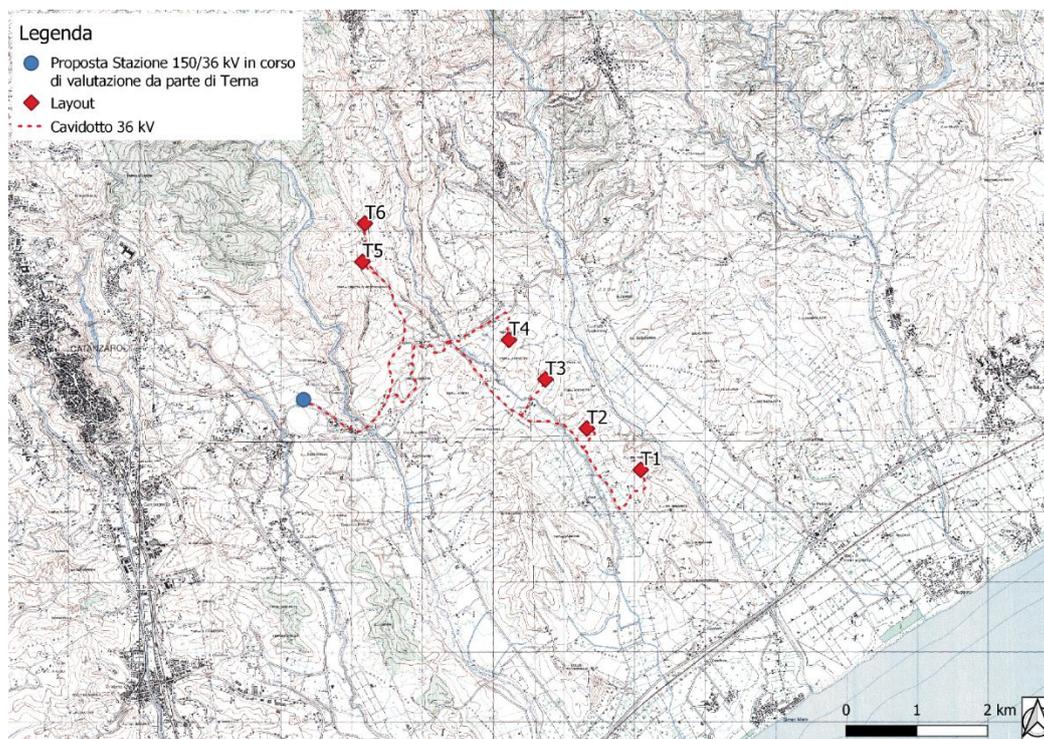


Figura 1: Inquadramento dell’area di interesse su base IGM

## 2 Interventi in progetto

Come anticipato in premessa, il parco eolico in progetto è costituito da una serie di interventi descritti negli elaborati tecnici del presente progetto.

Il cavidotto in oggetto, tuttavia, presenta alcune interferenze con il reticolo idrografico. Per le interferenze con il cavidotto, identificate nella figura seguente, è stata predisposta un’analisi idraulica “semplificata”, preceduta da una idraulica in moto permanente, mediante l’utilizzo del modello monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*, con lo scopo di determinare le caratteristiche idrodinamiche necessarie per la valutazione della massima profondità di erosione.

**L’analisi idraulica semplificata** è rivolta infatti principalmente ai punti di intersezione degli impluvi esistenti con i cavidotti in caso di assenza di un attraversamento esistente o di un attraversamento non asfaltato ed è caratterizzata dalle seguenti fasi:

AS1) analisi idrologica in base al metodo VAPI Calabria;

AS2) **verifica di erosione dell’intersezione a guado** finalizzata alla profondità di posa in opera del cavidotto in progetto.

Il cavidotto in progetto verrà quindi posizionato ad una profondità pari a quella massima di escavazione più un franco di sicurezza di almeno 1,00 m, dato che verrà dettagliato in fase esecutiva in funzione delle caratteristiche della sezione in oggetto.

