



REGIONE  
CAMPANIA



PROVINCIA DI  
AVELLINO



COMUNE  
DI CONZA DELLA  
CAMPANIA



PROVINCIA DI  
SALERNO



COMUNE DI  
SANTOMENNA



COMUNE DI  
CASTELNUOVO  
DI CONZA



REGIONE  
BASILICATA



PROVINCIA DI  
POTENZA



COMUNE DI  
PESCOPAGANO

OGGETTO:

## PROGETTO DEFINITIVO

"IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA NEL  
COMUNE DI PESCOPAGANO (PZ) DENOMINATO "SAETTA" DI POTENZA  
NOMINALE PARI A 72 MW

ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA



PROPONENTE:

# WEB

**WEB ITALIA ENERGIE  
RINNOVABILI S.R.L.**

Via Leonardo da Vinci n.15  
39100 Bolzano (BZ)  
C.F.: 10171591000  
Rappresentante impresa: Kainz Reinhard

PROGETTAZIONE:

Gruppo di Lavoro:

Geol. Raffaele Nardone  
Ing. Antonio Romano  
Dott.Arch. Martina Lo Vaglio  
Ing. Michele Martocchia  
Dott.Ing. Donatella Guglielmi  
Dott.For. Nicoletta Tedesco  
Geom. Gerardo Gioioso

  
**EGM PROJECT**

VIA VERRASTRO 15/A  
85100- POTENZA (PZ)  
www.egmproject.it  
egmproject@pec.it


**Direttore Tecnico  
Ing. Carmen Martone**

Amministratore: Nunzio Russoniello  
Responsabile tecnico: Samanta Petrozzino

  
**EPF** s.r.l.


VIA CESARE BATTISTI, 116  
83053 - S. ANDREA DI CONZA (AV)

Livello prog.	Cat. opera	Numero elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD		A.3	R			A.3_Relazione_idrologica_idraulica	
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Maggio 2024	EMISSIONE				Ing. Carmen Martone	Geol. Raffaele Nardone

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b></p> <p><b>MAGGIO 2024</b></p> <p><b>Pag. 1 di 45</b></p>
---	--	--

## Sommario

1	PREMESSA .....	4
2	DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA' .....	4
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	5
3.1	Analisi della Vincolistica .....	8
3.1.1	Verifica interferenze dell'area di progetto con le aree classificate a Rischio Idrogeologico ai sensi del PAI.....	8
3.1.2	Verifica interferenze dell'area di progetto con Aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).....	11
3.1.3	Verifica interferenze dell'area di progetto con Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. n 3267 del 1923 .....	12
3.1.4	Verifica interferenze dell'area di progetto con il Catasto delle Acque Pubbliche dei Comuni interessati dal progetto .....	14
3.1.5	Verifica interferenze dell'area di progetto con il Demanio Idrico ricadente nei beni paesaggistici ai sensi del D.Lgs 42/2004 art. 142 lettera c .....	16
4	ANALISI GEOMORFOLOGICA .....	18
4.1	Digital Terrain Model .....	19
4.2	Slope Model .....	20
4.3	Flow Accumulation .....	20
4.4	Perimetrazione dei bacini idrografici .....	21
5	ANALISI IDROLOGICA.....	23
5.1	Curva di Possibilità Pluviometrica (VAPI Campania).....	23
5.2	Curva di Possibilità Pluviometrica (VAPI Puglia).....	27
5.3	Massimizzazione delle portate di piena con il Metodo SCS .....	30

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel  Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza  nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> MAGGIO 2024 <b>Pag. 2 di 45</b>
---	---	--

6	ANALISI IDRAULICA.....	38
6.1	Simulazione idraulica .....	38
7	METODOLOGIA DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON I CORPI IDRICI PER GLI ATTRAVERSAMENTI ESISTENTI .....	42
7.1	Attraversamento mediante Trivellazioni Orizzontali Controllate (T.O.C.) .....	42
8	CONCLUSIONI .....	44

## Indice delle figure

Figura 1 - Inquadramento geografico area di intervento su ortofoto .....	6
Figura 2: Inquadramento su IGM dell'area di impianto .....	7
Figura 3: Carta dei vincoli PAI – Pericolosità Idraulica.....	9
Figura 4: Carta dei vincoli PAI – Rischio e pericolosità geomorfologica .....	10
Figura 5: Particolare dello stralcio PAI - Pericolosità geomorfologica.....	11
Figura 6: Stralcio Carta delle aree di pericolosità idraulica P.G.R.A. ....	12
Figura 7: Stralcio delle aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267 del 1923...	14
Figura 8: Carta catastale Acque Pubbliche dei Comuni di Pescopagano (PZ), Santomena (SA), Conza della Campania (AV) e Castelnuovo di Conza (SA) .....	15
Figura 9: Stralcio area di progetto e Demanio Idrico ricadente in beni paesaggistici ai sensi al DLgs 42/2004 art. 142 lett. c .....	16
Figura 10: DTM con risoluzione ad 1 m adottato per lo studio idraulico e idrologico .....	19
Figura 11: Perimetrazioni bacini idrografici nell'area parco .....	22
Figura 12: Perimetrazioni bacini idrografici lungo il percorso del cavidotto.....	23
Figura 13: Aree pluviometriche omogenee VAPI Campania .....	26
Figura 14: Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Puglia.....	29
Figura 15: Idrogramma di Mockus .....	36


	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b></p> <p><b>MAGGIO 2024</b></p> <p><b>Pag. 3 di 45</b></p>
---	--	--

Figura 16: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain nell'area parco..39

Figura 17: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain lungo il cavidotto .....40

Figura 18: Schema delle fasi operative per la realizzazione della tubazione tramite T.O.C. ....43

## Indice delle tabelle

Tabella 1: Valore del fattore di crescita  $K_T$  delle piogge.....27


Tabella 2: Attribuzione della classe AMC.....33

Tabella 3: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN.....33

Tabella 4: Valori di "Curve Number (CN)" in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo: *Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992* .....35

Tabella 5: Valori di portata calcolati per i bacini individuati .....37



	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b> MAGGIO 2024 Pag. 4 di 45</p>
---	--	--

## 1 PREMESSA

La seguente relazione è parte integrante del Progetto di realizzazione di un impianto eolico della potenza 72 MW da realizzare nei comuni di Pescopagano (PZ), Santomena (SA), Castelnuovo di Conza (SA) e Conza della Campania (AV).

Il presente studio descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l'analisi idrologica dell'area a scala di bacino e per l'analisi idraulica dell'area di impianto e delle zone limitrofe.


È stato predisposto, pertanto, lo "Studio di compatibilità idrologico ed idraulico" di cui la presente Relazione e gli allegati Appendice A, Appendice B e le tavole grafiche ne costituiscono parte integrante. Lo scopo di tale studio consiste nell'analizzare compiutamente gli effetti sul regime idraulico e vuole dimostrare l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica per le opere in progetto.

La relazione descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l'analisi idrologica dell'area, l'esame dello stato di fatto e di progetto da un punto di vista idraulico al fine di verificare che gli interventi proposti siano progettati e realizzati in funzione della salvaguardia, della qualità dell'ambiente e dell'assetto idrogeologico.

## 2 DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA'

In sintesi le attività svolte per la redazione del presente documento sono:

- analisi morfometrica finalizzata alla costruzione del DTM e alla delimitazione dei bacini idrografici;
- analisi morfologica di bacino mediante software Quantum GIS 3.32 e GRASS 7.8.5;
- analisi idrologica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica mediante la metodologia VAPI ed implementazione del modello idrologico;

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b> MAGGIO 2024 Pag. 5 di 45</p>
---	--	--

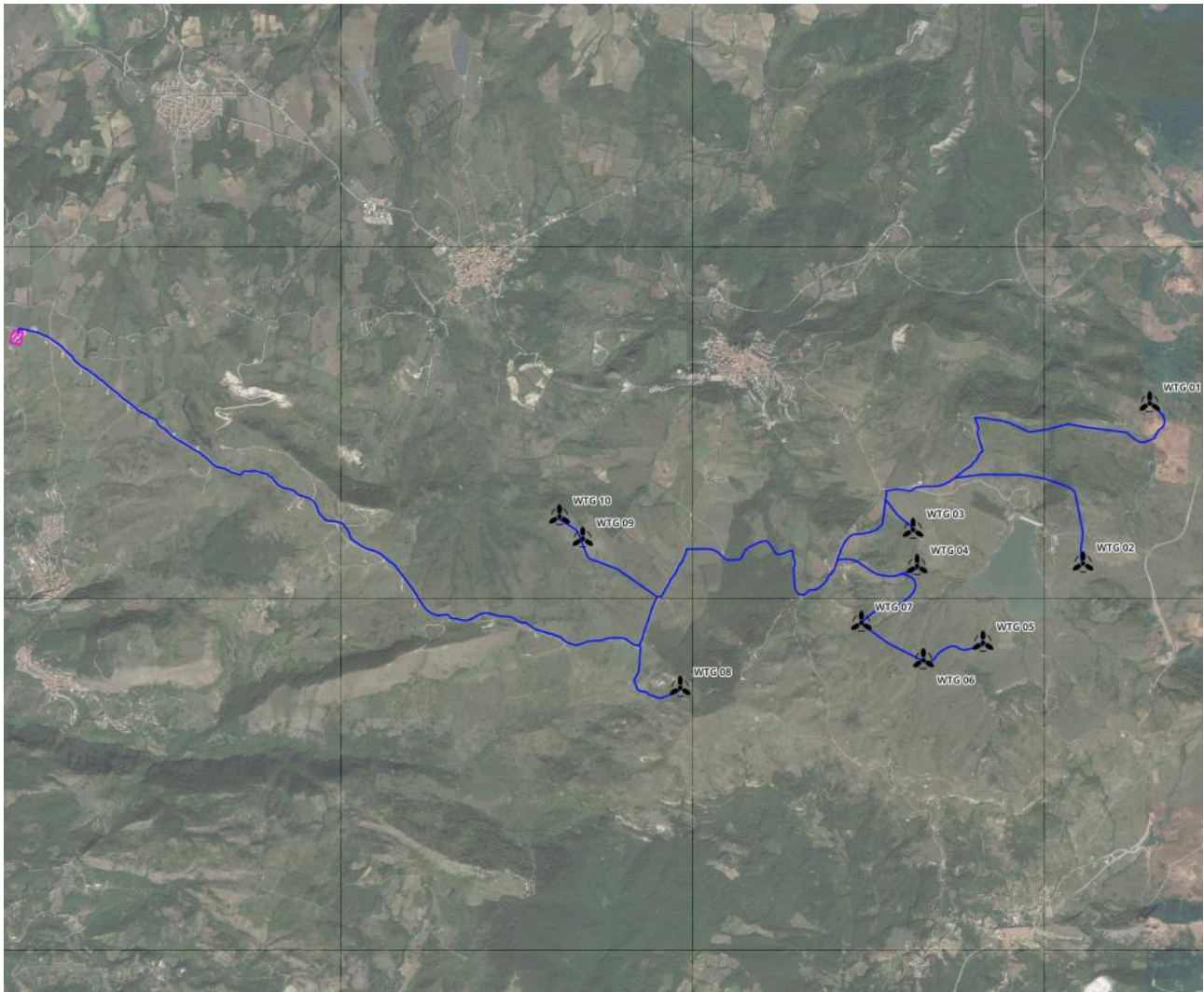
- calcolo delle portate di piena per tempi di ritorno  $T_{30}$  e  $T_{200}$  per ogni sotto-bacino individuato nell'analisi morfometrica;

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il parco eolico denominato “Saetta” è composto da 10 aerogeneratori, che ricadono completamente nel territorio comunale di Pescopagano (PZ), in Basilicata, mentre il cavidotto per il collegamento del parco eolico alla SE, si estende anche nel territorio regionale della Campania e più precisamente nel Comune di Santomenna (SA), Conza della Campania (AV) e Castelnuovo di Conza (SA), quest'ultimi ove ricade anche la Stazione Elettrica (SE) di raccolta e controllo.

