



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.09458.12.001.04

PAGE

1 di/of 28

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

INTEGRALE RICOSTRUZIONE DELL' IMPIANTO EOLICO "CALTAVUTURO1", UBICATO NEL COMUNE DI CALTAVUTURO (PA)

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idrologica e idraulica

File: GRE.EEC.R.25.IT.W.09458.12.001.04 - Relazione idrologica e idraulica.docx

04	11/04/2023	<i>Integrati commenti</i>	M. Da Ros	G. Alfano	P. Polinelli
03	06/04/2023	<i>Integrati commenti</i>	M. Da Ros	G. Alfano	P. Polinelli
02	27/03/2023	<i>Integrati commenti</i>	M. Da Ros	G. Alfano	P. Polinelli
01	09/03/2023	<i>Integrati commenti</i>	M. Da Ros	G. Alfano	P. Polinelli
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

	<i>G. Papa</i>	<i>L. Iacofano</i>
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT Caltavuturo1	GRE CODE																			
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	2	5	I	I	W	0	9	4	5	8	1	2	0	0	1	0	4
CLASSIFICATION	PUBLIC				UTILIZATION SCOPE	BASIC DESIGN														

This document is property of Enel Green Power Italia s.r.l. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power Italia s.r.l.

INDEX

1. INTRODUZIONE	3
1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE	3
1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	6
3.1. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI INTERESSATI	6
3.1.1. BACINO PRINCIPALE DEL FIUME IMERA SETTENTRIONALE	6
4. STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	10
4.1. MODELLO TCEV	10
4.2. RISULTATI	11
5. OPERE IN PROGETTO E RETICOLO IDROGRAFICO	14
5.1. VIABILITÀ E BACINI SCOLANTI	14
6. STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	15
6.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOTTOBACINI CRITICI	16
6.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE	20
7. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA	25
7.1. OPERE IDRAULICHE DI PROGETTO	25
7.1.1. FOSSI DI GUARDIA	25
7.1.2. ATTRAVERSAMENTI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI DI SCARICO	26
7.1.3. CANALETTE TRASVERSALI	28

1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power Italia Srl ("EGP Italia") di redigere il progetto definitivo per il potenziamento dell'esistente impianto eolico ubicato nel Comune di Caltavuturo (PA), costituito da 20 turbine eoliche (WTG), di potenza 0,85 MW ciascuna, per un totale di 17 MW installati.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori dell'impianto viene convogliata tramite cavidotto interrato MT, alla Sottostazione di trasformazione MT/AT "Contrada Colla centrale", ubicata in adiacenza della Stazione E-Distribuzione "Caltavuturo" collegata mediante stazione elettrica di Terna alla linea 150 kV "Caracoli - Caltanissetta".

La soluzione di connessione che verrà adottata per il nuovo impianto in progetto ricalcherà l'esistente, previo il potenziamento della linea AT "Caracoli- Caltanissetta" come previsto da STMG.

L'intervento in progetto prevede l'integrale ricostruzione dell'impianto, tramite l'installazione di nuove turbine eoliche, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, che consente di ridurre il numero di macchine da 20 a 6, diminuendo in questo modo l'impatto visivo, in particolare il cosiddetto "effetto selva". Inoltre, la maggior efficienza dei nuovi aerogeneratori comporta un aumento considerevole dell'energia specifica prodotta, riducendo in maniera proporzionale la quantità di CO2 equivalente.

1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Enel Green Power Italia Srl., in qualità di soggetto proponente del progetto, è una società del Gruppo Enel che si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili facente capo a Enel Green Power Spa.

Il Gruppo Enel, tramite la controllata Enel Green Power Spa, è presente in 28 Paesi nei 5 continenti con una capacità gestita di oltre 46 GW e più di 1200 impianti.

In Italia, il parco di generazione di Enel Green Power è rappresentato dalle seguenti tecnologie rinnovabili: idroelettrico, eolico, fotovoltaico, geotermia. Attualmente nel Paese conta una capacità gestita complessiva di oltre 14 GW.

1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

La presente relazione costituisce la relazione idrologica e idraulica del progetto definitivo.

Il capitolo 2 contiene l'inquadramento territoriale dell'opera.

Nel capitolo 3 viene presentato l'inquadramento idrografico dell'opera in progetto, identificandone i differenti bacini idrografici. Viene fornita una descrizione di ogni bacino interessato.

Il capitolo 4 illustra la metodologia di calcolo per la stima delle curve di possibilità pluviometrica ed i risultati di tale calcolo.

Nel capitolo 5 vengono discussi i risultati del capitolo precedente, contestualizzandoli in riferimento all'opera in progetto.

Il capitolo 6 illustra la metodologia di calcolo delle portate sulla base dei risultati ottenuti ai capitoli precedenti e spiega i risultati di tali elaborazioni.

Infine, nel capitolo 7 vengono presentate le opere di progetto finalizzate alla regimazione delle acque meteoriche.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito si trova nella provincia di Palermo ed interessa il territorio del comune di Caltavuturo.

L'area è identificata dalle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 37°48'34.35"N

Longitudine: 13°56'32.94"E

L'impianto in progetto ricade all'interno dei seguenti fogli catastali:

Comune di Caltavuturo: n° 23, n° 29, n° 30

L'area di progetto ricade all'interno del foglio I.G.M. in scala 1:25.000 codificato 259-II-NE, denominato "Caltavuturo1".

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la posizione degli aerogeneratori su ortofoto.

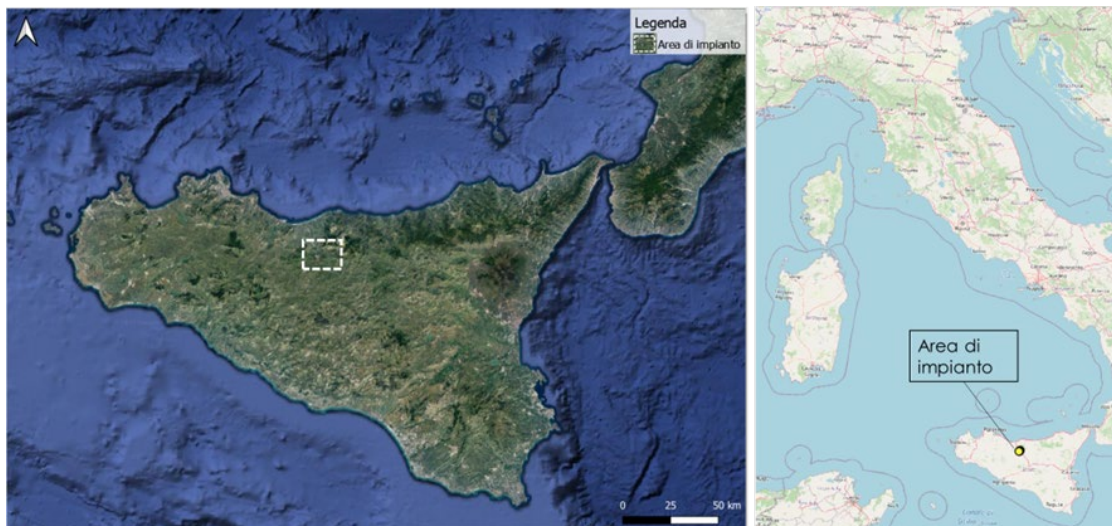


Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto.



Figura 2-2: Configurazione proposta su ortofoto.

Si riporta invece in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle WTG di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 33 N:

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]	Altitudine [m s.l.m.]
CVT1-01	Caltavuturo	406489,80	4185156,00	805
CVT1-02	Caltavuturo	406363,04	4184651,96	797
CVT1-03	Caltavuturo	406061,14	4183943,01	869
CVT1-04	Caltavuturo	405770,85	4183483,46	909
CVT1-05	Caltavuturo	405247,00	4183520,00	905
CVT1-06	Caltavuturo	404755,00	4183658,00	868

Tabella 2-1 Coordinate aerogeneratori.

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'intero impianto eolico di Caltavuturo1 ricade all'interno di un solo bacino idrografico: il bacino del Fiume Imera Settentrionale.