Per le ulteriori interferenze con il reticolo idrografico in prossimità di attraversamenti fluviali, invece, verranno predisposte tecniche di ancoraggio agli attraversamenti stessi, pertanto non necessitano di analisi idrauliche. Si riporta di seguito una mappa con le interferenze individuate.

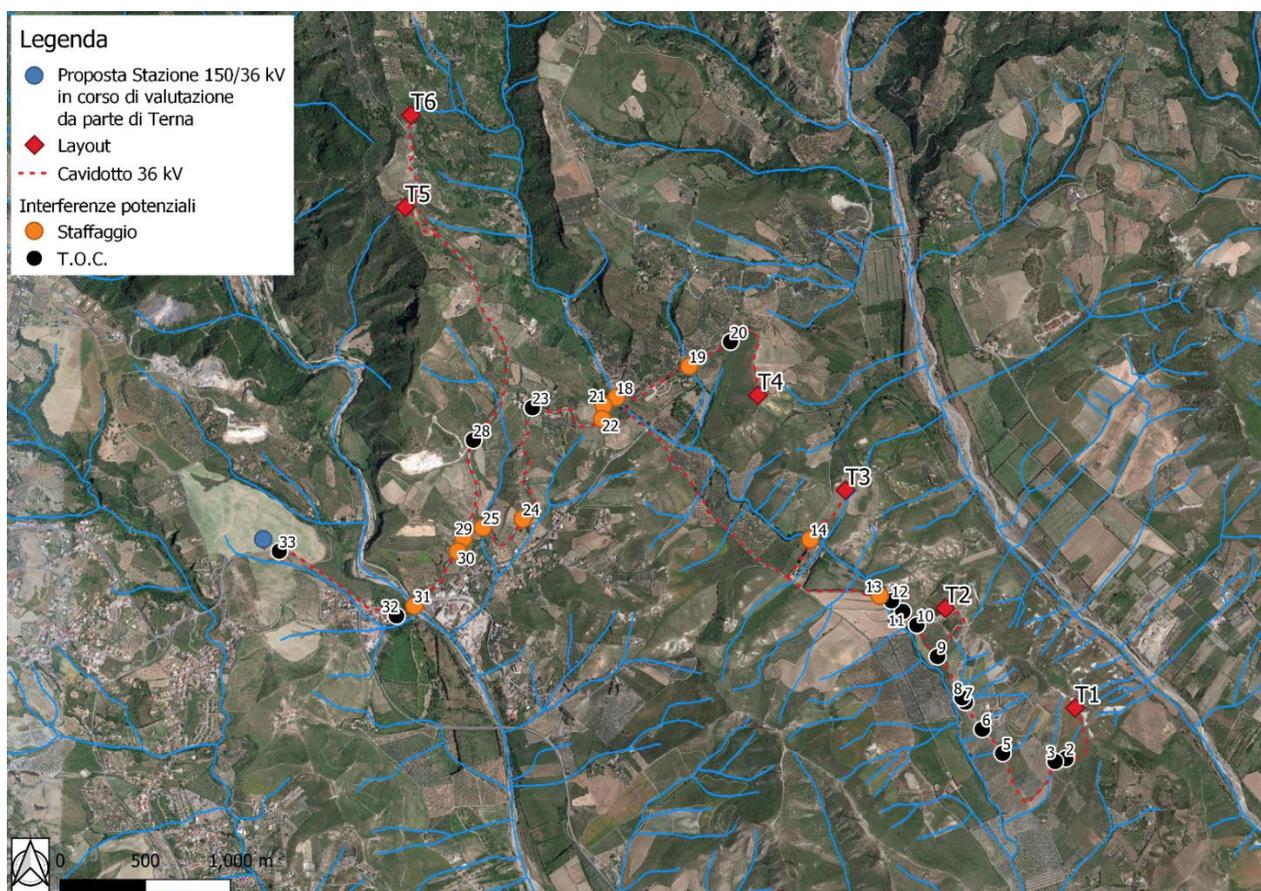


Figura 2: Planimetria con individuazione delle interferenze

### 3 Analisi idrologica

Nella presente analisi idrologica sono state determinate le portate al colmo di piena mediante l'utilizzo del metodo VAPI Calabria come illustrato all'interno della Relazione di Piano del PAI, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (UoM Regionale Calabria e interregionale Lao).