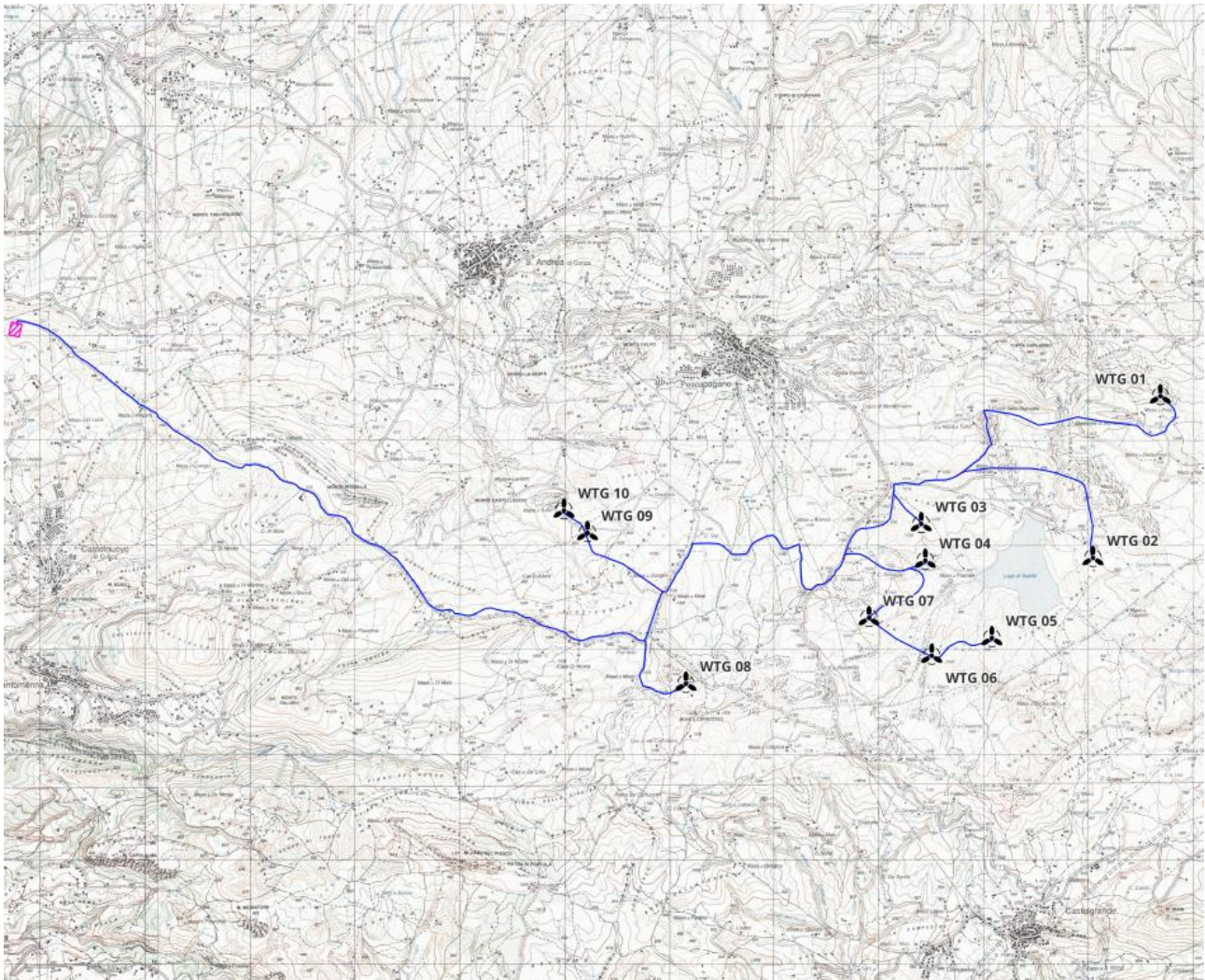
L' area di progetto su cui verrà realizzato il parco eolico è caratterizzata da orografia tipica delle zone montane e sub-montane locali, con un'altezza media compresa tra 940 e 1140 metri sul livello del mare.

Le turbine saranno posizionate lungo la direzione prevalente del vento ossia SSW.




**Figura 1 - Inquadramento geografico area di intervento su ortofoto**





**Figura 2: Inquadramento su IGM dell'area di impianto**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel  Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza  nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> MAGGIO 2024 <b>Pag. 8 di 45</b>
---	---	--

### 3.1 Analisi della Vincolistica

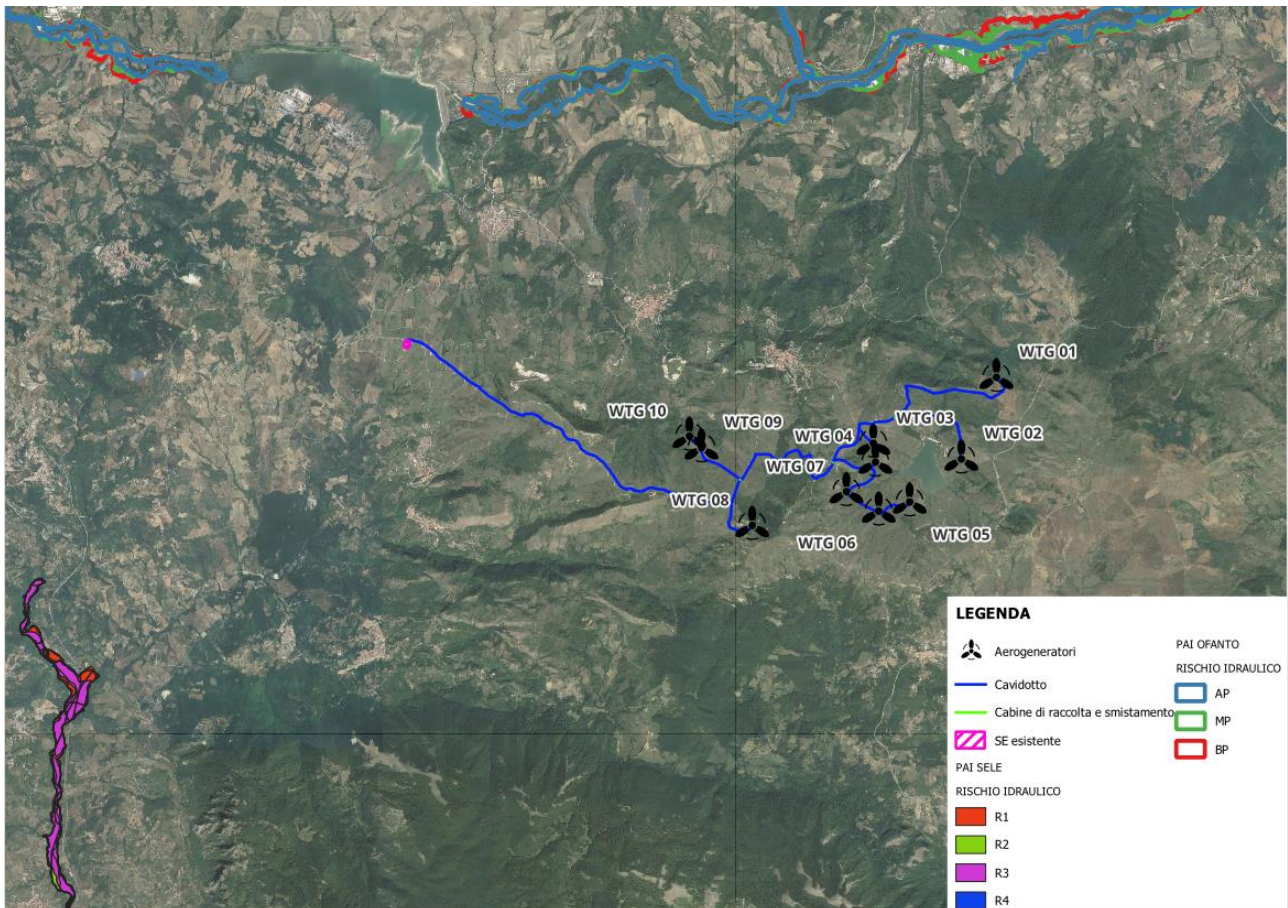
#### 3.1.1 Verifica interferenze dell'area di progetto con le aree classificate a Rischio Idrogeologico ai sensi del PAI

Il progetto in esame è stato confrontato con il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico di Bacino redatto dall'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Ofanto e dell'AdB del Fiume Sele.

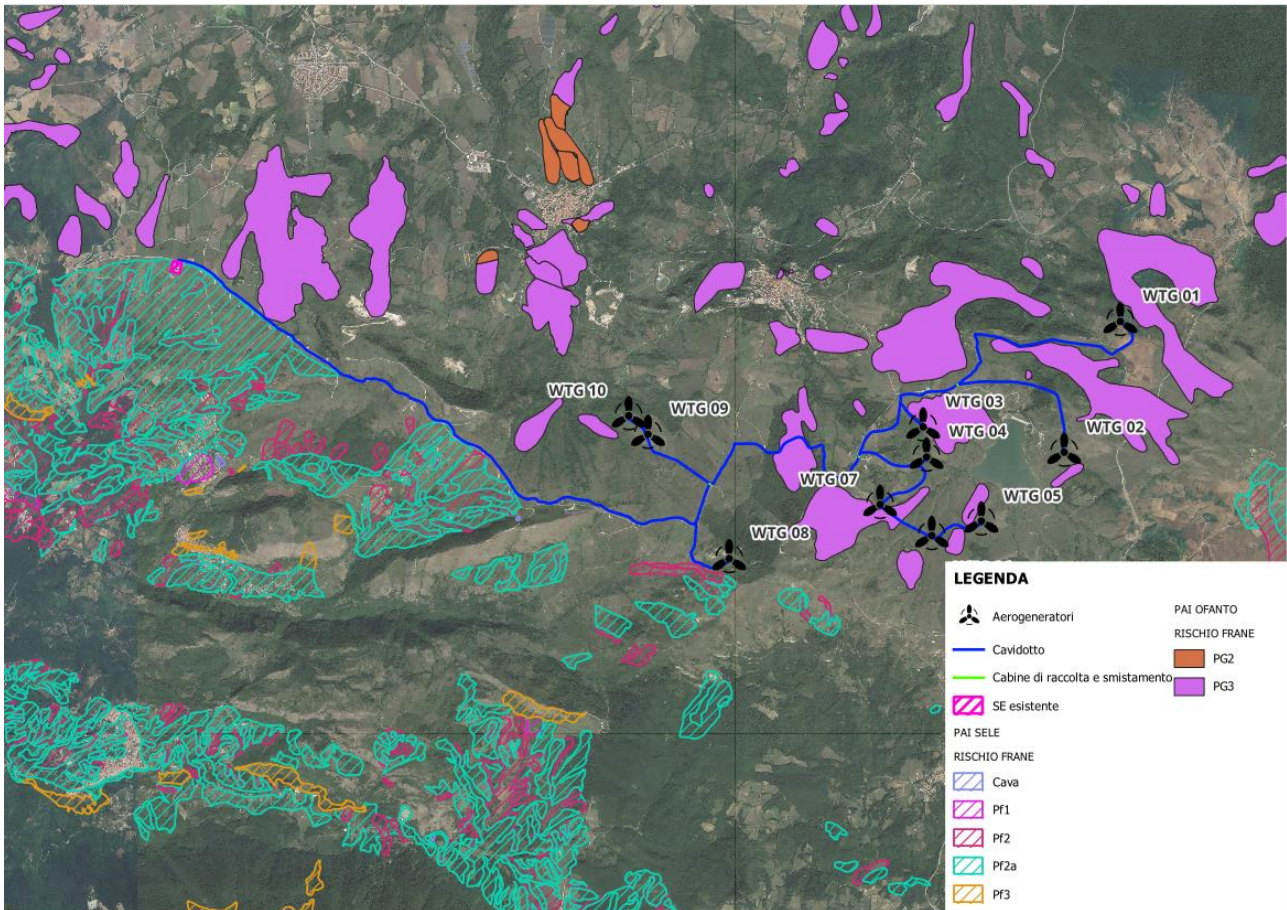
Il Piano stralcio è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d'uso del suolo e gli interventi riguardanti l'assetto idrogeologico del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino. Il Piano individua le aree a rischio idraulico e di frana del territorio in funzione delle caratteristiche di dissesto del territorio, le aree caratterizzate da diverso grado di suscettività al dissesto, rispetto alle quali si sono impostate le attività di programmazione contenute nel Piano.

Dall'esame della cartografia si evince che il **l'intero impianto eolico assieme al cavidotto non ricadono in alcuna zona soggetta a pericolosità idraulica censita dal PAI**, come di seguito riportato dalla Figura 3.