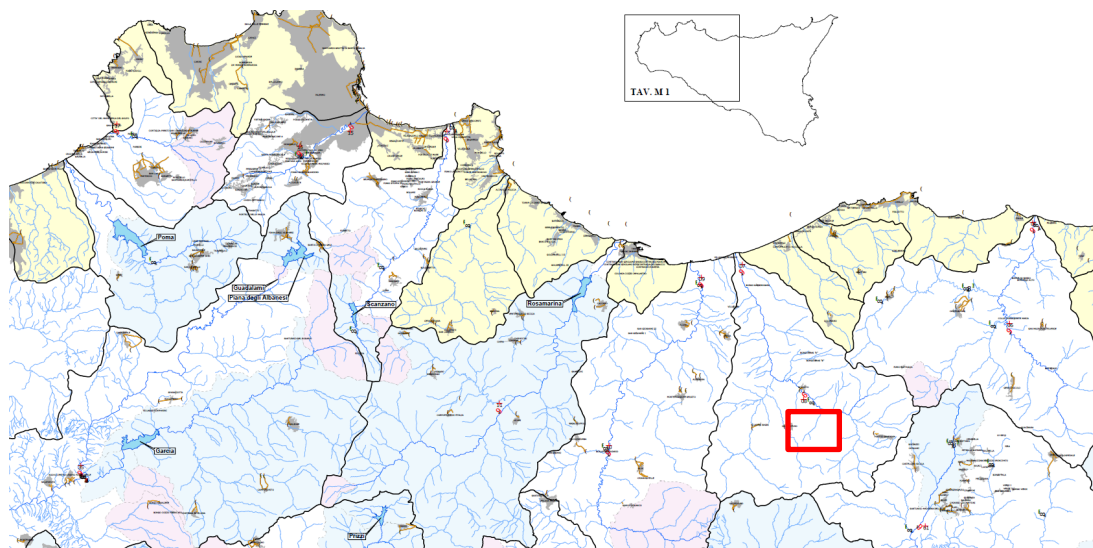


Figura 3-1 Stralcio allegato A.1.1 del PTA - Piano di Tutela delle Acque, l'area di progetto è evidenziata in rosso.

3.1. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI INTERESSATI

3.1.1. BACINO PRINCIPALE DEL FIUME IMERA SETTENTRIONALE

3.1.1.1. *Inquadramento territoriale*

Il bacino del Fiume Imera Settentrionale o Fiume Grande ricade nel versante settentrionale della regione, per una superficie complessiva di circa 342 km².

Dal punto di vista amministrativo, il bacino insiste sui territori di nove comuni della provincia di Palermo (Caltavuturo, Campofelice di Roccella, Cerda, Collesano, Scillato, Sclafani Bagni, Termini Imerese e Valledolmo). Il Bacino copre l'intera area del comune di Caltavuturo.



Figura 3-2 Bacino idrografico del Fiume Imera Settentrionale.

3.1.1.2. *Morfologia*

L'asta principale del Fiume Imera Settentrionale e la sua naturale prosecuzione verso monte, Torrente Fichera, suddividono il bacino in due aree differenti dal punto di vista morfologico.

In destra orografica prevalgono le forme più aspre ed accidentate a causa della presenza di affioramenti arenaceo-conglomeratici, calcareo-marnosi e calcareo-dolomitici che costituiscono, in gran parte, il gruppo montuoso delle Madonie Occidentali. Qui il paesaggio presenta rotture di pendenza marcate e forti variazioni altimetriche che dai 200 m del letto dell'Imera si spingono a circa 1900 m nelle vette più alte.

Nella zona occidentale il quadro morfologico presenta caratteristiche diverse; in particolar modo nell'area in corrispondenza del sottobacino del T. Castellucci-Salito prevalgono affioramenti plastici, che danno luogo a forme dolci e poco acclivi. Più a valle spiccano, in posizione isolata, i rilievi carbonatici di Rocca di Sciarra (m 1080) e di Sclafani Bagni (m 755).

Superata la confluenza tra il T. Salito e il F. Imera Settentrionale, l'aspetto morfologico si inverte: in destra idrografica si hanno versanti via via più dolci ed un reticolo idrografico complesso, mentre in sinistra si osservano maggiori pendenze nei versanti, un reticolo più semplice con numerosi torrenti ad andamento perpendicolare all'asta principale e sviluppo di sottobacini allungati in senso est-ovest. Nello stesso tratto, il fondovalle si allarga ed attraversa ampie aree alluvionali, testimonianze di periodi climatici molto differenti da quello attuale.

3.1.1.3. Idrografia

Il fiume Imera Settentrionale o Fiume Grande, lungo circa 35 Km, ha origine, con il nome di Torrente Fichera, dalla dorsale costituita dai rilievi di Cozzo Lavanche (m 848), Monte San Giorgio (m 897) e Cozzo Fra Giacomo (m 781). Ha un andamento S-N nel tratto iniziale, nella porzione intermedia è orientato all'incirca SE-NW, mentre scorre in direzione SSE-NNW nella parte terminale.

Il corso idrico è suddivisibile in tre segmenti, in base all'andamento delle pendenze medie. Nel primo, corrispondenti alla zona di monte (T. Fichera) e fino alla confluenza con il T. S. Nicola, le pendenze medie sono molto elevate; per la ripidità dell'alveo il corso d'acqua erode energicamente in profondità e lateralmente, dando origine ad un reticolo idrografico di tipo "dendritico" fitto e ramificato, con impluvi incassati. Litologicamente, l'area attraversata è costituita prevalentemente dalle Argille Varicolori, terreni facilmente erodibili, soggetti a frane superficiali e soliflusso, e da ampie aree calanchive nei versanti più acclivi (C. da Lavanche). Successivamente, dalla confluenza con il T. San Nicola, l'asta incontra, trasversalmente al suo corso, la struttura geologica di M. Cervi che rappresenta un evidente ostacolo e "soglia" morfostrutturale per il tratto precedente.

Il secondo segmento termina in corrispondenza del brusco salto di pendenza posto intorno a quota 200 metri s.l.m. circa. Qui il corso d'acqua scorre incassato tra i banconi arenaceo-conglomeratici della Fm. Terravecchia affioranti a Costa Guggino e M. Riparato.

Superato il tratto in forte pendenza relativa, la valle si allarga (terzo segmento), diminuisce la pendenza media, predominano i fenomeni di accumulo ed il fiume scorre su un materasso alluvionale di discreto spessore. Ai bordi della piana alluvionale sono osservabili terrazzi alluvionali e conoidi ben sviluppate, presenti allo sbocco dei V.ni Mondaletto e Garbinogara. In questo tratto dell'asta che giunge fino alla foce, il fiume è stato rettificato artificialmente e cementificato negli ultimi 900 metri del suo corso.

Gli affluenti principali dell'Imera Settentrionale sono:

In destra idrografica: V.ne Zacca, Rio Secco e V.ne San Nicola, V.ne Mondaletto e V.ne Garbinogara;

Nel lato sinistro: T. Salito- Castellucci, che comprende i torrenti Caltavuturo, Niscemi e San Lorenzo, V.ne Ginestra, V.ne Sfasciapignatte, T.Passo Ugliata, T. Cugni e T. Monte Cibello.

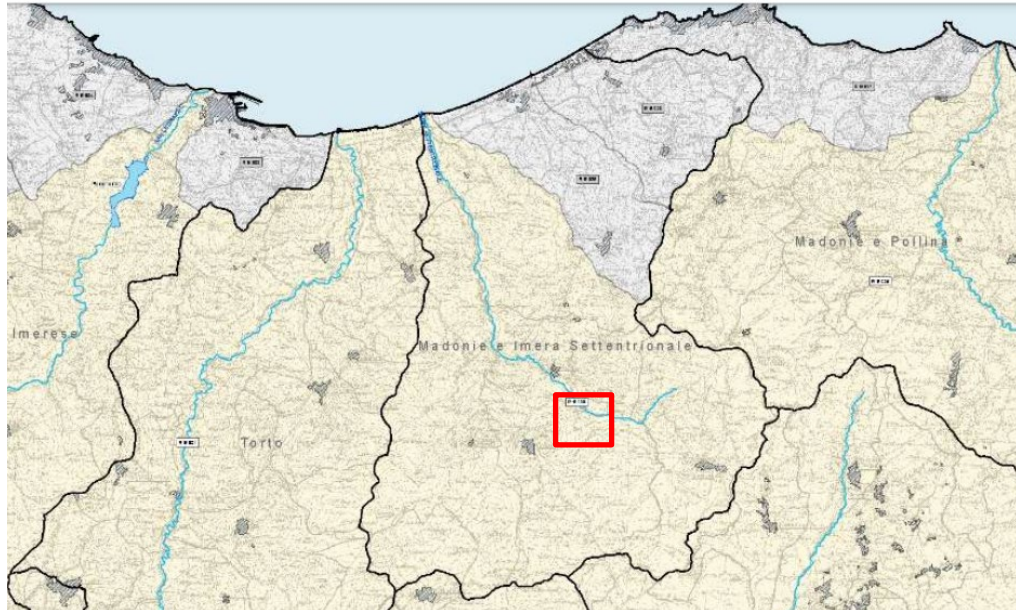


Figura 3-3 Bacino dell'imeria Settentrionale, in rosso l'area interessata dal progetto.