Per tali scopi, sono state individuate le caratteristiche dei bacini idrografici che, successivamente, sono state utilizzate per la definizione dei tempi di corrivazione. Grazie al metodo VAPI, infine, sono state calcolate le massime altezze della precipitazione critica per i bacini individuati e, mediante l'utilizzo del metodo razionale, sono state valutate le portate al colmo di piena.

#### 3.1 Bacini idrografici

Nella figura seguente sono mostrati gli impluvi in esame con i bacini idrografici sottesi dalla sezione di chiusura individuata dalle aree di interesse. La delimitazione è stata effettuata utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1:25.000 che il Modello Digitale del Terreno (*Digital Terrain Model, DTM*) della Regione Calabria.

I bacini idrografici sono stati individuati in corrispondenza delle interferenze del cavidotto in progetto con i rami del reticolo idrografico, in modo da determinare le portate defluenti esattamente in quei punti.

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche fisiografiche dei bacini ricavate dal DTM sopra citato.

Caratteristiche fisiografiche						
Sezione di chiusura	S (km <sup>2</sup> )	Hmax (mslm)	Hmed (mslm)	Hmin (mslm)	L (km)	i (%)
Bacino A	0,028	120,61	100,43	81,2	0,338	11,65976331
Bacino B	0,051	119,82	90,4	71	0,347	14,06916427
Bacino C	0,075	160,98	84,54	63,06	0,526	18,61596958
Bacino D	0,056	161,12	86,1	68,31	0,482	19,25518672
Bacino E	0,053	161,01	100,05	72,81	0,502	17,56972112
Bacino F	0,097	158,41	92,37	72,6	0,408	21,03186275
Bacino G	0,022	97,2	75,96	73,31	0,289	8,266435986
Bacino H	0,026	102,97	79,34	73,56	0,216	13,61574074
Bacino I	0,007	87,66	75,75	73,6	0,187	7,518716578
Bacino L	0,016	103,31	90,28	74,8	0,171	16,67251462
Bacino M	0,029	191,47	171,67	148,96	0,322	13,20186335
Bacino N	0,187	315,44	218,25	143,89	1,03	16,65533981
Bacino O	0,086	173,31	145,15	118,22	0,477	11,54926625

Tabella 1

Nella precedente tabella sono state indicate le seguenti grandezze:

- "S" (km<sup>2</sup>): superficie del bacino;
- "Hmax" (mslm): quota massima;

- "Hmed" (mslm): quota media;
- "Hmin" (mslm): quota minima;
- "L" (km): lunghezza dell'asta principale;
- "i" (%): pendenza dell'asta principale;
- "y" (%): pendenza media di versante.

Legenda

Bacini idrografici

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H
- I
- L
- M
- N
- O

● Proposta Stazione 50/36 kV in corso di valutazione da parte di Terna

◆ Layout

--- Cavidotto 36 kV

Interferenze potenziali

● T.O.C.

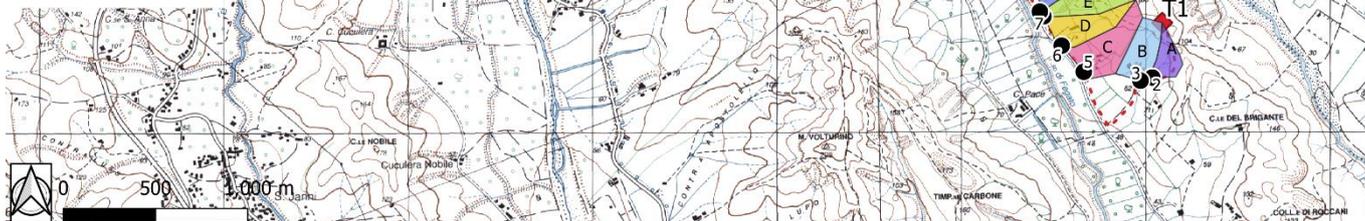


Figura 3: Planimetria di bacini idrografici

Nella figura precedente sono mostrati i rami di interesse con i bacini idrografici sottesi dalle sezioni di chiusura individuate più a valle dei tratti di intervento. La delimitazione è stata effettuata sia utilizzando la cartografia IGM in scala 1: 25.000 che il DTM.