**Figura 3: Carta dei vincoli PAI – Pericolosità Idraulica**



**Figura 4: Carta dei vincoli PAI – Rischio e pericolosità geomorfologica**



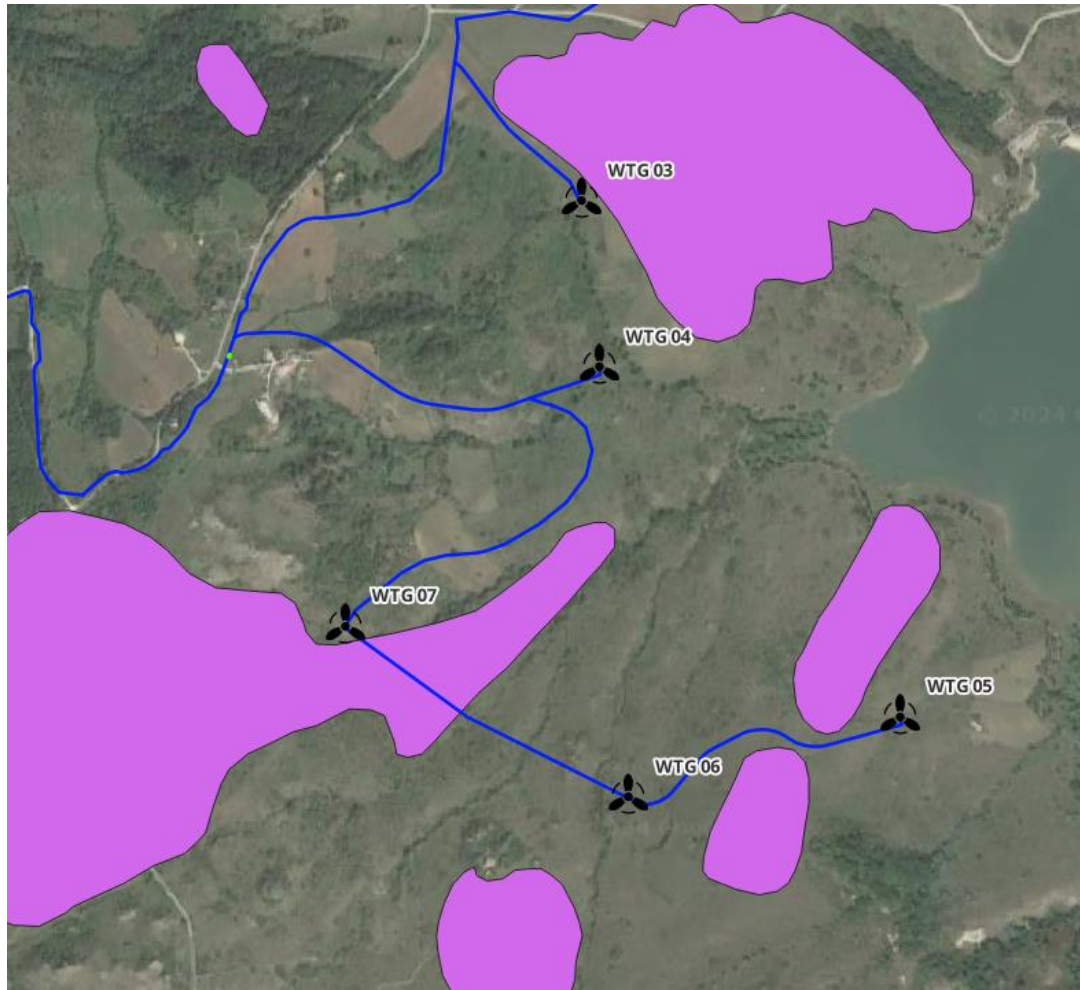


Figura 5: Particolare dello stralcio PAI - Pericolosità geomorfologica

**In merito alla pericolosità geomorfologica, dalla figura precedente si evince che l'intero parco eolico, assieme al cavidotto di connessione alla SSEU, non ricade in alcun areale censito dal PAI.**

### 3.1.2 Verifica interferenze dell'area di progetto con Aree a potenziale rischio alluvione (APFSR)

In vista della possibilità che le aree interessate dal progetto in questione possano essere interessate da fenomeni di alluvionamento, si è provveduto all'analisi delle interferenze delle opere in progetto con aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).

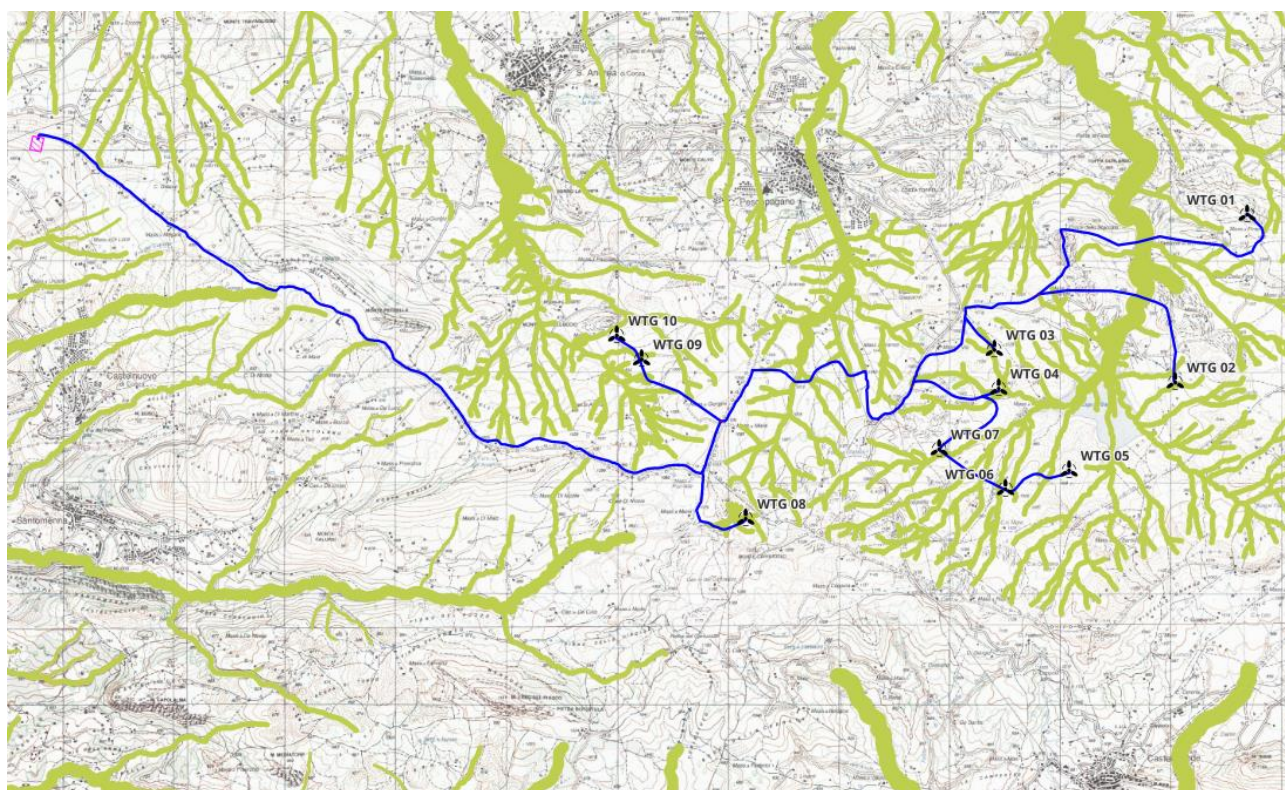


Figura 6: Stralcio Carta delle aree di pericolosità idraulica P.G.R.A.

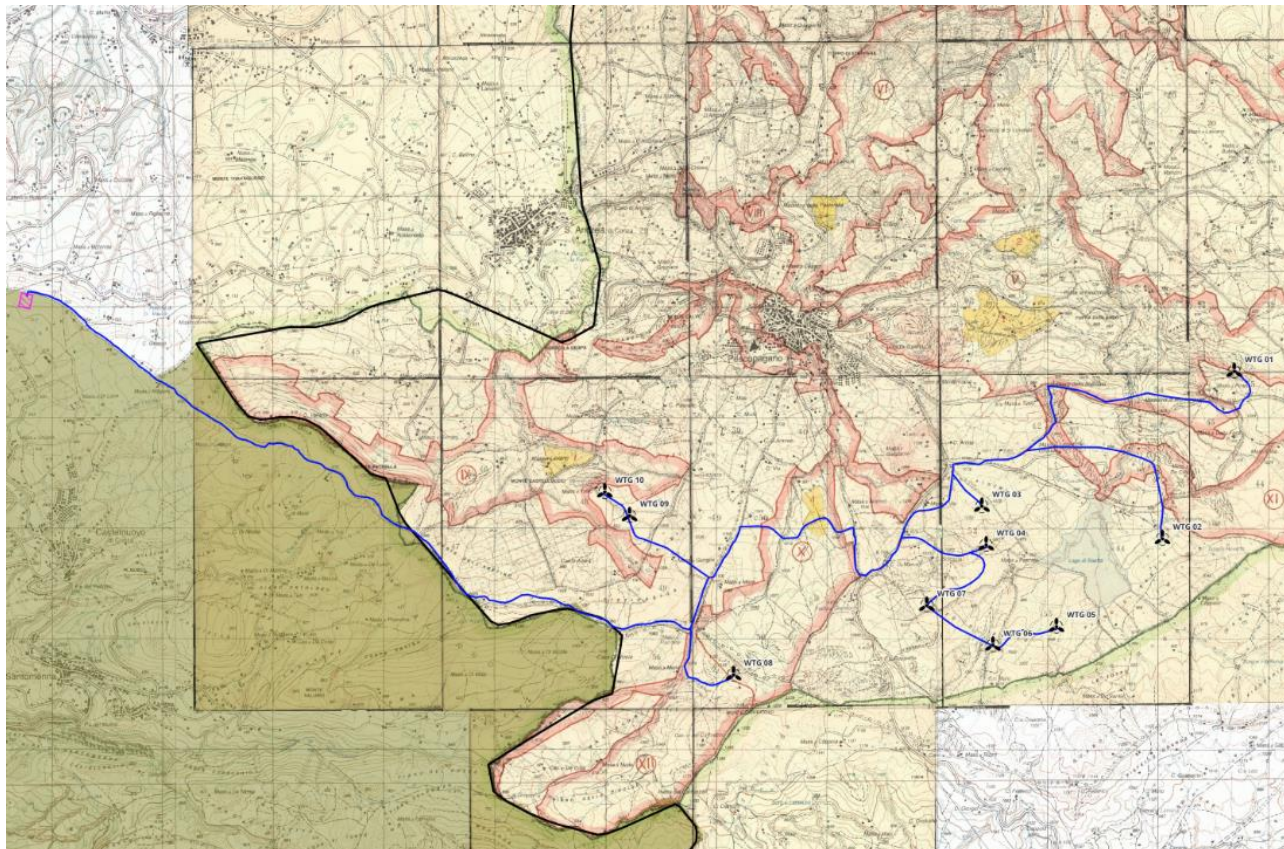
**Il parco eolico non interferisce alcun areale mentre il cavidotto presenta alcune interferenze con le aree a potenziale rischio alluvionale indicate nel PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni), per tali punti è stata svolta l'analisi idraulica e idrologica come rappresentato negli appendici A e B allegati alla presente relazione. Si provvederà la risoluzione tramite metodologia TOC.**

### 3.1.3 Verifica interferenze dell'area di progetto con Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. n 3267 del 1923

Sono state svolte verifiche atte a constatare se l'area interessata dal progetto sia soggetta a vincolo idrogeologico ai sensi del Regio Decreto del 30 dicembre 1923 n. 3267.



*Dalle analisi emerge che l'aerogeneratore WTG08 e parte del cavidotto ricadono in zone sottoposte a Vincolo Idrogeologico, ma non comportano modifiche tali da precludere l'equilibrio idrogeologico.*










## PROGETTO DEFINITIVO

"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"

DATA:  
MAGGIO 2024  
Pag. 14 di 45

### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

#### LEGENDA

-  Aerogeneratori
-  Cabine di raccolta e smistamento
-  SE esistente
-  Cavidotto 36 kV
-  Confini Regionali

#### VINCOLO IDROGEOLOGICO

-  Vincolo Idrogeologico - Regione Campania

#### Vincolo Idrogeologico - Comune di Pescopagano

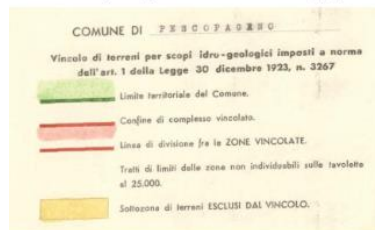


Figura 7: Stralcio delle aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267 del 1923

### 3.1.4 Verifica interferenze dell'area di progetto con il Catasto delle Acque Pubbliche dei Comuni interessati dal progetto

Il presente Progetto è stato anche confrontato con le carte catastali delle acque pubbliche dei Comuni interessati dal Parco Eolico ossia Pescopagano (PZ), Santomena (SA), Conza della Campania (AV) e Castelnuovo di Conza (SA).