3.1.1.4. Pluviometria e climatologia

La caratterizzazione del clima del territorio del bacino del Fiume Imera Settentrionale è basata sui dati delle stazioni termo-pluviometriche ricadenti nel bacino o in zone circostanti tra cui: Cefalù, Bivio Cerda, Cerda, Scillato, Collesano, Caltavuturo, Valledolmo, Petralia Sottana.

La temperatura e la pioggia sono misurate dalle stazioni di Cefalù e Petralia Sottana, stazioni termo-pluviometriche, mentre le altre stazioni sono solamente pluviometriche.

La temperatura media annuale dell'area varia tra i 13,3 gradi misurati a Petralia Sottana, più vicina al sito, e i 19 gradi a Cefalù. La piovosità media è nella fascia di 590-800 mm all'anno in media. In particolare, il settore nord-orientale è il più umido e piovoso, ove si misurano 800 mm di precipitazioni cumulate all'anno. Nel dettaglio le stazioni di Caltavuturo e Valledolmo, le più vicine al sito, registrano una piovosità come mostrata in tabella seguente:

Mese	Piovosità media [mm]	
	Valledolmo	Caltavuturo
G	86,1	91,3
F	73,4	77,0
M	65,8	80,9
A	52,9	65,5
M	24,5	31,9
G	9,4	11,4
L	3,1	6,4
A	12,5	13,2
S	38,2	35,1
O	62,4	64,7
N	80,4	87,6
D	88,6	94,3
Anno	597,4	659,5

Tabella 3-1 Andamento della piovosità media mensile per le stazioni di Caltavuturo e Valledolmo.

La misura della temperatura, individuata solamente in due stazioni, non permette di evidenziare eventuali variazioni all'interno del bacino. Si riportano di seguito i dati di temperatura registrati a Petralia Sottana, stazione più vicina al sito:

Mese	Temperatura media [°C] - Petralia Sottana
G	4,8
F	5,3
M	7,4
A	10,6
M	15,3
G	20,2
L	23,1
A	22,7
S	19,5
O	14,4
N	10,0
D	6,4
Anno	13,3

Tabella 3-2 Andamento della temperatura media mensile per la stazione di Petralia Sottana.

4. STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Il presente capitolo ha l'obiettivo di definire la curva di possibilità pluviometrica necessaria alla successiva progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche.

La procedura di definizione è stata derivata dal progetto VA.PI. sulla Valutazione delle Piene in Italia sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio nazionale delle Ricerche. Esso ha l'obiettivo di regionalizzare le piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei. Nel caso in esame si è fatto riferimento allo studio condotto nella Regione Sicilia: Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V. "Valutazione delle piene in Sicilia" CNR-GNDICI, Palermo 1993.

4.1. MODELLO TCEV

L'osservazione empirica dei campioni dei massimi annuali delle portate al colmo e delle piogge di assegnata durata ha portato a riconoscere l'esistenza di alcuni valori estremamente più elevati degli altri. Per tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, il modello VAPI si fonda sulla legge di distribuzione di probabilità denominata TCEV - Two Component Extreme Value.

Tale distribuzione ipotizza che i massimi annuali provengano da una miscela di due popolazioni di eventi: una "ordinaria" e l'altra "straordinaria", rappresentata dai valori campionari più elevati.

Essendo i parametri della distribuzione TCEV pari a 4, risulta elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche in genere disponibili la cui dimensione è spesso limitata. Per ridurre questa incertezza si utilizzano procedure di analisi regionale che permettono di stimare alcuni dei parametri sulla base delle serie storiche di aree indicate come zone e sottozone omogenee.

La procedura VA.PI. considera tre diversi livelli di regionalizzazione in zone e sottozone omogenee.

Nel primo livello di regionalizzazione è stato verificato che la Sicilia è un'unica zona pluviometrica e idrometrica omogenea, di conseguenza, i parametri regionali della distribuzione assumono un valore unico per l'intero territorio siciliano.

Nel secondo livello di regionalizzazione sono state individuate tre sottozone omogenee, che sono risultate coincidenti per l'analisi delle piogge e delle piene.



Figura 4-1 Sottozone omogenee, in rosso l'area d'intervento.

Per ciascuna sottozona e per ciascun tempo di ritorno $T \geq 10$ anni sono state dedotte le seguenti espressioni esplicite approssimate:

Sottozona A

$$h'_{t,T} = 0.5391 - 0.001635t + (0.0002212t^2 + 0.00117t + 0.9966) \log T$$

Sottozona B

$$h'_{t,T} = 0.5135 - 0.002264t + (0.0001980t^2 + 0.00329t + 1.0508) \log T$$

Sottozona C

$$h'_{t,T} = 0.5015 - 0.003516t + (0.0003720t^2 + 0.00102t + 1.0101) \log T$$

In cui $h'_{t,T}$ è il valore dell'altezza di pioggia di fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media μ della TCEV.

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si ottiene, infine, moltiplicando ciascuna delle precedenti equazioni per la legge di variazione della media μ del modello TCEV con la durata t , ovvero:

$$h_{t,T} = h'_{t,T} \cdot \mu(t)$$

Per quanto concerne la Sicilia, si è notato che la media teorica μ e quella campionaria m_c possono essere considerate coincidenti, pertanto, il terzo livello di regionalizzazione esprime la media campionaria dipendente dalla durata t secondo la seguente relazione monomia:

$$m_c(t) = a \cdot t^n$$

I parametri della suddetta relazione, a ed n , sono stati stimati per il territorio siciliano sulla base delle osservazioni delle 172 stazioni pluviografiche presenti sul territorio con almeno 10 anni di dati registrati.

L'applicazione del modello VA.PI. nel caso in esame ha permesso di stimare i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100 e 200 anni.

Nella procedura di calcolo si è applicato la formula inerente alla seconda regionalizzazione propria della sottozona A, Per quanto concerne invece i parametri propri del terzo livello di regionalizzazione, si è fatto riferimento alle tavole allegate al modello VA.PI. riportanti le curve iso-a e iso-n per il territorio siciliano, di seguito riportate con indicazione dell'area d'indagine in rosso.

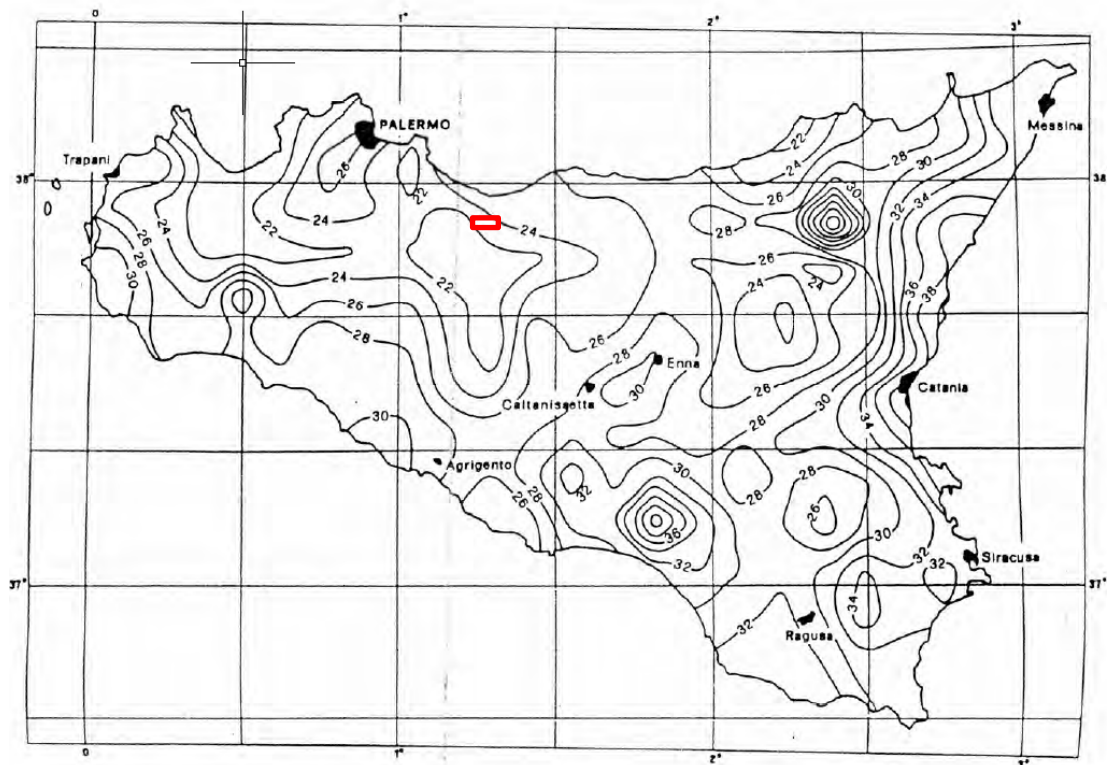


Figura 4-2 Carta delle iso-a, con area di progetto evidenziata in rosso.