### 3.2 Fattore di crescita

Ai fini del calcolo delle portate al colmo di piena è stato utilizzato il metodo VAPI Calabria così come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI (ex Autorità di Bacino Calabria).

Nella figura seguente è mostrata una corografia della Calabria con l'individuazione delle zone omogenee del metodo VAPI.

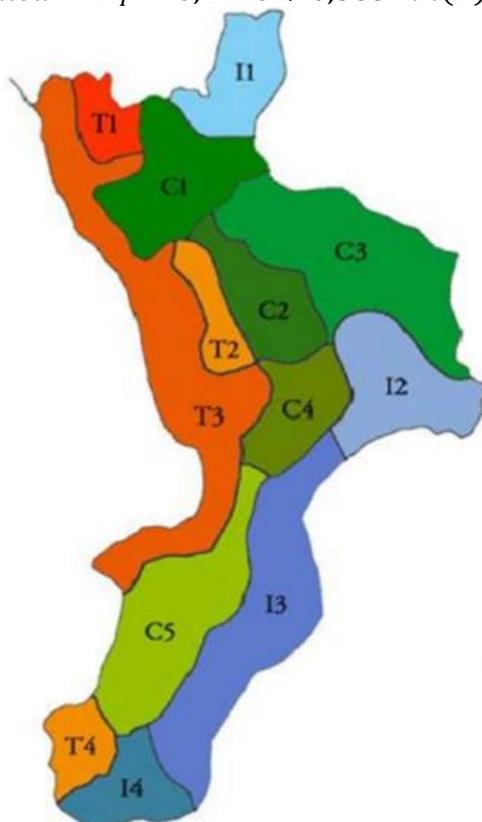
Il sito di interesse, in particolare, è situato nella "zona Ionica I3", valida per il secondo livello di regionalizzazione, noto che i valori al primo livello di regionalizzazione sono costanti su tutto il territorio regionale.

Il metodo scelto prevede il calcolo del fattore di crescita “ $K_T$ ” che varia in funzione del tempo di ritorno, con la seguente espressione:

$$K_T = a + b \cdot \ln(T)$$

Di conseguenza l'equazione precedente assume la seguente espressione per l'area di interesse:

*SZO Ionica:*  $K_T = 0,1410 + 0,585 \cdot \ln(T)$



**Figura 4: Corografia della Calabria con la delimitazione delle zone omogenee del VAPI**

Nella seguente tabella, pertanto, si riportano i valori del  $K_T$  per i tre tempi di ritorno considerati.

Sezione di chiusura	K50 (-)	K200 (-)	K500 (-)
Zona Ionica I3	2,4	3,2	3,8

**Tabella 2**

### 3.3 Tempo di corrivazione

In funzione delle caratteristiche fisiografiche dei bacini individuati, sono stati riportati, nella tabella seguente, differenti valori per i tempi di corrivazione in base a diverse formulazioni.