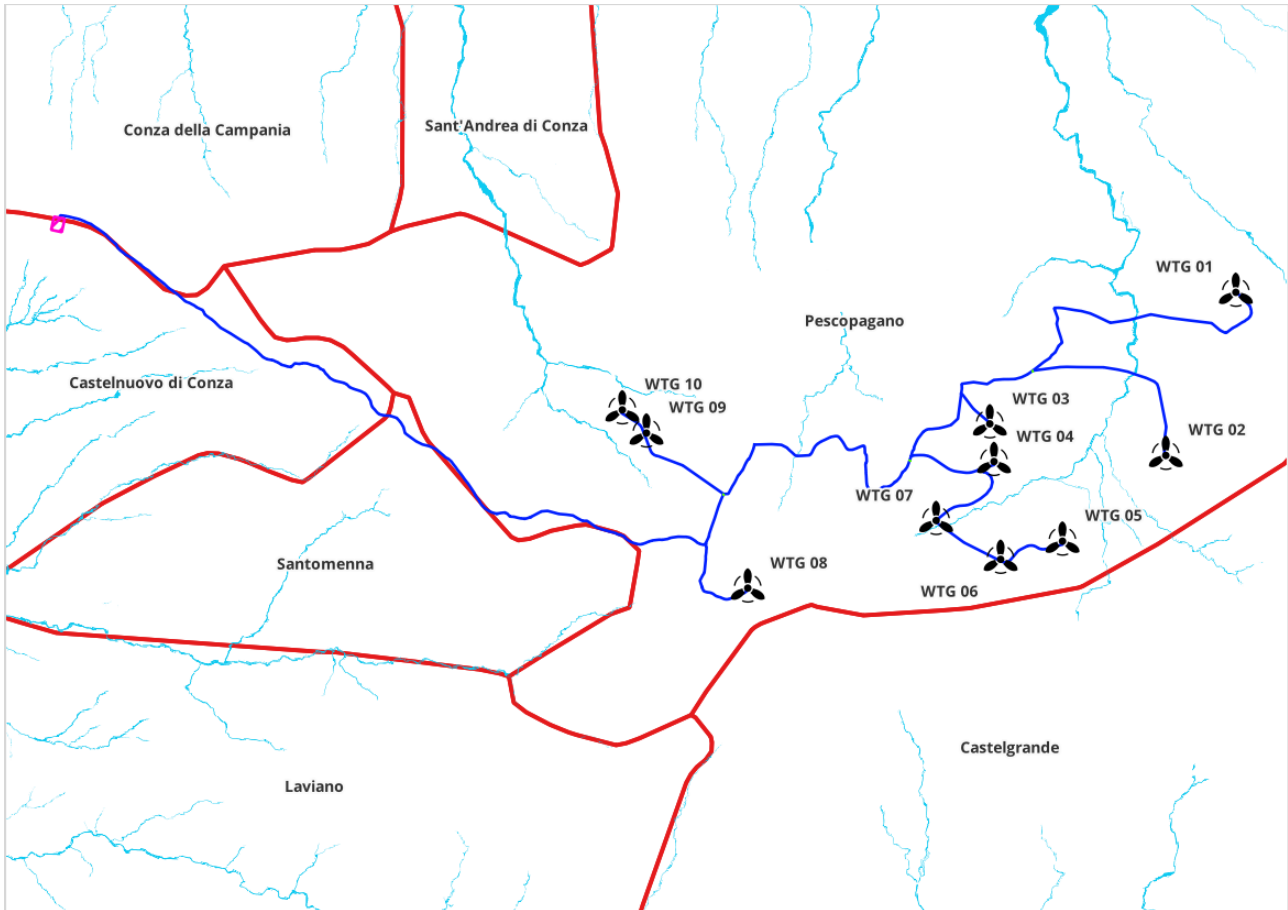


Figura 8: Carta catastale Acque Pubbliche dei Comuni di Pescopagano (PZ), Santomenna (SA), Conza della Campania (AV) e Castelnuovo di Conza (SA)

**Dall'analisi si è appurato il cavidotto del suddetto parco presenta alcune interferenze con un corpo idrico presente nelle carte catastali dei comuni interessati dal progetto. Per tali interferenze sarà previsto il superamento tramite metodologia TOC.**

### 3.1.5 Verifica interferenze dell'area di progetto con il Demanio Idrico ricadente nei beni paesaggistici ai sensi del D.Lgs 42/2004 art. 142 lettera c

Il tracciato del cavidotto ed il parco eolico sono stati anche oggetto di ulteriore verifica con lo stralcio delle acque ricadenti nel Demanio Idrico vincolato paesaggisticamente secondo il DLgs. 42/2004 art. 142 lettera c.

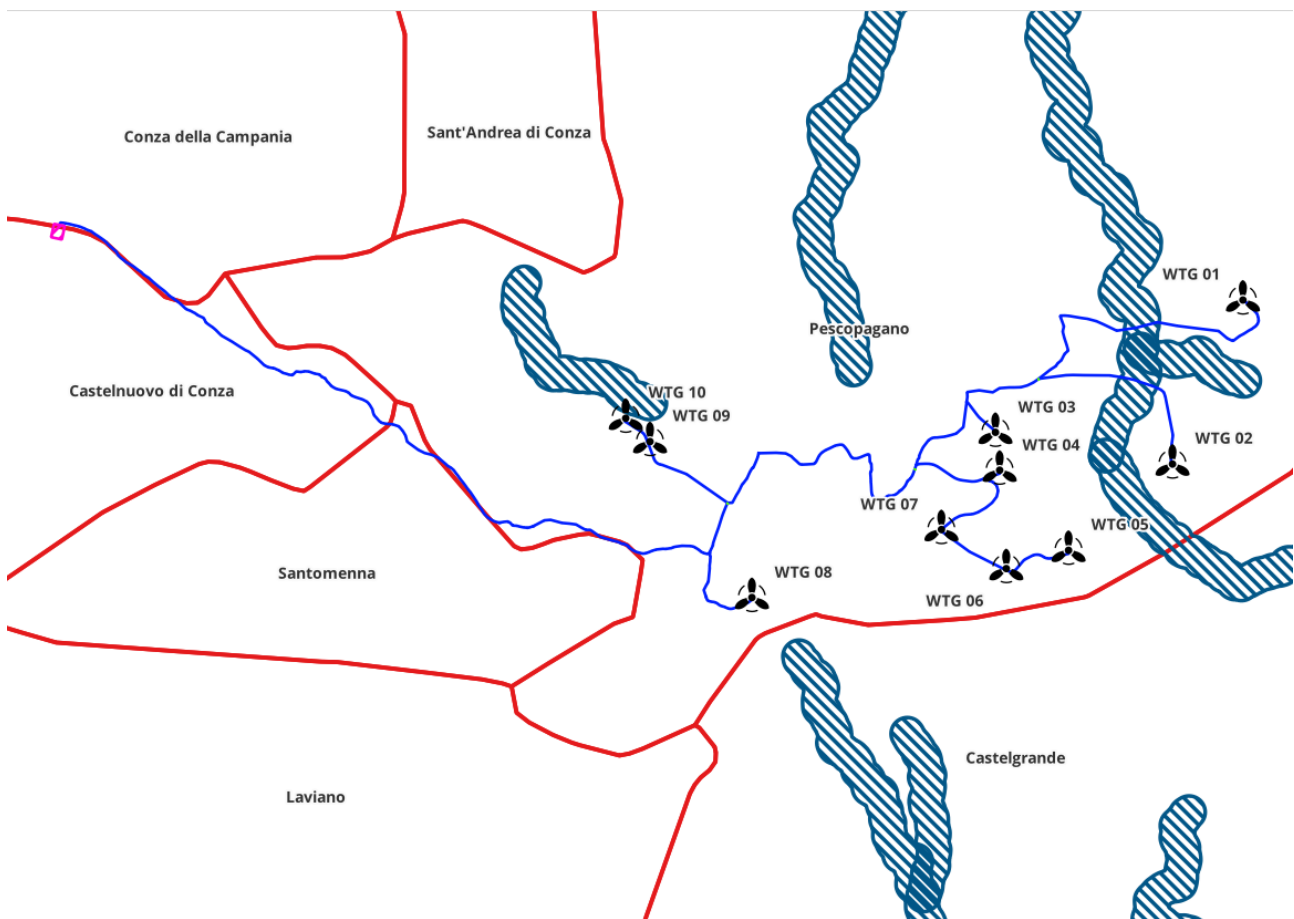


Figura 9: Stralcio area di progetto e Demanio Idrico ricadente in beni paesaggistici ai sensi al DLGs 42/2004 art. 142 lett. c

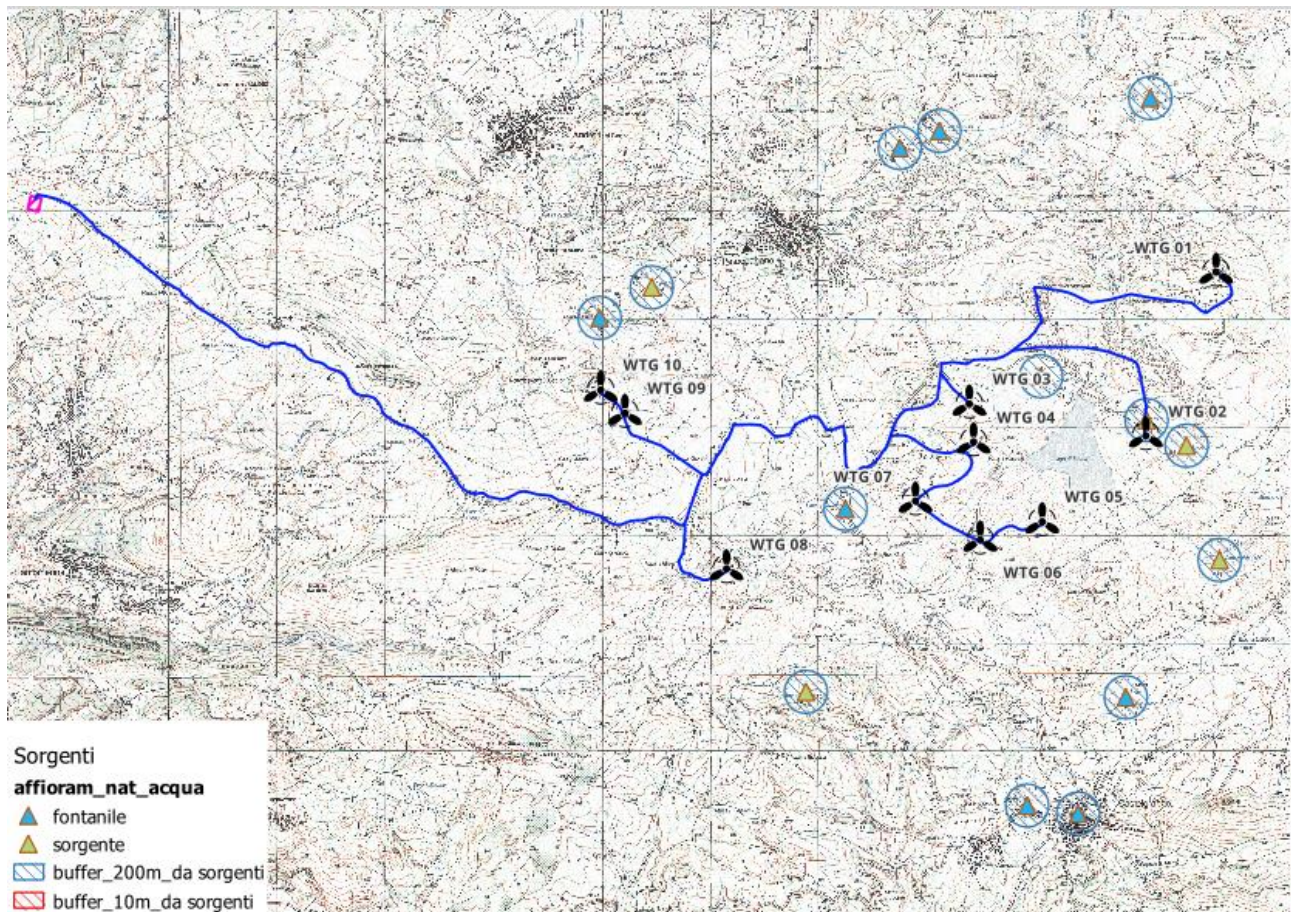
**Dall'analisi si è appurato il cavidotto del suddetto parco presenta alcune interferenze i beni paesaggistici "Fiumi e Torrenti" ai sensi dell'art. 142 lett. c del DLGs 42/04. Le interferenze individuate saranno superate tramite metodologia TOC.**



### 3.1.6 Compatibilità delle opere con le aree di salvaguardia delle sorgenti


È stata verificata anche la compatibilità delle opere da eseguirsi con le aree a salvaguardia delle sorgenti così come previsto dalle Direttive Tecniche e procedurali adottate con DGR 663/2014 dalla Regione Basilicata.

Di seguito si riporta un'immagine con la posizione dell'area di impianto e la posizione delle sorgenti mappate dalla Regione Basilicata e con un buffer di 200 m definito quale zona di rispetto (ZR) ai sensi del punto 4 delle Direttive Tecniche e procedurali suddette.