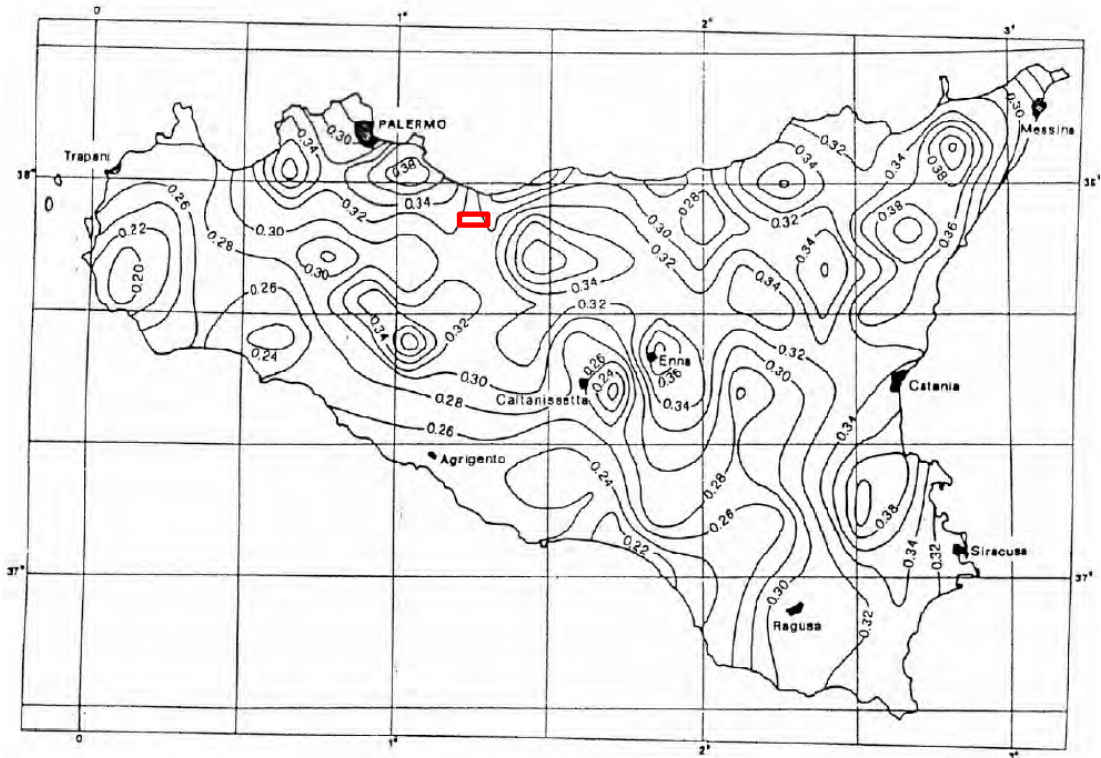


Figura 4-3 Carta delle iso-n, con area di progetto evidenziata in rosso.

Dato che l'area di impianto ricade in varie curve iso-a e iso-n sono stati utilizzati i valori più conservativi per essere a favore di sicurezza:

$$a = 24 \quad n = 0.38$$

Di seguito si riporta le curve di possibilità pluviometrica per eventi con tempi di ritorno pari a 10, 20, 50, 100 e 200 anni e durata dell'evento piovoso pari a 1,3,6,12 e 24 ore.

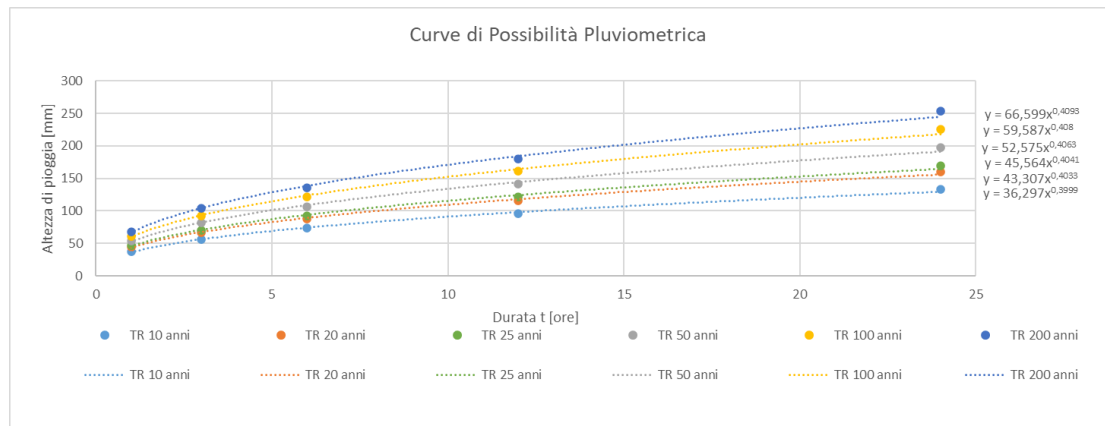


Figura 4-4 Curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno riguardanti l'area di progetto Caltavuturo 1.

5. OPERE IN PROGETTO E RETICOLO IDROGRAFICO

L'impianto di Caltavuturo1 descritto in questa relazione, intervento di integrale ricostruzione, non interferisce con le caratteristiche né dei corpi idrici superficiali né di quelli sotterranei.

A tal proposito, è importante notare che tutti gli aerogeneratori in progetto sono posizionati in corrispondenza o nelle immediate vicinanze delle linee di displuvio che delimitano i bacini idrografici locali, pertanto, non si rilevano interferenze significative con le reti idrografiche dell'area in oggetto.

In sede di realizzazione del nuovo impianto, saranno da realizzare opere idrauliche per la viabilità di nuova realizzazione. Sarà quindi posta particolare attenzione alla realizzazione delle opere di scarico delle acque intercettate dalla viabilità, prediligendo la realizzazione di punti di scarico compatibili con il regime idrico superficiale esistente.

5.1. VIABILITÀ E BACINI SCOLANTI

Le porzioni dei sopracitati bacini intercettate dalla viabilità proposta dell'impianto eolico di Caltavuturo1 vengono definiti bacini scolanti e la relativa portata in deflusso sarà gestita dalla rete di drenaggio dell'impianto. La viabilità del nuovo impianto, infatti, sarà dotata di opere di intercettazione e allontanamento delle acque meteoriche in favore dei più vicini impluvi esistenti.

Come detto nei precedenti paragrafi, l'impianto si svilupperà a ridosso degli spartiacque dei bacini idrografici locali, poiché ci troviamo in aree interne a quota elevata. Tale configurazione implica che i bacini scolanti intercettati dalla viabilità hanno un'estensione contenuta, con percorsi di corrivazione governati dall'andamento dei fossi di guardia. Ad ogni modo, le acque di deflusso da tali bacini scolanti saranno gestite ed allontanate dalle opere idrauliche in progetto.

6. STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

Scopo del presente capitolo è la definizione delle portate di piena corrispondenti a tempi di ritorno di progetto per quanto riguarda i bacini scolanti identificati come critici ai fini della regimazione delle acque per il repowering dell'impianto eolico di Caltavuturo1.

La metodologia identificata per la valutazione della piena di progetto è il metodo razionale e si articola come segue:

1. Delimitazione dei sottobacini idrografici di interesse sulla base della morfologia del territorio e della nuova viabilità interna d'impianto;
2. Definizione dei parametri morfologici quali superficie del bacino sotteso, lunghezza e pendenza dell'asta principale, quota massima, minima e media del bacino, copertura vegetale e uso del suolo;
3. Definizione dei tempi di corrivazione in base a diverse formule teorico-sperimentali e attribuzione dei valori di riferimento;
4. Definizione della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (vedi Capitolo 4);
5. Analisi dei dati di copertura e vegetazione per la valutazione del coefficiente di deflusso;
6. Calcolo della portata di massima piena per diversi tempi di ritorno.