Tempi di corrivazione								
Sezione di chiusura	Giandotti (h)	Kirpich (h)	Ventura (h)	Pezzoli (h)	Pasini (h)	media 1 (h)	media 2 (h)	tc (h)
Bacino A	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,06</b>
Bacino B	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,07</b>
Bacino C	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	<b>0,08</b>
Bacino D	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	<b>0,07</b>
Bacino E	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,07</b>
Bacino F	0,5	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	<b>0,07</b>
Bacino G	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	<b>0,06</b>
Bacino H	0,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	<b>0,05</b>
Bacino I	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	<b>0,04</b>
Bacino L	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	<b>0,03</b>
Bacino M	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	<b>0,06</b>
Bacino N	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	<b>0,14</b>
Bacino O	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	<b>0,10</b>

Tabella 3

Viste le caratteristiche dei bacini, tuttavia, come valore di riferimento per il tempo di corrivazione si è deciso di utilizzare la media delle sole espressioni di Kirpich, Ventura, Pezzoli e Pasini (escludendo la formula di Giandotti calibrata su bacini di estensione superiore).

### 3.4 Portate al colmo di piena

Ai fini del calcolo delle portate al colmo di piena è stato necessario procedere alla determinazione dei parametri “a” ed “n” per ricavare l’altezza di pioggia critica. Di seguito si riportano i parametri costanti per l’area omogenea di interesse, volti alla successiva determinazione del parametro “n” secondo la legge:

$$n = \frac{C*Z+D+Logr-Loga}{Log24}$$

dove Z rappresenta la quota media del bacino di interesse.

a (-)	c (-)	d (-)	r (-)
39,58	0,00043	1,953	0,875

Tabella 4

Curve di possibilità pluviometrica						
Sezione di chiusura	h50 (mm)	h200 (mm)	h500 (mm)	i50 (mm/h)	i200 (mm/h)	i500 (mm/h)
Bacino A	48,478	64,660	75,356	777,145	1.036,557	1.208,019
Bacino B	49,623	66,187	77,135	749,027	999,054	1.164,313
Bacino C	51,810	69,104	80,535	667,876	890,814	1.038,168
Bacino D	50,216	66,978	78,058	732,615	977,163	1.138,801
Bacino E	50,279	67,063	78,156	696,158	928,536	1.082,130
Bacino F	50,045	66,750	77,791	724,719	966,631	1.126,527
Bacino G	49,871	66,518	77,521	775,847	1.034,826	1.206,002
Bacino H	45,870	61,181	71,302	998,574	1.331,900	1.552,216
Bacino I	45,106	60,162	70,114	1.068,686	1.425,415	1.661,200
Bacino L	41,982	55,996	65,259	1.259,015	1.679,276	1.957,053
Bacino M	44,668	59,579	69,434	772,085	1.029,809	1.200,155
Bacino N	55,114	73,511	85,671	392,422	523,413	609,994
Bacino O	52,144	69,550	81,055	544,987	726,904	847,145

Tabella 5

Una volta ottenuti i parametri della curva di possibilità pluviometrica è possibile procedere al calcolo della portata di piena tramite l'applicazione del metodo razionale. Tale metodo calcola la portata al colmo di piena mediante l'applicazione della formula di Turazza:

$$Q_T = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot i_T}{3.6} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot h_T}{3.6 \cdot t} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot a_T \cdot t^{n-1}}{3.6} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot K_T \cdot a' \cdot t^{n-1}}{3.6}$$

dove:

- "K" (-): fattore di riduzione areale;
- "S" (km<sup>2</sup>): superficie del bacino;
- "i" (mm/h): intensità di precipitazione;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Per il calcolo del fattore di riduzione areale, come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI, è stata utilizzata la formula dello *US Weather Bureau* che esprime tale fattore in funzione della superficie "S" e del tempo di corrivazione del bacino "t":

$$K = 1 - \left(1 - e^{-0.0021S}\right) \cdot e^{-0.53t^{0.25}}$$

Nel presente caso, tuttavia, si è preferito trascurare tale fattore per ragioni cautelative (quindi è stato considerato K = 1).

Nella tabella seguente sono presenti i valori delle portate al colmo di piena.