**Figura 9: Area di impianto con sorgenti ed area di buffer di 200 m come previsto dal DGR 663/14**



	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b></p> <p><b>MAGGIO 2024</b></p> <p><b>Pag. 18 di 45</b></p>
---	--	---

Dall'immagine sopra riportata si evince che il cavidotto in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG02 ricade in aree classifica come ZR. Tuttavia, si precisa che gli elettrodotti, assieme alle piazzole di montaggio ed esercizio delle turbine, non rientrano nella lista di controllo finalizzata all'analisi dei centri di pericolo di cui, all'Allegato A della DGR 663/2014.

#### **4 ANALISI GEOMORFOLOGICA**

La base per un'analisi idrologica di dettaglio è rappresentata dalla definizione delle principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici di riferimento.

L'analisi geomorfologica, pertanto, precede la fase di analisi in quanto consente la delimitazione dei bacini idrografici sulla base di dati cartografici e topografici disponibili.

Mediante i software Qgis 3.32 e Grass 7.8.5 sono state condotte le analisi morfologiche, morfometriche ed idrauliche dell'area oggetto di studio.

È stato utilizzato il comando di processamento "r.watershed", alla base del quale vi sono algoritmi di calcolo che consentono di effettuare la modellazione idrologica ed idraulica.

Tale comando consente, utilizzando il DTM come dato di input, di generare le seguenti mappe raster:

- 1) flow accumulation: mappa raster dell'accumulo del flusso superficiale generata con il conteggio delle celle che contribuiscono alla direzione principale di flusso. In particolare, le celle che appartengono al reticolo idrografico delineato sono quelle aventi alti valori di flow accumulation mentre le celle adiacenti o coincidenti con la linea spartiacque del bacino assumono valori bassi;
- 2) drainage direction: mappa raster della direzione di flusso, generata attraverso un algoritmo che stima le traiettorie di flusso basandosi sulle direzioni di massima pendenza del DTM;
- 3) stream segments: mappa raster del reticolo idrografico;
- 4) basins: mappa raster dei bacini idrografici.

## 4.1 Digital Terrain Model

Per la definizione del modello digitale del terreno dei territori idrograficamente afferenti ai canali oggetto di studio sono stati utilizzati i dati ufficiali disponibili sul portale cartografico della Regione Basilicata. Il modello digitale di elevazione (anche noto come DEM, dall'inglese Digital Elevation Model) utilizzato rappresenta la distribuzione delle quote del territorio in formato digitale. Il modello digitale di elevazione utilizzato è in formato raster associando a ciascun pixel l'attributo relativo alla quota assoluta.

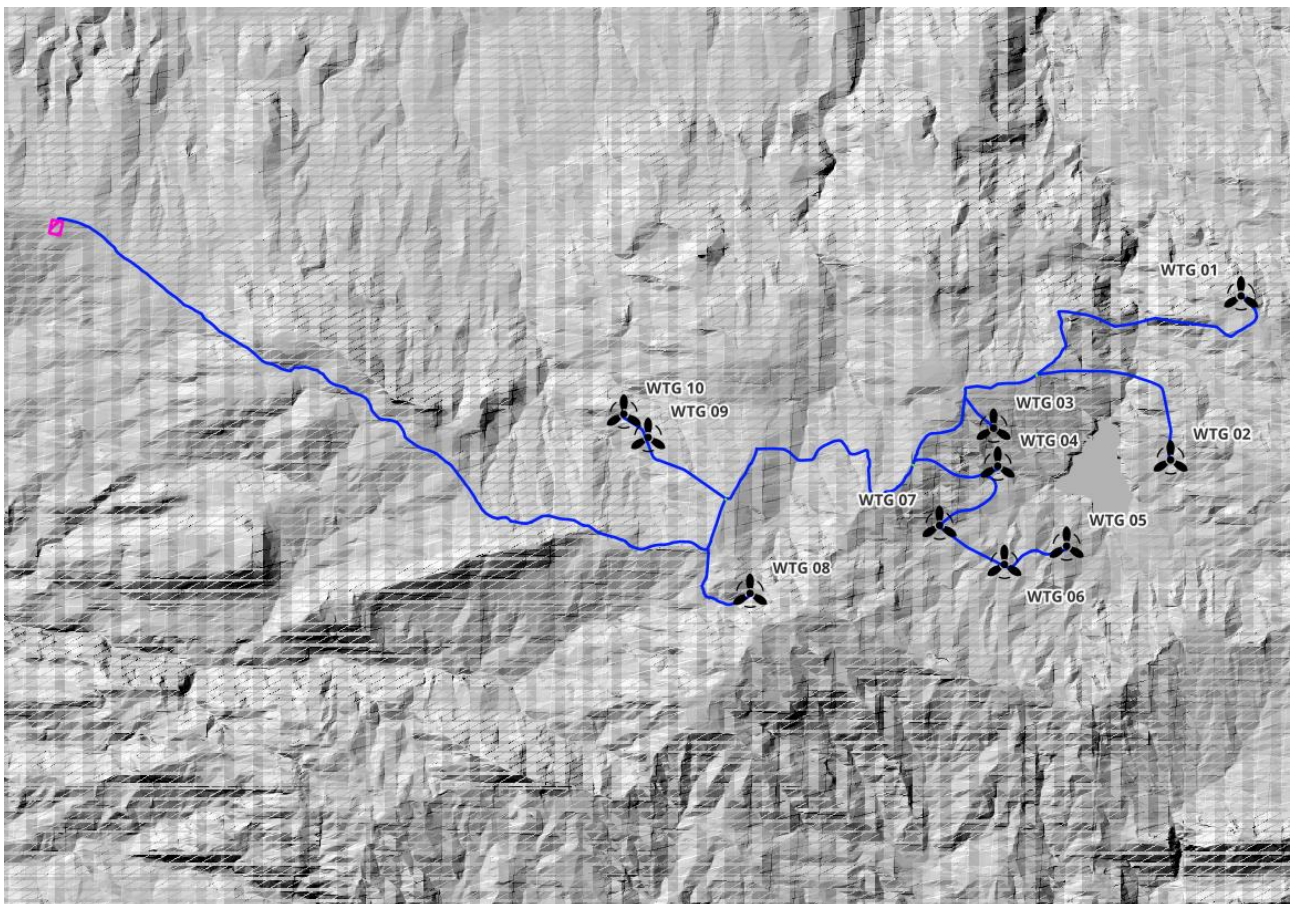



Figura 10: DTM con risoluzione ad 1 m adottato per lo studio idraulico e idrologico

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel  Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza  nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> MAGGIO 2024 Pag. 20 di 45
---	---	--

## 4.2 Slope Model

Una volta disponibile il DEM, utilizzando la procedura di calcolo descritta nel seguito è stato possibile ottenere un modello distribuito delle pendenze sul quale sono stati applicati successivamente gli algoritmi che hanno consentito di ottenere le informazioni idrauliche del territorio.

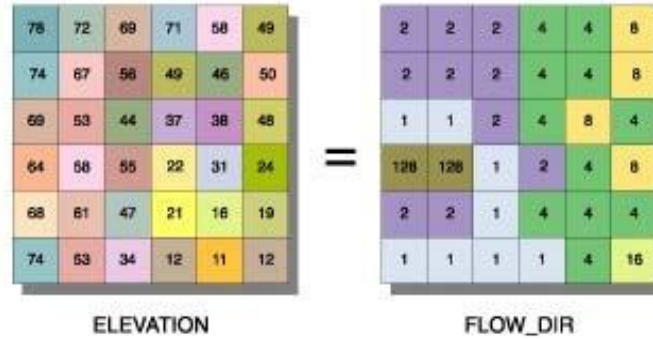
Concettualmente la pendenza identifica la massima variazione nel valore di quota di una cella del grigliato rispetto alle celle circostanti. Uno dei possibili risultati di questo calcolo può essere una matrice di valori che esprime la pendenza in percentuale oppure in gradi. In pratica l'algoritmo utilizzato esegue una media quadratica della massima variazione di quota nelle quattro direzioni del piano parallele al grigliato considerando le otto celle che contornano la cella in questione.

## 4.3 Flow Accumulation

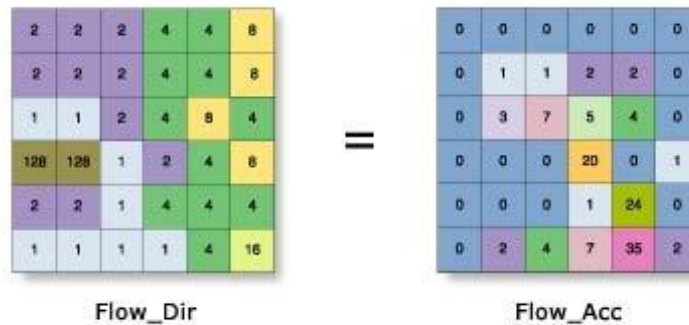
Dallo Slope Model con un opportuno algoritmo, gestito sempre in ambiente GIS, è stato possibile ricavare la griglia delle direzioni di flusso. Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti. Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.



Definita la griglia delle direzioni di flusso, un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Grazie alla generazione della griglia di accumulo è possibile successivamente stabilire un numero minimo di celle tributarie e definire in questo modo la linea di compluvio naturale.

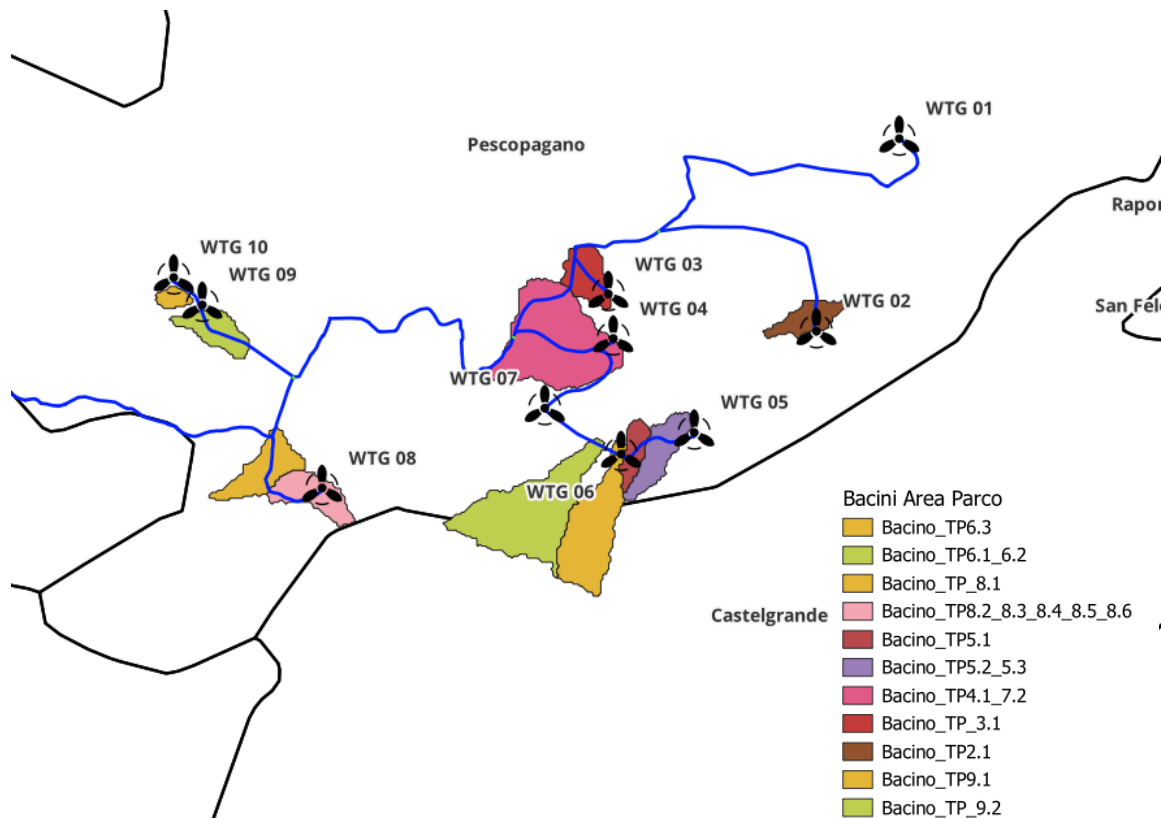
Queste tecniche, come si è anticipato, consentono la perimetrazione di un bacino idrografico oltre che la determinazione di tutti i parametri morfometrici di esso caratteristici.

#### 4.4 Perimetrazione dei bacini idrografici

Un Bacino Idrografico può essere considerato come una porzione di territorio capace di convogliare naturalmente e far defluire attraverso una sezione idraulica comunemente detta "sezione di chiusura"

l'acqua precipitata sulla stessa. La sezione di chiusura è rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale. La sezione di chiusura è rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale.