6.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOTTOBACINI CRITICI

L'impianto eolico in progetto è ubicato in un'area prevalentemente collinare, con pendii dolci e quasi completamente privi di alberi, caratterizzato da un utilizzo del suolo a fini agricoli e pastorali. La zona, con una quota su livello del mare che varia tra i 600 m e i 900 m, presenta una morfologia acclive, ed è caratterizzata da un paesaggio disarticolato con aree a diversa acclività legata agli eventi tettonici a carattere regionale. I versanti sono contraddistinti da un rimodellamento secondario ad opera degli agenti atmosferici e delle acque di ruscellamento.

In questa configurazione morfologica, gli aerogeneratori sono disposti in corrispondenza o in prossimità del crinale del monte secondo due direttrici prevalenti: NNO-SSE ed E-O. Una conseguenza dell'orografia del sito è che le superfici scolanti a monte dell'impianto in progetto sono poche e di limitata estensione. Si propone di seguito un inquadramento dell'impianto eolico su DTM, avente risoluzione pari a 2 m e i bacini idrografici locali che caratterizzano l'intorno delle opere di progetto.

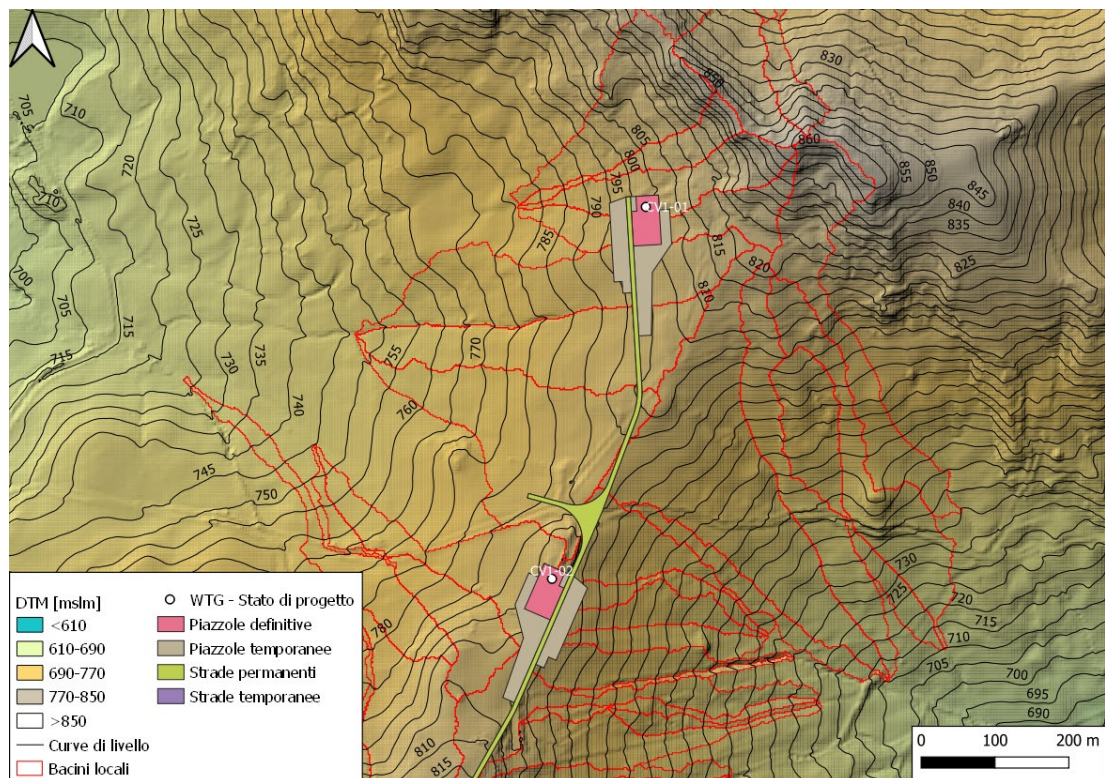


Figura 6-1 Inquadramento aerogeneratori CV1-01, CV1-02 e bacini locali su DTM.

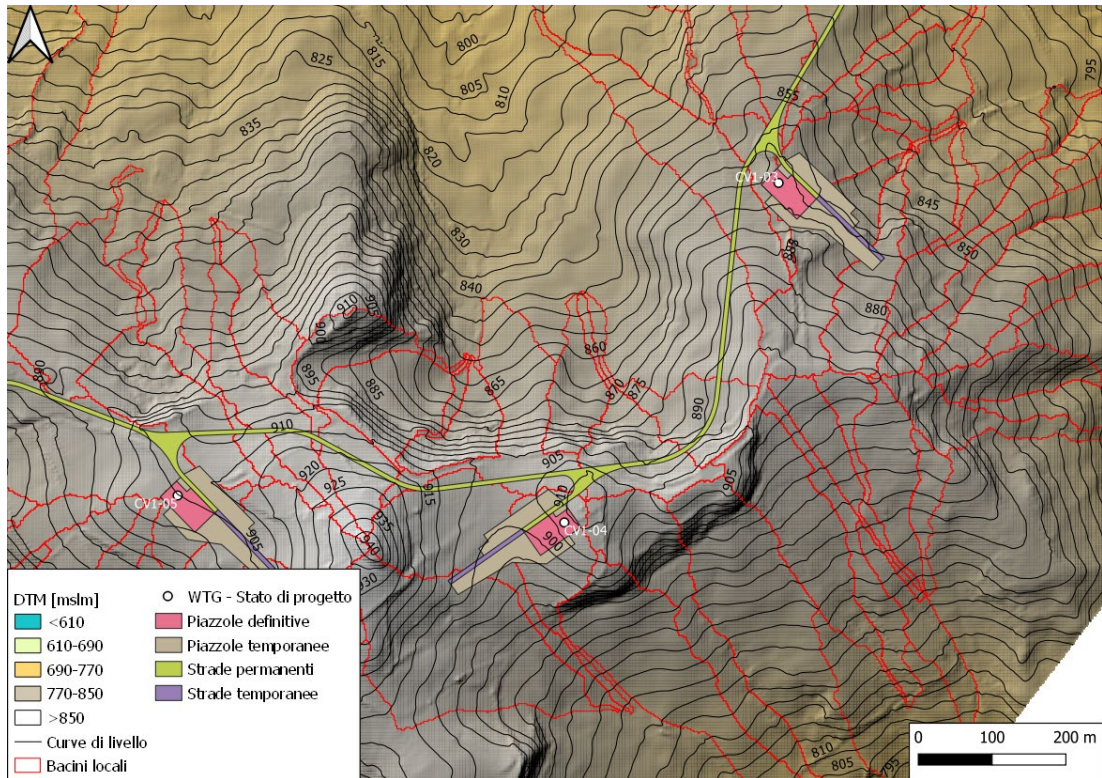


Figura 6-2 Inquadramento aerogeneratori CV1-03, CV1-04, CV1-05 e bacini locali su DTM.

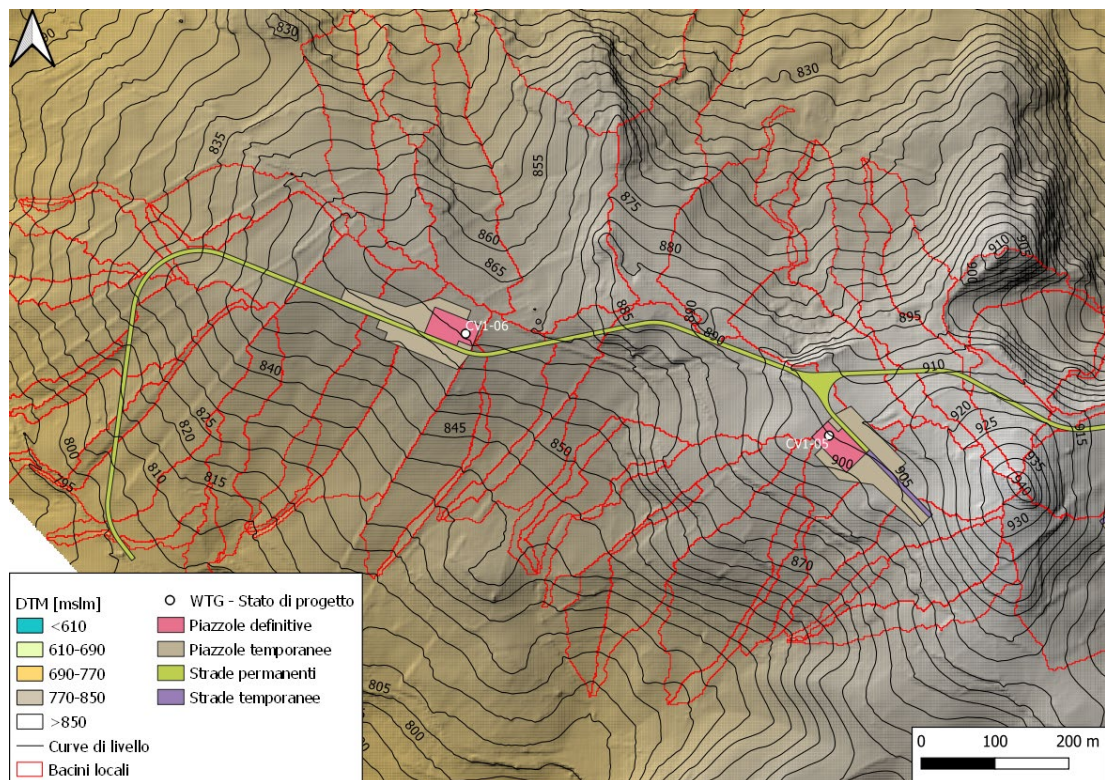


Figura 6-3 Inquadramento aerogeneratori CV1-05 e CV1-06 e bacini locali su DTM.