Portate al colmo di piena			
Sezione di chiusura	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	Q200 (m <sup>3</sup> /s)	Q500 (m <sup>3</sup> /s)
Bacino A	1,813	2,419	2,819
Bacino B	3,183	4,246	4,948
Bacino C	4,174	5,568	6,489
Bacino D	3,419	4,560	5,314
Bacino E	3,075	4,101	4,779
Bacino F	5,858	7,814	9,106
Bacino G	1,422	1,897	2,211
Bacino H	2,164	2,886	3,363
Bacino I	0,623	0,831	0,969
Bacino L	1,679	2,239	2,609
Bacino M	1,866	2,489	2,900
Bacino N	6,115	8,157	9,506
Bacino O	3,906	5,209	6,071

Tabella 6

Le portate di riferimento per la successiva analisi idraulica sono quelle riportate nella tabella precedente. Nella tabella seguente sono riportati i volumi corrispondenti a tali eventi di piena e nella successiva i relativi coefficienti udometrici.

Volumi di piena			
Sezione di chiusura	V50 (m <sup>3</sup> )	V200 (m <sup>3</sup> )	V500 (m <sup>3</sup> )
Bacino A	407	543	633
Bacino B	759	1.013	1.180
Bacino C	1.166	1.555	1.812
Bacino D	844	1.125	1.311
Bacino E	799	1.066	1.243
Bacino F	1.456	1.942	2.264
Bacino G	329	439	512
Bacino H	358	477	556
Bacino I	95	126	147
Bacino L	202	269	313
Bacino M	389	518	604
Bacino N	3.092	4.124	4.806
Bacino O	1.345	1.794	2.091

Tabella 7

Coefficienti udometrici (VAPI, zona I)			
Sezione di chiusura	u30 (m <sup>3</sup> /s·km <sup>2</sup> )	u200 (m <sup>3</sup> /s·km <sup>2</sup> )	u500 (m <sup>3</sup> /s·km <sup>2</sup> )
Bacino A	64,8	86,4	100,7
Bacino B	62,4	83,3	97,0
Bacino C	55,7	74,2	86,5
Bacino D	61,1	81,4	94,9
Bacino E	58,0	77,4	90,2
Bacino F	60,4	80,6	93,9
Bacino G	64,7	86,2	100,5
Bacino H	83,2	111,0	129,4
Bacino I	89,1	118,8	138,4
Bacino L	104,9	139,9	163,1
Bacino M	64,3	85,8	100,0
Bacino N	32,7	43,6	50,8
Bacino O	45,4	60,6	70,6

Tabella 8

## 4 Analisi idraulica

Come descritto precedentemente, il tratto di cavidotto di interesse non si sviluppa su strada esistente o su un tracciato già asfaltato, pertanto è oggetto di analisi semplificata.

Al fine di ottenere i parametri idrodinamici necessari per tale analisi, è stata effettuata un'analisi idraulica in moto permanente mediante l'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Per ragioni cautelative le portate, immesse come condizioni al contorno di monte all'interno del modello, sono state considerate costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

I tempi di ritorno utilizzati, pari a 50, 200 e 500 anni, corrispondono ai tempi di ritorno di riferimento per la delimitazione delle aree a pericolosità "molto elevata", "elevata" e "bassa".

Si precisa, inoltre, che l'analisi non è stata condotta su tutti i bacini individuati in quanto le superfici e le portate risultano notevolmente inferiori rispetto a quelle dei bacini considerati. Tale criterio risulta valido in quanto trattasi della determinazione della massima profondità di escavazione della corrente che per i casi trascurati risulterebbe irrilevante.

### 4.1 Geometria del modello idrodinamico

Le sezioni trasversali sono state riportate nella tabella seguente con l'indicazione del nome della sezione inserito nel modello ("station") delle distanze parziali e progressive, delle quote di fondo e delle pendenze parziali e totali.

Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
B1	-1	0,00	9,93	71,54	0,082
B2	-2	9,93	7,48	70,72	0,119
B3	-3	17,41	0,00	69,84	0,0976
F1	-1	0,00	27,05	72,77	0,0083
F2	-2	27,05	10,53	72,54	0,0173
F3	-3	37,58	0,00	72,36	0,0108
M1	-1	0,00	9,38	146,51	0,1838
M2	-2	9,38	8,38	144,78	2,0788
M3	-3	17,76	0,00	127,36	1,0779
N1	-1	0,00	13,38	144,82	0,1654
N2	-2	13,38	14,50	142,60	0,2336
N3	-3	27,88	0,00	139,22	0,2009
O1	-1	0,00	42,81	121,61	0,0583
O2	-2	42,81	30,28	119,11	0,0913
O3	-3	73,09	0,00	116,35	0,0720

Tabella 9

## 4.2 Portate di piena

---

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica.

Come precisato in precedenza, le portate sono state considerate, per ragioni cautelative, costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

## 4.3 Condizioni al contorno

---

Le condizioni al contorno, necessarie per l'esecuzione di simulazioni idrodinamiche con il modello, sono le seguenti:

- condizione al contorno di monte: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato;
- condizione al contorno di valle: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato.

## 4.4 Parametri di scabrezza

---

Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a  $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a  $0,05 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ ).

Tale coefficiente è stato determinato in base a quanto stabilito nelle tabelle parametriche riportate all'interno del "Manuale dell'Ingegnere" (83ª edizione, Nuovo Colombo, Hoepli, 2001) in corrispondenza di "piccoli corsi di pianura, puliti, sinuosi con stagni e secche".

## 5 Analisi idraulica semplificata

Per dimensionare adeguatamente la quota di posa del cavidotto, pertanto, è stata calcolata la profondità massima di escavazione da parte della corrente e, per tali scopi, sono stati utilizzati i risultati dell'analisi idraulica per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni sopra descritti.

Il calcolo della massima profondità di erosione viene effettuato mediante l'utilizzo della seguente formula di Meyer-Peter e Müller espressa nell'ipotesi di "alveo largo" ed esplicitata da Chien (Montuori, "Complementi di Idraulica", Liguori, 1997):

$$\Psi = 8 \cdot (\Theta - 0,047)^{\frac{3}{2}}$$

dove:

- " $\Psi$ " (-): parametro di trasporto;
- " $\Theta$ " (-): parametro di stabilità.

Tali parametri sono definiti dalle espressioni seguenti:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi = \frac{q_s}{\sqrt{g \cdot d^3 \cdot \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}}} \\ \Theta = \frac{\gamma \cdot R \cdot j}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} \end{array} \right.$$

dove:

- " $q_s$ " ( $m^2/s$ ): portata solida (volumetrica) per unità di larghezza;
- " $g$ " ( $m/s^2$ ): accelerazione di gravità;
- " $d$ " (m): diametro caratteristico del sedimento;
- " $\gamma_s$ " ( $N/m^3$ ): peso specifico del sedimento;
- " $\gamma$ " ( $N/m^3$ ): peso specifico dell'acqua;
- " $R$ " (m): raggio idraulico;
- " $j$ " (-): cadente piezometrica.

Grazie a tale formula è possibile calcolare la portata solida trasportabile dalla corrente una volta noti:

- alcuni parametri caratteristici del deflusso come la portata liquida, il raggio idraulico, la larghezza del pelo libero e la cadente piezometrica che sono stati calcolati nella precedente analisi idraulica;
- alcuni parametri caratteristici del sedimento come il diametro e il peso specifico.

Dopo aver determinato il valore della portata solida, infine, è possibile calcolare la concentrazione volumetrica del sedimento dividendo la portata solida per quella liquida.

Per i parametri caratteristici del sedimento si è scelto di considerare il diametro di separazione tra "limo a grana grossa" e "limo a grana media", pari a 0,02 mm, ed un peso specifico di 25'000  $N/m^3$ , date le caratteristiche del terreno.

Nella tabella seguente sono presenti i calcoli effettuati per il calcolo della concentrazione del sedimento utilizzando la formula di Meyer-Peter e Müller per i tratti dell'impluvio in esame.