Grazie ai processi di analisi, precedentemente esposti, è stato possibile individuare i bacini idrografici gravanti l'area di studio, le cui caratteristiche morfometriche sono riportate nelle tabelle riportate nei paragrafi successivi. Un maggiore approfondimento sulle caratteristiche dei bacini idrografici, sui dati morfometrici e gli idrogrammi di piena si rimanda all'Appendice A che completa la presente relazione.



**Figura 11: Perimetrazioni bacini idrografici nell'area parco**



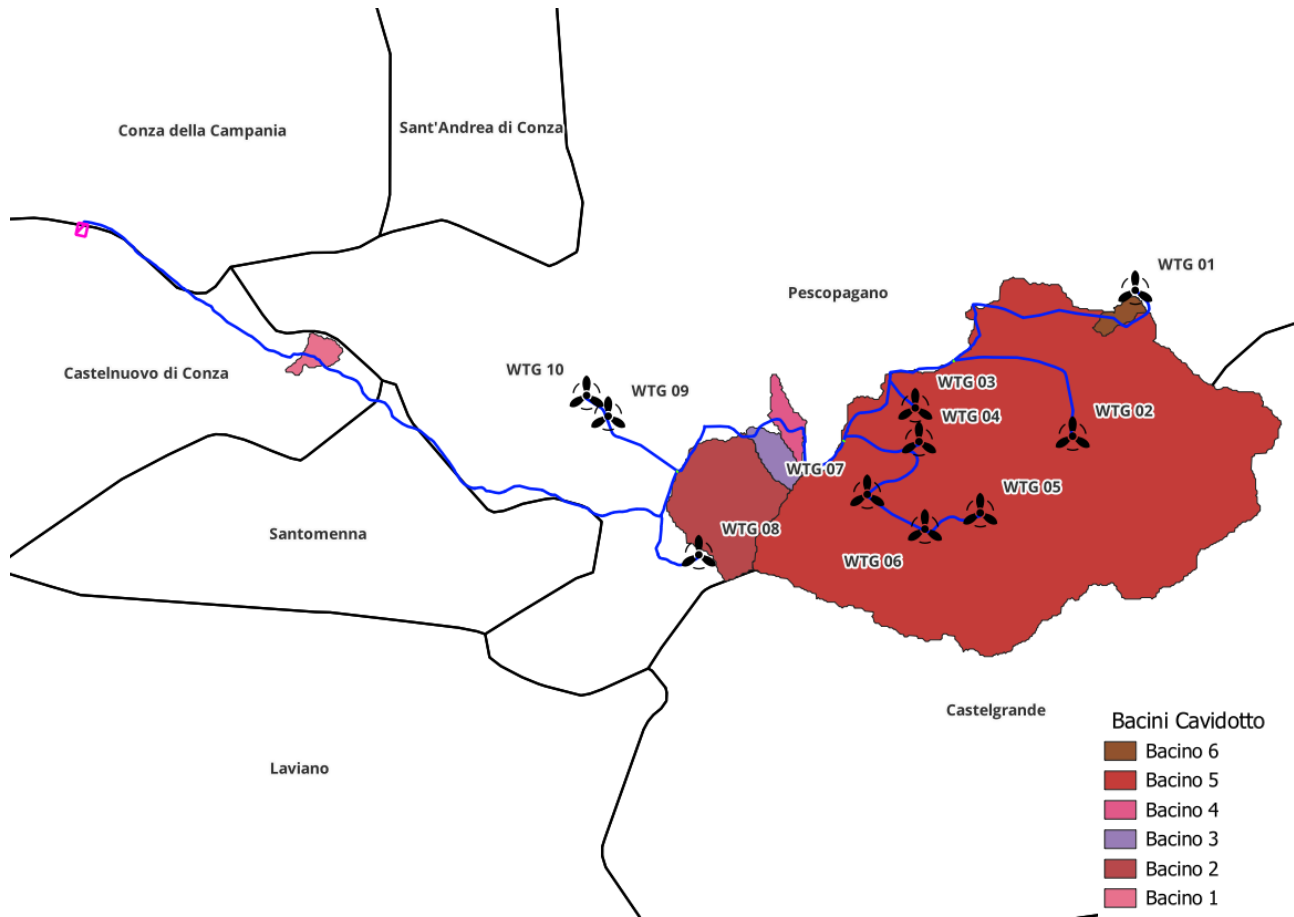



Figura 12: Perimetrazioni bacini idrografici lungo il percorso del cavidotto

## 5 ANALISI IDROLOGICA

### 5.1 Curva di Possibilità Pluviometrica (VAPI Campania)

Per i bacini individuati in corrispondenza degli attraversamenti di progetto TP\_8.1, TP\_8.2, TP\_8.3, TP\_8.4, TP\_8.5 e TP\_8.6 ed in corrispondenza dell'interferenza del cavidotto con un'asta idrica (Bacino 1 della figura precedente), la valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta, rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b></p> <p>MAGGIO 2024</p> <p>Pag. 24 di 45</p>
---	--	---

Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Campania".

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al., 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al., 1987).

La TCEV è un tipo di distribuzione probabilistica basata su due parametri che ipotizza i valori estremi di una grandezza idrologica facciano parte di due popolazioni diverse legate da differenti fenomeni meteorologici.

Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sotto-regioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

La curva di distribuzione di probabilità corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV legati al coefficiente di asimmetria e al coefficiente di variazione. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea, previamente identificata, al secondo livello di regionalizzazione, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno T ed il fattore di crescita  $K_T$ , ritenendo trascurabile la sua variabilità con la durata. Dove il fattore  $K_T$  è espresso mediante la formula:

$$K_T = 0.110 + 0.456 \ln T$$

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
$K_T$ (piogge)	0.93	1.22	1.43	1.65	1.73	1.90	1.98	2.26	2.55	2.95	3.26





## PROGETTO DEFINITIVO

"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"

### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

DATA:

MAGGIO 2024

Pag. 25 di 45

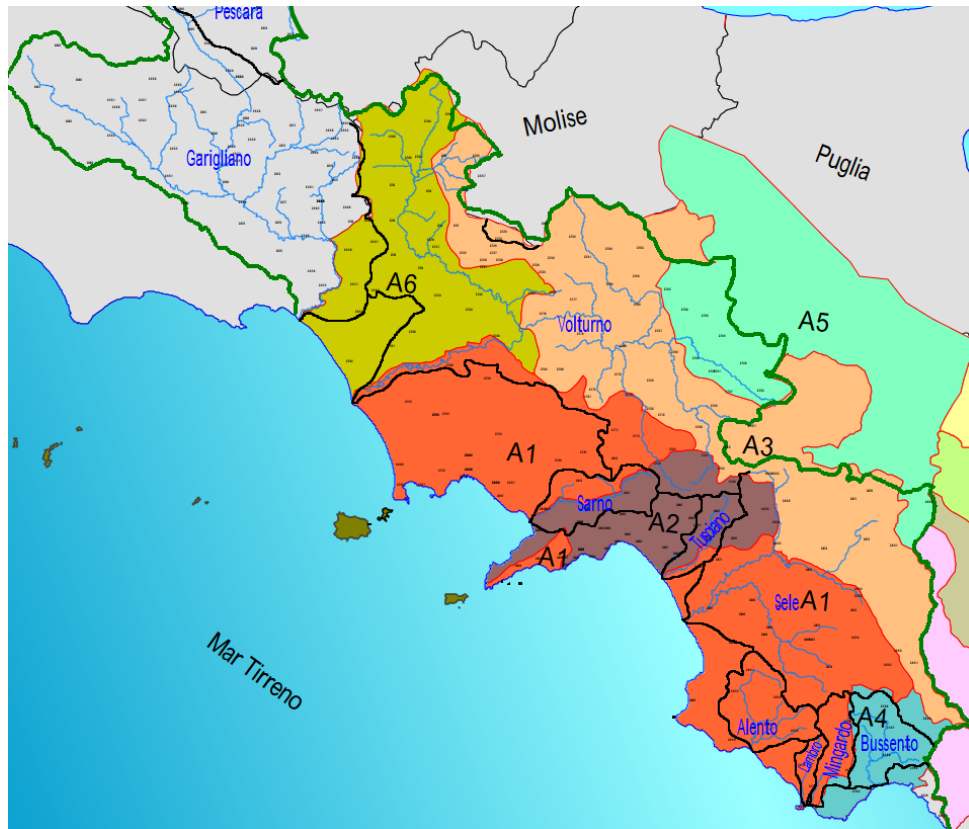
Con la regionalizzazione viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione delle serie storiche in relazione a fattori locali; in particolare si ricercano eventuali legami esistenti tra i valori medi dei massimi annuali delle piogge di diversa durata ed i parametri geografici significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località, consentendo in definitiva di proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$  alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$m[I(d)] = m(I_0) / \left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta$$

In definitiva il territorio di competenza della regione Campania è stato suddiviso in 7 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base dei seguenti parametri:

Area omogenea	n. staz.	$\mu(h_0)$ (mm/ora)	$d_c$ (ore)	C	$D * 10^5$	$\rho^2$
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969
7	11	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9989




**Figura 13: Aree pluviometriche omogenee VAPI Campania**

Nel caso in esame, i Comuni di Morra De Sanctis, Bisaccia e Andretta rientrano nella zona omogenea A3.

L'applicazione della metodologia VAPI all'area oggetto di studio, determinati tutti i parametri necessari, ha portato alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica.

Il VAPI è un progetto di valutazione delle piene in Italia nato dal GNDCI con lo scopo di predisporre una procedura uniforme sul territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. Lo scopo è quindi fornire uno strumento per valutare la produzione di portata nei bacini naturali e per effettuare previsioni future delle piene.

Ai fini della determinazione delle Curve di Possibilità Climatica, attraverso lo studio statistico del DEM, si determinano la quota media sul livello del mare del bacino.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>MAGGIO 2024</b> <b>Pag. 27 di 45</b>
---	---	--

I valori assunti dal fattore di crescita calcolati per i tempi di ritorno 30 e 200 anni e per i bacini sono riportati nella tabella sottostante:

TEMPO DI RITORNO	$K_T$
30 anni	2.17
200 anni	3.55

Tabella 1: Valore del fattore di crescita  $K_T$  delle piogge

## 5.2 Curva di Possibilità Pluviometrica (VAPI Puglia)


Per gli altri bacini individuati sia nell'area parco che lungo il cavidotto è stata adottata la valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta, rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale".

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al., 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al., 1987).

Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sotto-regioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

La curva di distribuzione di probabilità corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV legati al coefficiente di asimmetria e al coefficiente di variazione.

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b></p> <p><b>MAGGIO 2024</b></p> <p><b>Pag. 28 di 45</b></p>
---	--	---

Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea, previamente identificata, al secondo livello di regionalizzazione, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno  $T$  ed il fattore di crescita  $K_T$ , ritenendo trascurabile la sua variabilità con la durata.

Dove il fattore  $K_T$  è espresso mediante la

$$K_T = \frac{P_{d,T}}{X_T}$$

Con il terzo livello di regionalizzazione viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione delle serie storiche in relazione a fattori locali; in particolare si ricercano eventuali legami esistenti tra i valori medi dei massimi annuali delle piogge di diversa durata ed i parametri geografici significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località, consentendo in definitiva di proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio  $X_t$  dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$  alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$X_t = at^n$$

essendo "a" ed "n" i parametri caratteristici della curva di probabilità pluviometrica.

In definitiva il territorio di competenza della regione Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Zona 1:	$X(t,z) = 28.66 t^{(0.000503z+0.720/3.178)}$
Zona 2:	$X(t, z) = 22.23 t^{0.247}$
Zona 3:	$X(t,z) = 25.325 t^{(0.696+0.000531z) / 3.178}$
Zona 4:	$X(t, z) = 24.70 t^{0.256}$
Zona 5:	$X(t,z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002z) / 3.178}$
Zona 6:	$X(t,z) = 33.7 t^{(0.488+0.0022z) / 3.178}$


dove **t** = durata della precipitazione e **z** = altezza media del bacino considerato.



Figura 14: Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Puglia

Per quanto riguarda l'area del caso studio, essa ricade nella zona 4 del VAPI Puglia, dopodichè, noto il valore di  $X_t$ , è possibile ricavare il valore della pioggia massima per prefissato tempo di ritorno a partire dalla conoscenza del fattore probabilistico di crescita  $K_T$ .

Per la valutazione del fattore di crescita si è utilizzata la seguente relazione:

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>MAGGIO 2024</b> <b>Pag. 30 di 45</b>
---	---	--

$$K_T = a + b \ln T$$

Dove a e b sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Puglia settentrionale (zone 1, 2, 3 e 4), in riferimento ai parametri statistici, relativi alla legge del fattore di crescita, si fa riferimento alla seguente tabella

Zona omogenea	a	b
Puglia settentrionale	0.5648	0.415

Tabella 2: parametri a e b per area pluviometrica omogenea

L'applicazione della metodologia VAPI all'area oggetto di studio, determinati tutti i parametri necessari, ha portato alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica.