Al fine di dimensionare correttamente le opere idrauliche di progetto è necessario stimare le massime portate convogliate in corrispondenza della viabilità interna all'impianto. Tale stima prevede, in primo luogo, l'individuazione dei sottobacini caratterizzati dall'avere sezioni di chiusura lungo la viabilità di progetto oltre che le maggiori estensioni areali.

I sottobacini critici sono illustrati nei seguenti riquadri, sia su ortofoto che su DTM, avente risoluzione pari a 2 m.

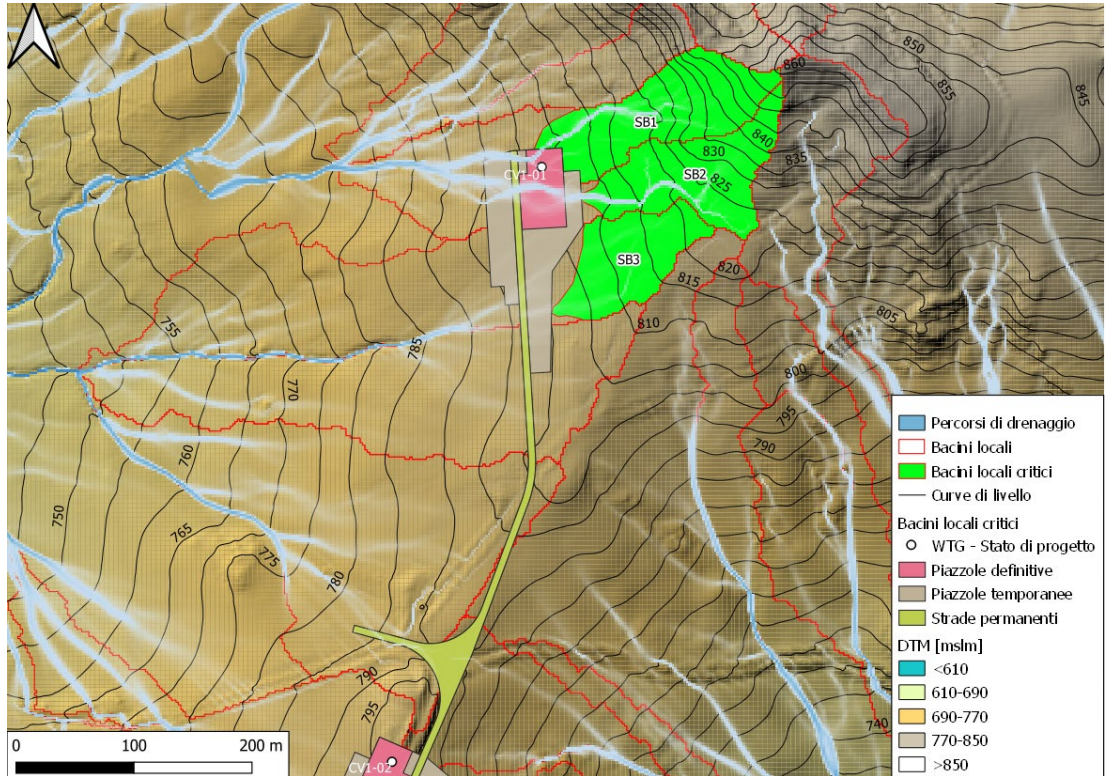


Figura 6-4 Individuazione dei sottobacini critici SB1, SB2, SB3 su DTM.

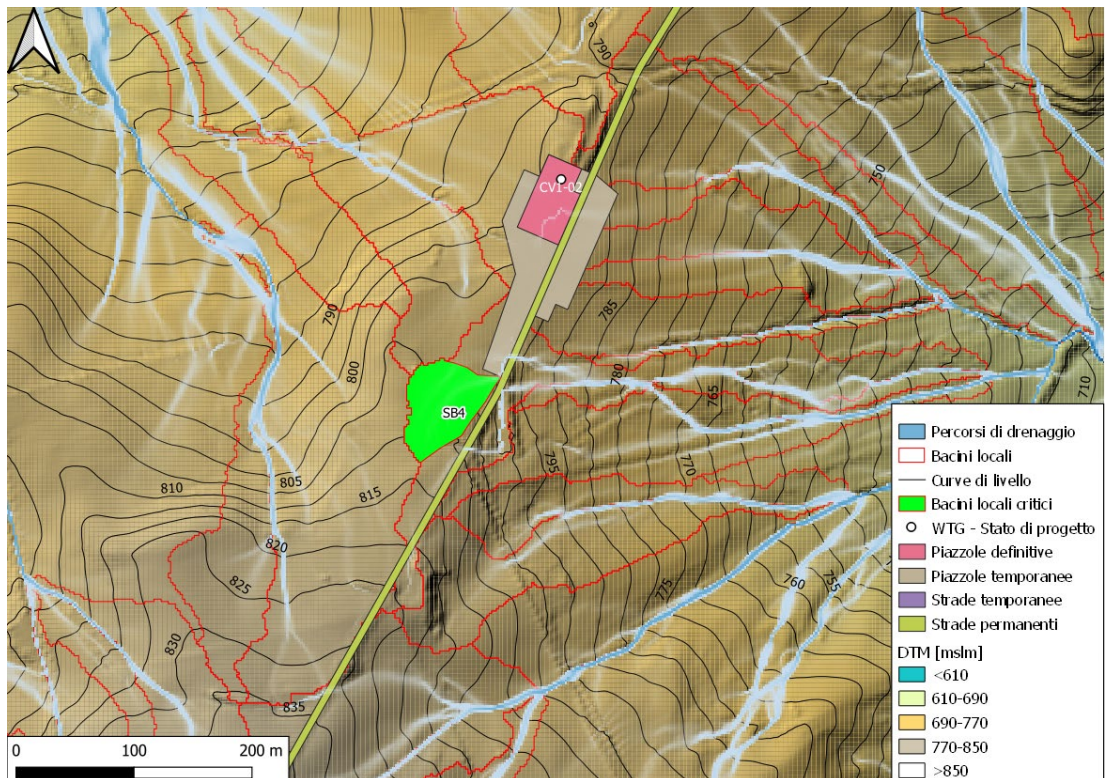


Figura 6-5 Individuazione del sottobacino critico SB4 su DTM.