Analisi del trasporto solido - Tr200						
Sezione	$\gamma$ (N/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (N/m <sup>3</sup> )	d (m)	j (-)	R (m)	$\theta$ (-)
O2	9.810	25.000	0,00002	0,065	0,110	231,7
B2	9.810	25.000	0,00002	0,085	0,110	301,5
F2	9.810	25.000	0,00002	0,031	0,150	149,9
M2	9.810	25.000	0,00002	0,187	0,200	1.207,2
N2	9.810	25.000	0,00002	0,159	0,220	1.129,4
Sezione	$\Psi$ (-)	q <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> /s)	b (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	C (-)	C (ppm)
O2	28.201	0,0098	43,33	5,2	0,082	81.761
B2	41.869	0,0146	26,20	4,3	0,090	89.976
F2	14.671	0,0051	53,04	7,8	0,035	34.731
M2	335.512	0,1170	4,20	2,5	0,197	197.280
N2	303.619	0,1058	12,97	8,2	0,168	168.229

**Tabella 10**

Come mostrato nella tabella precedente, pertanto, la concentrazione volumetrica "C" è strettamente legata al tempo di ritorno considerato. Tali valori sono stati utilizzati come parametri di ingresso per il modulo "Hydraulic design - Stable Channel Design" del modello HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers* (modello già utilizzato all'interno per il calcolo delle caratteristiche idrodinamiche).

Nella tabella seguente sono presenti i risultati del calcolo della massima profondità di erosione effettuato con tale modulo e, in particolare, utilizzando il metodo "Regime".

Massima profondità di erosione - Tr200			
Sezione	Regime depth (m)	Regime width (m)	Regime slope (-)
O2	0,02	150,10	0,00140
B2	0,02	143,18	0,00057
F2	0,05	119,89	0,000578
M2	0,01	161,61	0,000551
N2	0,02	270,29	0,00463

**Tabella 11**

Come è possibile osservare nella tabella precedente, i risultati dell'applicazione di tale metodologia indicano una profondità di scavo massima di 5 cm per le sezioni in esame.

## 6 Conclusioni

La presente relazione idrologica e idraulica costituisce parte integrante del progetto definitivo relativo alla realizzazione del parco eolico “Roccani” e relative opere di connessione nel comune di Simeri Crichi (CZ) e Catanzaro. Il parco in oggetto sarà costituito da 6 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 36,0 MW.

In particolare, Simeri Crichi sarà interessato dall’installazione dei sei aerogeneratori mentre il tracciato del cavidotto di collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) e le altre opere connesse interesseranno oltre al comune citato, anche il territorio comunale di Catanzaro. Il tracciato dell’elettrodotta seguirà prevalentemente la viabilità esistente.

Dato che, in questo caso, una porzione del cavidotto intercetta il reticolo idrografico, si è proceduto al presente studio che ha analizzato compiutamente i regimi di deflusso dei corsi d’acqua ed ha determinato la profondità di escavazione per la posa del suddetto.

Le analisi idrologiche sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Calabria al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Al fine di ottenere i parametri idrodinamici necessari per tale analisi, è stata effettuata un’analisi idraulica in moto permanente mediante l'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Per ragioni cautelative le portate, immesse come condizioni al contorno di monte all'interno del modello, sono state considerate costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

Nel caso di specie, trattandosi di intersezioni a guado, in assenza di attraversamento esistente o di attraversamento non asfaltato, è stata effettuata un’analisi idraulica semplificata basata su una verifica di erosione che ha determinato la profondità massima di escavazione della corrente in piena.

L’analisi idraulica semplificata ha permesso di dimostrare i valori della profondità massima di escavazione della corrente nei tratti di interferenza individuati. Affinché il cavidotto risulti in condizioni di sicurezza idraulica è necessario avere almeno 1,00 m di profondità rispetto al valore calcolato dall’analisi suddetta.

Ad ogni modo, note le sezioni di progetto per la posa in opera dei cavidotti, in fase esecutiva sarà necessario porre il cavidotto ad una profondità non inferiore a 2,00 m al fine di tutelarlo dal fenomeno di escavazione massima, pari comunque ad un massimo di 5 cm secondo i calcoli effettuati.