Ai fini della determinazione delle Curve di Possibilità Climatica, attraverso lo studio statistico del DEM, si determinano la quota media sul livello del mare del bacino.

I valori assunti dal fattore di crescita pluviometrico calcolati per i tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni sono riportati nella tabella sottostante.


TEMPO DI RITORNO	KT
30 anni	1.98
200 anni	2.76

Tabella 3: Valore del fattore di crescita KT pluviometrico

### 5.3 Massimizzazione delle portate di piena con il Metodo SCS

Per la determinazione degli eventi di piena si applicano modelli idrologici afflussi–deflussi basati sulle caratteristiche del bacino in forma globale.

Il metodo Numero di Curva (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, viene considerato come uno dei più importanti modelli non

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>MAGGIO 2024</b> <b>Pag. 31 di 45</b>
---	---	--

deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali tanto da essere inserito in modelli di tipo distribuito di previsione dei deflussi (Borselli et.al,1989).

Il metodo del Numero di Curva permette di determinare il deflusso diretto o pioggia efficace ( $P_e$ ) cioè la frazione della pioggia totale ( $P$ ) che direttamente e in maniera preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena.

Per il calcolo della pioggia efficace, il metodo SCS propone le seguenti equazioni:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S} \qquad P_n = P - IA \qquad IA = k_{ia} \cdot S$$

dove:

$P$  = pioggia totale [mm]

$P_e$  = pioggia efficace o deflusso diretto [mm],

$P_n$  = la pioggia netta [mm],

$S$  = capacità idrica massima del suolo o volume specifico di saturazione [mm],

$IA$  = perdite iniziali [mm],

$k_{ia}$  = coefficiente di perdite iniziali.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:


$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

In cui i termini sono espressi in millimetri e si è indicato con  $V$  il volume di deflusso e con  $W$  l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo.

Tenendo conto che le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo mediante la seguente relazione:

$$I_a = 0.2 S$$



	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel          Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza          nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>MAGGIO 2024</b> <b>Pag. 32 di 45</b>
---	---	--

e che la precipitazione netta  $P_n$  si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

sostituendo il valore di  $W$  ricavato da quest'ultima nella prima relazione, tenendo conto dell'espressione della pioggia netta e del valore delle perdite iniziali, si perviene alla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0.2 S)^2}{(P + 0.8 S)}$$


L'applicazione di tale relazione presuppone, oltre alla conoscenza della precipitazione totale  $P$ , la stima del massimo invaso  $S$  del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra zero (suolo perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso).

La valutazione di  $S$  viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 \left( \frac{100}{CN} - 10 \right)$$

in cui figura in parametro  $CN$ , denominato *Curve Number*, che assume valori compresi tra 100 e 0.

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico, l'SCS individua tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC=Antecedent Moisture Condition) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella seguente.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>MAGGIO 2024</b> <b>Pag. 33 di 45</b>
---	---	--

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Tabella 4: Attribuzione della classe AMC


Il CN così individuato può essere adattato a diverse condizioni di umidità attraverso le seguenti formule di conversione:

$$CN (I) = \frac{CN (II)}{2.3 - 0.013 CN(II)} \qquad CN (III) = \frac{CN (II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Mentre nella tabella seguente viene riportata la classificazione in classi delle caratteristiche idrologiche dei suoli.

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

Tabella 5: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel  Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza  nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> MAGGIO 2024 Pag. 34 di 45
---	---	--

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato.

Nel caso in esame, ogni sottobacino scolante è stato analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso: si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come "media pesata" dei valori singolari imposti sulle i-esime sub-aree:  $CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$  dove  $p_1, p_2, \dots, p_n$  sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a  $CN_1, CN_2, \dots, CN_n$ . La determinazione del CN per il sito in oggetto è meglio descritta nell'Appendice A correlata alla seguente relazione.

I valori di CN corrispondenti alle classi AMCI e AMCIII si determinano dal valore del CN relativo alla classe AMCII applicando le seguenti relazioni:

$$FI = 3,0 + ,0 00636CN \text{ valida per } 20 \leq CN \leq 95$$

$$FIII = 3 ,4212 - ,11999\log CN$$



## PROGETTO DEFINITIVO

"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"

### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

DATA:

MAGGIO 2024

Pag. 35 di 45

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m <sup>2</sup> (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m <sup>2</sup> (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m <sup>2</sup> (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m <sup>2</sup> (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m <sup>2</sup> (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m <sup>2</sup> (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheeggi, tetti, autostrade, ....	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tabella 6: Valori di "Curve Number (CN)" in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo: *Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992*

L'individuazione, delle aree omogenee per destinazione d'uso e condizione idrica è stata svolta in ambiente GIS, intersecando gli shapefile di uso del suolo e permeabilità dell'area oggetto di studio.

La portata al colmo di piena corrisponde alla **massima portata** generata da una precipitazione di durata critica tale da mettere in crisi la rete idrografica e dipende fortemente dall'estensione del bacino. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.



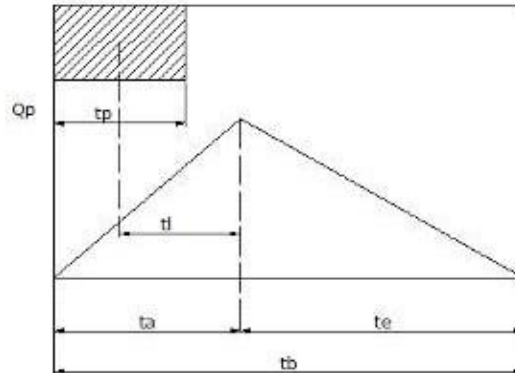


Figura 15: Idrogramma di Mockus

Per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS, si è considerato un idrogramma approssimato di forma triangolare (Mockus), che ha una fase crescente di durata  $t_a$  ed una fase di esaurimento di durata  $t_e$ , il cui volume ha la seguente espressione:

$$\text{Vol} = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

Dove  $t_b$  è il tempo di durata dell'evento di piena ed è rappresentato dalla relazione seguente:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Il tempo  $t_a$ , relativo alla fase crescente dell'evento di piena, è legato al tempo  $t_p$  ed a  $t_L$  dalla

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

Mentre il tempo di ritardo, espresso in ore, nella formula di Mockus è definito dalla

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in %,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale espressa in km e  $CN$  è il "curve number" medio del bacino.



## PROGETTO DEFINITIVO

"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"

### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

DATA:  
MAGGIO 2024  
Pag. 37 di 45


Poiché la precipitazione critica per il bacino è quella avente una durata pari al tempo di corrivazione, la durata dell'evento meteorico di riferimento  $t_p$  viene imposta pari a  $t_c$  mentre il tempo di corrivazione è correlato al tempo di ritardo attraverso la seguente relazione:

$$\frac{t_L}{t_c} = 0,6$$

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle portate calcolate per ogni bacino perimetrato.

ID Bacino	$Q_{TR=30}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{TR=200}$ ( $m^3/s$ )
Bacino TP_8.1	0.03	0.43
Bacino TP_8.2_8.3_8.4_8.5_8.6	0.01	0.26
Bacino TP_6.1_6.2	0.84	2.5
Bacino TP_6.3	1.62	3.97
Bacino TP_5.1	0.37	0.91
Bacino TP_5.2_5.3	0.66	1.60
Bacino TP_4.1_7.2	1.99	5.04
Bacino TP_7.1	0.10	0.70
Bacino TP_3.1	0.68	1.77
Bacino TP_2.2	0.91	1.90
Bacino TP_9.1	0.17	0.64
Bacino TP_10.1	0.03	0.16
Bacino TE_1_TE_2	0.50	1.69
Bacino TE_3	1.35	3.54

Tabella 7: Valori di portata calcolati per i bacini individuati nell'area parco

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>MAGGIO 2024</b> <b>Pag. 38 di 45</b>
---	---	--

ID Bacino	$Q_{TR=30}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{TR=200}$ (m <sup>3</sup> /s)
Bacino 1	0.94	2.33
Bacino 2	11.38	20.42
Bacino 3	0.15	0.68
Bacino 4	0.17	0.65
Bacino 5	37.04	74
Bacino 6	1.55	2.94

Tabella 8: Valori di portata calcolati per i bacini individuati lungo il cavidotto

## 6 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica è stata realizzata considerando la situazione attuale di stato di fatto e si è utilizzato un modello di simulazione monodimensionale in moto permanente.

### 6.1 Simulazione idraulica

L'analisi è stata realizzata con un modello monodimensionale, con il software di simulazione idraulica HEC-RAS 6.3.1. Il software è stato sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Si sono costruiti i profili di corrente in moto permanente lungo il sistema idrografico di interesse, sono state considerate le portate con periodo di ritorno T pari a 30 e 200 anni calcolate come specificato nell'analisi idrologica (Appendice A).

Le sezioni trasversali, ove possibile, sono state estrapolate dal DTM ricavato dal Geoportale Basilicata.

Lo schema geometrico del modello idraulico è riportato nelle figure seguenti (Figura 14).

Tutte le sezioni ed i relativi dati sono riportati dettagliatamente nell'Appendice B.

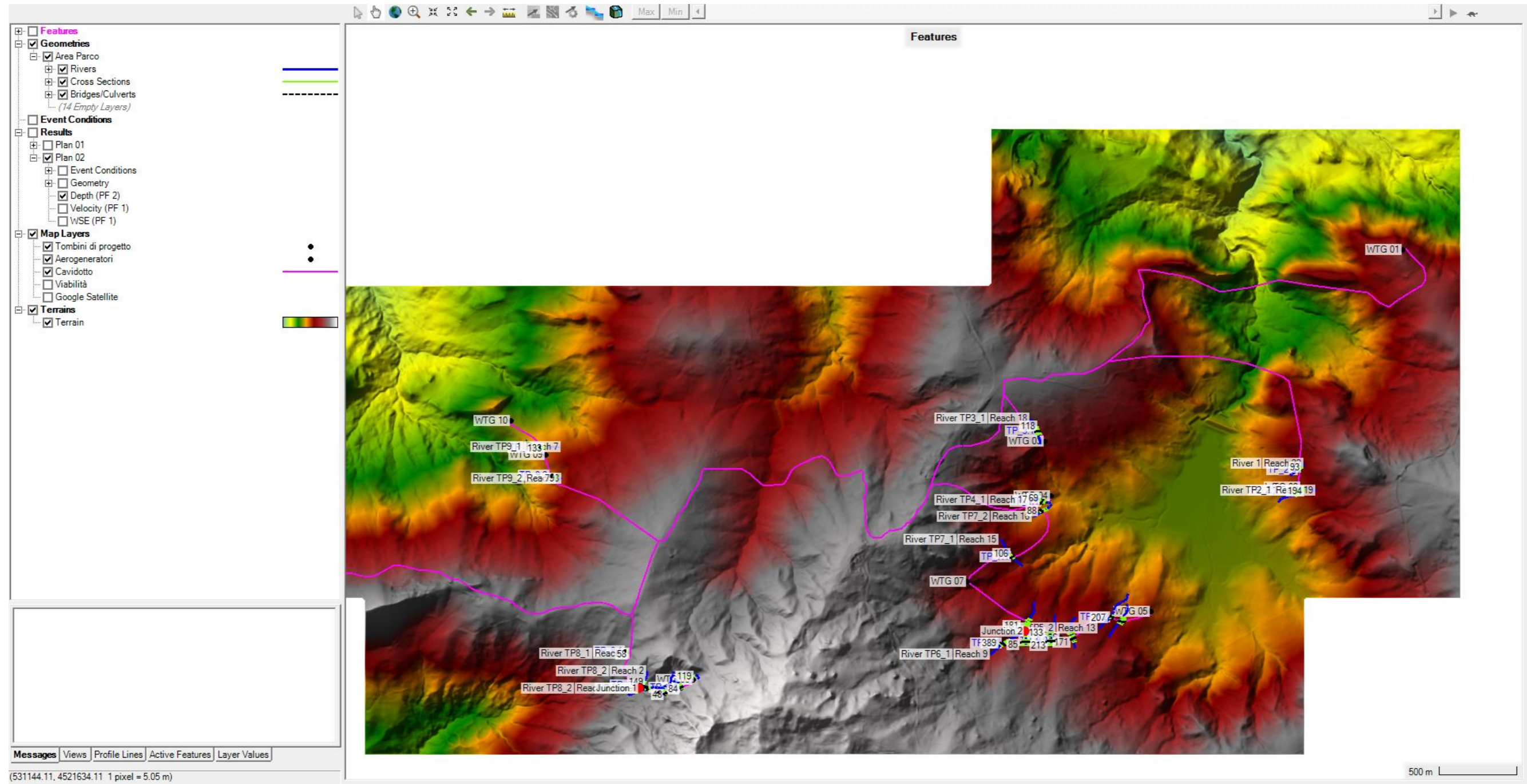


Figura 16: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain nell'area parco