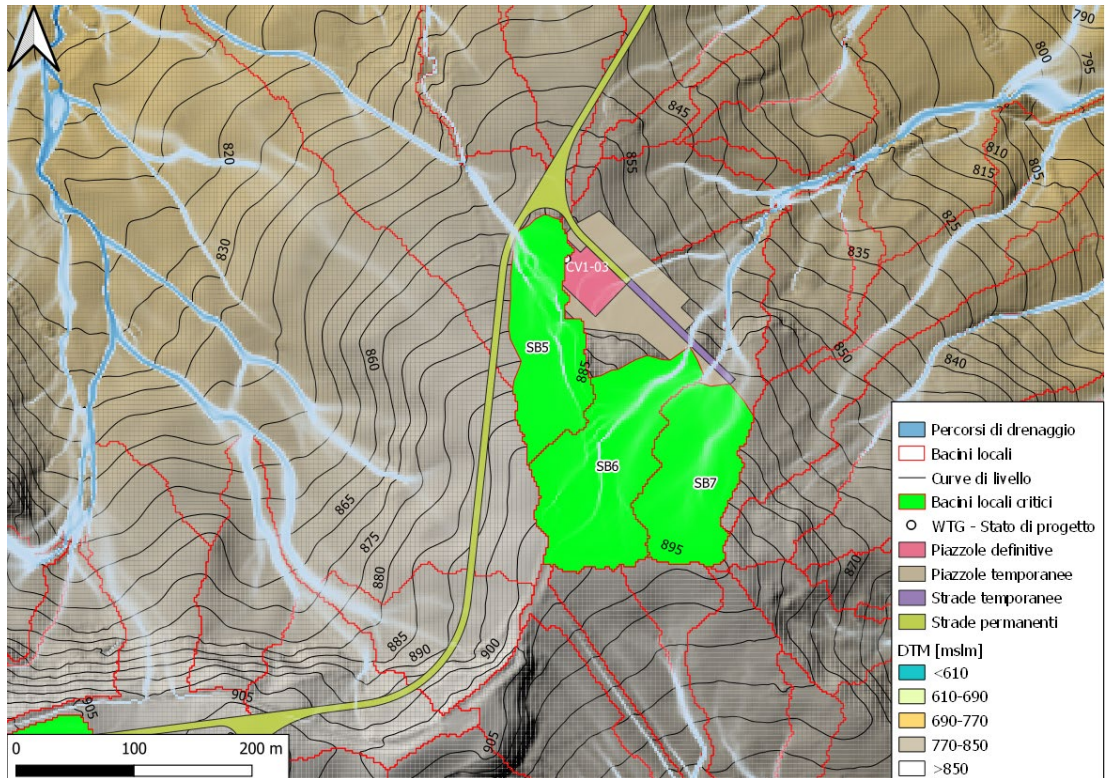


Figura 6-6 Individuazione dei sottobacini critici SB5, SB6, SB7 su DTM.

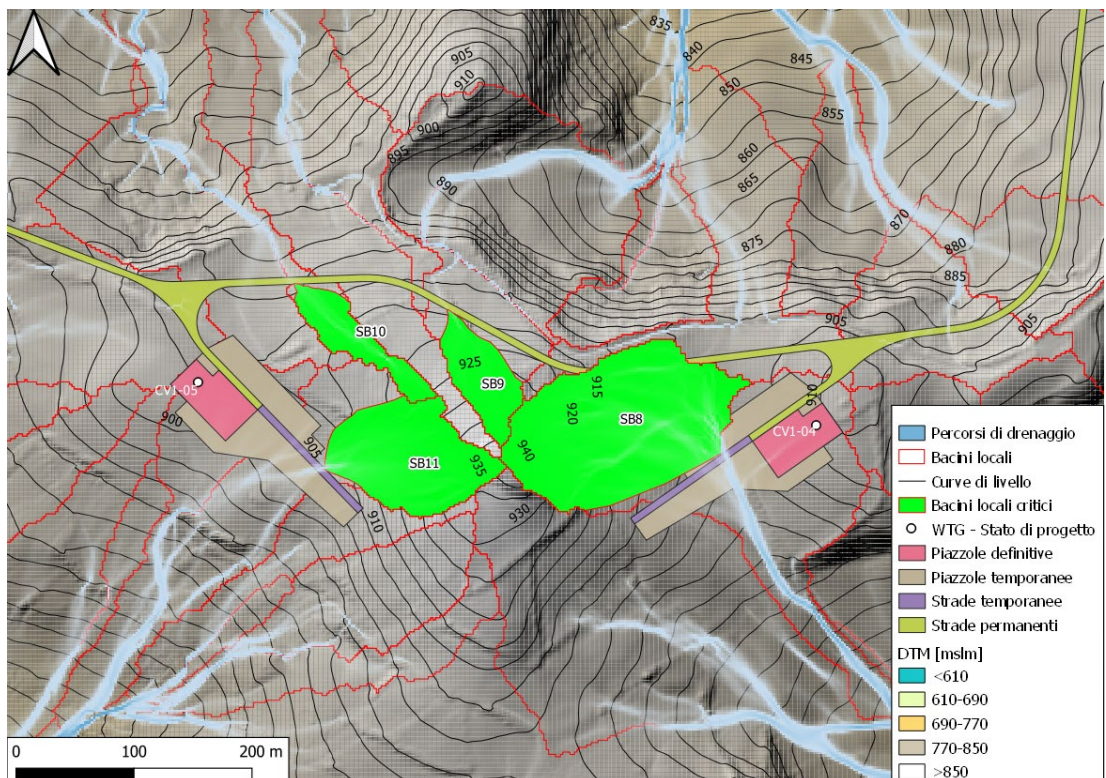


Figura 6-7 Individuazione dei sottobacini critici SB8, SB9, SB10, SB11 su DTM.

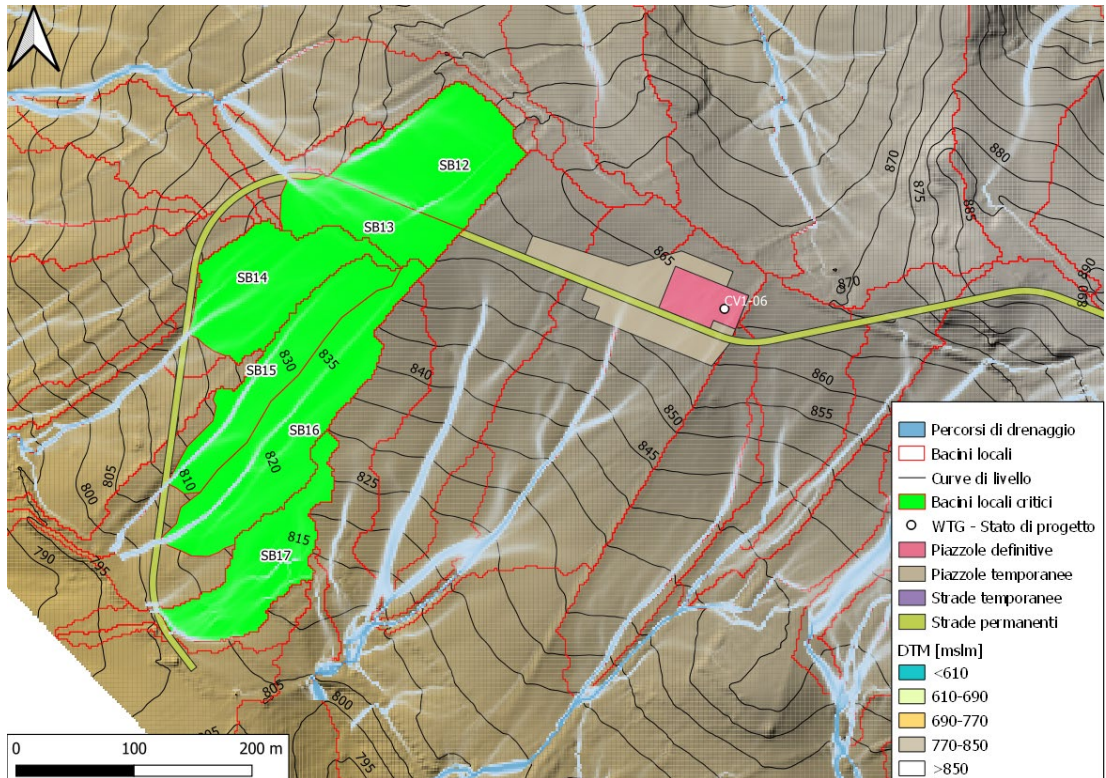


Figura 6-8 Individuazione dei sottobacini critici SB12, SB13, SB14, SB15, SB16, SB17 su DTM.