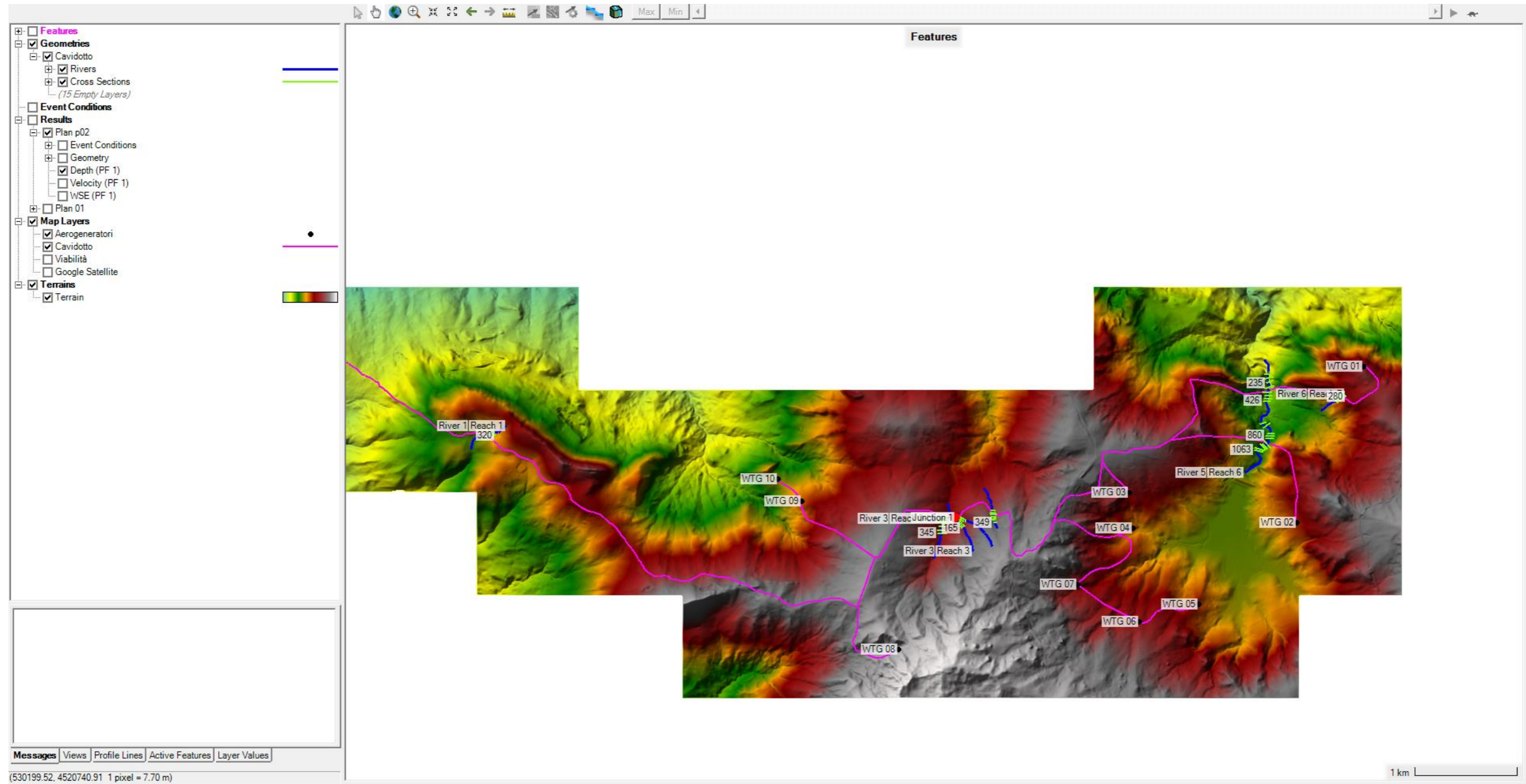


Figura 17: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain lungo il cavidotto



## PROGETTO DEFINITIVO

"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"


DATA:  
MAGGIO 2024  
Pag. 41 di 45

### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Per quanto riguarda la scabrezza si è fatto riferimento ad un coefficiente di Manning pari a 0.033  $m^{1/3}/s$  e per le condizioni al contorno, viste le pendenze medie dei tronchi in oggetto, si è imposta l'altezza di stato critico in una sezione sufficientemente a valle ed a monte per evitare che tale scelta condizioni il profilo di corrente nell'area di interesse.

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
<b>ALVEI DI PIANURA</b>			
non vegetati, rettilinei, corrente regolare	0.025	0.030	0.033
come sopra ma con pietre e alghe	0.030	0.035	0.040
non vegetati, tortuosi con molienti e rapide	0.033	0.040	0.045
come sopra ma con pietre e alghe	0.035	0.045	0.050
come sopra, in magra	0.040	0.048	0.055
non vegetati, tortuosi, pietre, molienti e rapide	0.045	0.050	0.060
molto irregolari e alghe molto fitte	0.075	0.100	0.150
<b>ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI)</b>			
sul fondo: ghiaia, ciotoli e massi radi	0.030	0.040	0.050
sul fondo: ciotoli e grandi massi	0.040	0.050	0.070
<b>GOLENE E PIANE INONDABILI</b>			
prato senza cespugli, erba bassa	0.025	0.030	0.035
prato senza cespugli, erba alta	0.030	0.035	0.050
campi incolti	0.020	0.030	0.040
coltivazioni a filari	0.025	0.035	0.045
colture di cereali in pieno sviluppo	0.030	0.040	0.050
aree con cespugli sparsi e erba alta	0.035	0.050	0.070
aree con cespugli bassi e alberi, in inverno	0.035	0.050	0.060
aree con cespugli bassi e alberi, in estate	0.040	0.060	0.080
cespugli fitti, in inverno	0.045	0.070	0.110
cespugli fitti, in estate	0.070	0.100	0.160

Tabella 6: coefficienti di scabrezza di Manning da CHOW V. T. 1959, Open Channel Hydraulics

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b></p> <p><b>MAGGIO 2024</b></p> <p><b>Pag. 42 di 45</b></p>
---	--	---

## **7 METODOLOGIA DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON I CORPI IDRICI PER GLI ATTRAVERSAMENTI ESISTENTI**

### **7.1 Attraversamento mediante Trivellazioni Orizzontali Controllate (T.O.C.)**

Il progetto prevede, in corrispondenza delle interferenze del cavidotto di alta tensione (a 36kV) con le aree a potenziale rischio alluvionale (APSFR) indicate dal PGRA, con le acque iscritte nel registro delle acque pubbliche e con le aste idriche vincolate ai sensi del DLgs 42/2004 di superare tali criticità mediante la tecnica delle Trivellazioni Orizzontali Controllate (T.O.C), che consente di superare le aree tutelate e a pericolosità idrogeologica attraverso l'immissione dei cavi con metodologia "nodding" (senza scavo) come riportato nell'elaborato della "Relazione sulla risoluzione delle interferenze". Questa tecnologia permette di effettuare la posa di cavi con un sistema di aste teleguidate che perforano il sottosuolo creando lo spazio necessario alla posa secondo lo schema riportato in Figura 18.

Tale metodologia presenta due tipologie di vulnerabilità: la prima è relativa all'interferenza possibile tra le opere in "aggetto" dal piano campagna come i pozzetti di estremità la seconda è legata ai fenomeni di evoluzione degli alvei naturali che possono presentare escavazioni al fondo, localizzate o diffuse.

Infatti, una volta realizzato l'attraversamento, questo viene completato con due pozzetti in calcestruzzo armato, uno di monte e l'altro di valle, in corrispondenza delle estremità del contro tubo. La verifica alla vulnerabilità è soddisfatta posizionando tali pozzetti al di fuori delle fasce del rischio individuate in corrispondenza di un periodo di ritorno di 200 anni e comunque esternamente alla fascia di rispetto individuata dal P.A.I. agli artt. 6 e 10 di 75 m in destra idraulica e 75 m in sinistra idraulica. Il superamento della vulnerabilità legata all'erosioni in corrispondenza della tubazione è ottenuto posizionando la profondità di posa a quota maggiore delle massime escavazioni previste in fase delle piene, dette di modellamento, dell'alveo.

In tali sezioni la profondità di posa della TOC è di circa 20 m, in funzione della profondità della frana, o del complesso di frane, che ivi si realizzano.




Tali profondità sono sicuramente tali da non essere raggiunte da erosioni d'alveo localizzate o diffuse che possono verificarsi in corrispondenza di dinamiche d'alveo.

Pertanto appare superfluo condurre un'analisi di stabilità morfologica d'alveo.



**Figura 18: Schema delle fasi operative per la realizzazione della tubazione tramite T.O.C.**



	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b></p> <p><b>MAGGIO 2024</b></p> <p><b>Pag. 44 di 45</b></p>
---	--	---

## 8 CONCLUSIONI

Nello studio su esposto e negli elaborati allegati, Appendice A e Appendice B, si è proceduto alla verifica di dettaglio dello stato di fatto valutando per ogni asta fluviale le aree a rischio di fenomeni di carattere alluvionale.

Dallo studio condotto si conclude precisando che:

- L'area del parco eolico si sviluppa nelle aree limitrofe a zone mappate a potenziale rischio alluvione e, pertanto, è stata condotta l'analisi mediante modellazione idraulica con software Hec-Ras. Dall'analisi idraulica, condotta a mezzo software per i periodi di ritorno considerati di 30 e 200 anni, l'area del parco risulta non soggetta a rischio idraulico. L'analisi idrologica e idraulica in prossimità degli aerogeneratori ha evidenziato che essi non sono interessati da eventuali fenomeni di carattere alluvionale.
- L'aerogeneratore WTG08 presenta un'asta idrica adiacente alla piazzola di montaggio, tale impluvio, dalla simulazione idraulica, non comporta alcuna criticità in termini progettuali in quanto i tiranti idrici sono trascurabili, nonostante ciò si prevedrà la deviazione di tale corso d'acqua durante le fasi di cantiere per poi ripristinarne il deflusso naturale durante la fase di esercizio.
- In merito alla viabilità sviluppata per ciascun aerogeneratore, date le diverse interferenze di quest'ultima con aste idriche di vario tipo, saranno previsti degli attraversamenti di progetto scatolari in c.a. e attraversamenti circolari di tipo ARMCO.
- Per quanto riguarda il cavidotto saranno adottate tutte le cautele nello scavo e nel ripristino con la chiusura dello scavo, durante la fase di realizzazione, immediata dopo la posa del cavo. Nel tratto di interferenza con le aree indicate dal PGRA come areali a potenziale rischio alluvionale (APSF) e con aste idriche appartenenti al Demanio Pubblico ed anche vincolate paesaggisticamente, soluzione progettuale prevista è a mezzo T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata) pertanto anche nelle condizioni peggiori, collegate a tempi di ritorno



## PROGETTO DEFINITIVO

"Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nel Comune di Pescopagano (PZ) denominato "Saetta" di potenza nominale pari a 72 MW"

### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

DATA:

MAGGIO 2024

Pag. 45 di 45

pari a duecento anni, gli effetti a cui sono soggetti i corsi d'acqua, che interferiscono con il cavidotto, non avranno ripercussioni sugli elementi di progetto interferenti.

Gli attraversamenti di progetto che verranno realizzati avranno tali sezioni:

NOME ATTRAVERSAMENTO	TIPOLOGIA	DIMENSIONI
TP_2.1	2 SCATOLARI IN C.A. CANZIAN	120x80 cm
TP_3.1	ARMCO CIRCOLARE	120 cm
TP_4.1	SCATOLARE IN C.A. CANZIAN	120x120 cm
TP_5.1	2 SCATOLARI IN C.A. CANZIAN	120x80 cm
TP_5.2	SCATOLARE IN C.A. CANZIAN	160x80 cm
TP_5.3	SCATOLARE IN C.A. CANZIAN	120x100 cm
TP_6.1_6.2	SCATOLARE IN C.A. CANZIAN	120x120 cm
TP_6.3	SCATOLARE IN C.A. CANZIAN	200x125 cm
TP_7.1	SCATOLARE IN C.A. CANZIAN	120x80 cm
TP_7.2	2 SCATOLARI IN C.A. CANZIAN	120x80 cm
TP_8.1	SCATOLARE IN C.A. CANZIAN	120x80 cm
TP_8.2_8.3_8.4_8.5_8.6	ARMCO CIRCOLARE	80 cm
TP_10.1	ARMCO CIRCOLARE	80 cm
TP_9.1	SCATOLARE IN C.A. CANZIAN	120x80 cm

ove il primo numero del codice alfanumerico identifica l'aerogeneratore mentre il secondo indica il numero di attraversamento da realizzare lungo la viabilità.