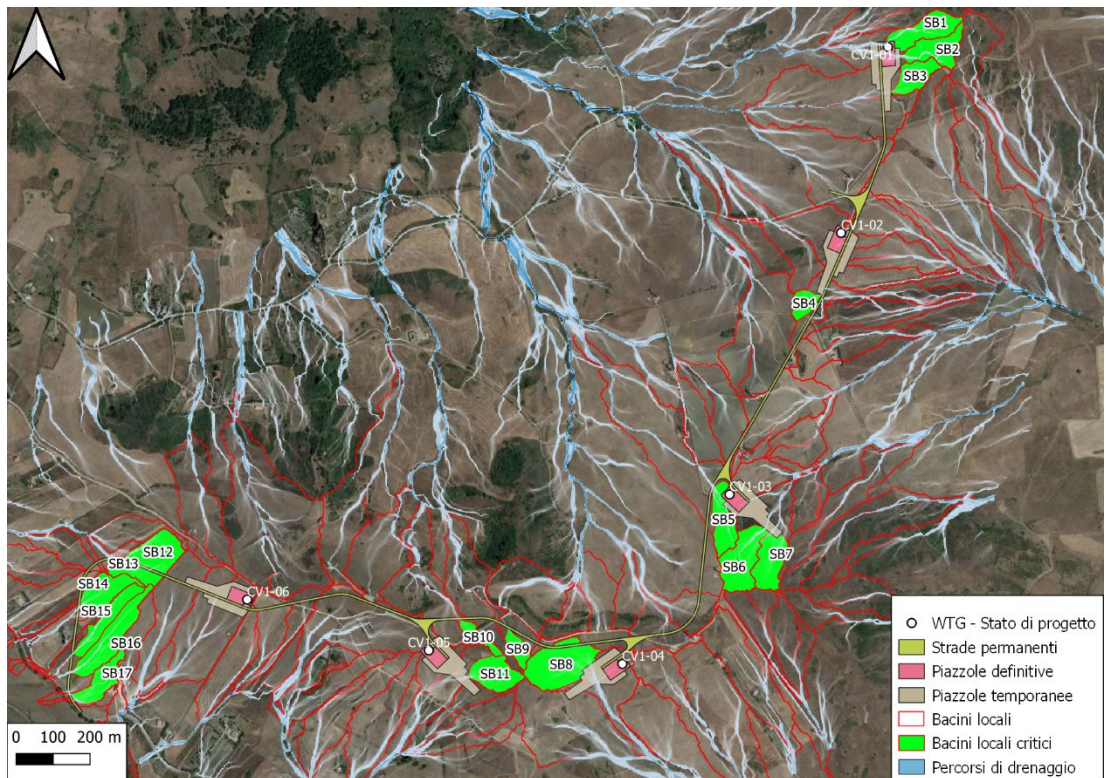


Figura 6-9 Inquadramento sottobacini critici su ortofoto.

6.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE

Per il calcolo delle portate di piena si è deciso di adottare il metodo razionale di stima, alla cui base vi sono le seguenti assunzioni:

- La massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- Il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- La formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avviene senza la formazione di invasi significativi;

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot A}{3,6 \cdot t_c} \text{ in m}^3/\text{s}$$

dove:

- c rappresenta il coefficiente di deflusso del bacino;
- h , l'altezza di massima pioggia per assegnato tempo di ritorno ed una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);
- A è la superficie del bacino (km²);
- t_c tempo di corrivazione del bacino (h).

6.2.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE

La determinazione del valore del tempo di corrivazione per bacini con estensione areale inferiore ai 20 kmq come nel caso in esame è stata effettuata, in funzione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini, mediante le formule di Pezzoli, Kirpich e Viparelli. Il tempo di corrivazione di progetto è stato poi calcolato come media dei valori ottenuti.

6.2.2. ALTEZZA DI PIOGGIA

L'altezza di pioggia massima di assegnato tempo di ritorno e durata è ricavabile dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ricavate nel Capitolo 4 del presente elaborato. Assegnato un tempo di ritorno di progetto pari a $T_r = 25$ anni, l'equazione della linea segnalatrice si esprime come:

$$h(t, 25) = 45,564 \cdot t^{0,4041}$$

tuttavia, tale equazione ricavata mediante il modello VAPI, trova applicazione per eventi meteorici di durata maggiore ad 1 ora. Nel presente caso, trattandosi di piccoli bacini con brevi tempi di corrivazione, l'equazione di calcolo della precipitazione massima per gli eventi di breve durata si esprime:

$$h(t) = 0,208 \cdot h(1) \cdot t^{0,386} \text{ in cui } t \text{ è espresso in minuti.}$$

Tale espressione, disponibile in letteratura, è stata ricavata analizzando i dati forniti nella Tab. V degli Annali Idrologici, relativi alle precipitazioni di breve durata e notevole intensità (Ferreri G. B. & Ferro V. - 1996 - Rainfall intensity-duration-frequency relationship for South Italy. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 95).

Infine, andrebbe considerato il fatto che piogge di elevata intensità si concentrano in aree piccole, e che, a parità di durata e tempo di ritorno, l'altezza di precipitazione decresca al crescere dell'area. Per tener conto di tale fenomeno, l'altezza di pioggia stimata andrebbe rapportata secondo un fattore di riduzione areale - ARF. Tuttavia, nel caso in esame, le aree dei bacini sono inferiori ad 1 kmq e pertanto il valore di ARF è assunto pari a 1.

○ COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso relativo a ciascun bacino idrografico di interesse è stimato mediante il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service (1972), il quale si basa

sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico. Il Soil Conservation Service (SCS) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipo di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- Gruppo A - Scarsa potenzialità di deflusso: comprende forti spessori di sabbia con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.
- Gruppo B - Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
- Gruppo 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.
- Gruppo D - Potenzialità di deflusso molto elevata: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo per condizioni di umidità iniziale medie.

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno a pascolo				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
Terreni boscosi o forestati				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Aree commerciali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade	98	98	98	98
Strade				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

Tabella 6-1 CN in funzione di uso e tipo del suolo (Soil Conservation Service).

Al fine di definire il valore di CN per i bacini in studio, le risultanze a seguito del sopralluogo e della GRE.EEC.R.25.IT.W.09458.49.001.00 - Relazione Geologica, geomorfologica e sismica mostrano un terreno avente tipologia di uso "Terreno a pascolo in cattive condizioni" e un tipo idrologico di suolo di classe B. Ne consegue un valore di CN pari a 79.

Una volta calcolata la pioggia netta (efficace), il coefficiente di deflusso è pari a:

$$c = \frac{P_{netta}}{P}$$

6.3. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Di seguito sono riportati i valori di massima piena per tempo di ritorno pari a 25 anni associate ai sottobacini identificati come critici in termini di sollecitazione sulle opere di progetto dell'impianto eolico di Caltavuturo1.

Sottobacino	A [km ²]	L [km]	i [-]	tc [h]	h(T=25y, t=tc) [mm]	C (SCS- CN)	Q [m ³ /s]
SB1	0,011	0,134	0,187	0,03	11	0,10	0,132
SB2	0,010	0,151	0,119	0,03	12	0,10	0,107
SB3	0,007	0,074	0,162	0,02	9	0,08	0,100
SB4	0,004	0,047	0,128	0,01	8	0,07	0,065
SB5	0,010	0,163	0,147	0,03	12	0,10	0,111
SB6	0,015	0,172	0,169	0,03	13	0,10	0,163
SB7	0,011	0,105	0,171	0,02	11	0,09	0,132
SB8	0,020	0,145	0,117	0,03	12	0,10	0,226
SB9	0,004	0,032	0,188	0,01	7	0,06	0,066
SB10	0,004	0,120	0,133	0,02	11	0,09	0,044
SB11	0,010	0,049	0,184	0,01	8	0,07	0,153
SB12	0,011	0,147	0,129	0,03	12	0,10	0,125
SB13	0,006	0,042	0,167	0,01	7	0,06	0,099
SB14	0,010	0,057	0,175	0,01	8	0,07	0,153
SB15	0,009	0,204	0,147	0,03	13	0,10	0,094
SB16	0,014	0,253	0,162	0,04	14	0,11	0,144
SB17	0,009	0,115	0,087	0,02	11	0,09	0,104

Tabella 6-2 Esiti di valutazione delle piene di progetto.

Le portate idrologiche così individuate vengono utilizzate per il dimensionamento dei fossi di guardia e delle tubazioni relative agli attraversamenti in corrispondenza dei punti di scarico al fine di convogliare le portate critiche intercettate a monte della viabilità in progetto in favore degli impluvi esistenti a valle. In base alla scelta della posizione degli attraversamenti, sarà opportuno in fase di progettazione esecutiva valutare eventuali portate residue afferenti negli attraversamenti ai fini del dimensionamento degli stessi.

7. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

Al fine di garantire la longevità della viabilità e delle piazzole sarà di particolare importanza gestire correttamente le acque meteoriche attraverso un congruo ed efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle stesse.

Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati secondo due differenti linee di obiettivi:

- Mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrologico-idraulico" preesistenti agli interventi di potenziamento dell'impianto eolico attualmente in esercizio;
- Regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco in progetto, attraverso la realizzazione di una adeguata rete drenante, volta a proteggere le infrastrutture del parco eolico.

Le opere di regimazione sono state definite a partire dal DTM – Modello Digitale del Terreno dell'area in esame e dalla progettazione della viabilità del parco, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi interferenti con le opere in progetto e le caratteristiche planimetriche ed altimetriche della nuova viabilità interna all'impianto.

7.1. OPERE IDRAULICHE DI PROGETTO

Questo paragrafo presenta le opere idrauliche che verranno implementate per una adeguata gestione dei deflussi superficiali.

7.1.1. FOSSI DI GUARDIA

È previsto l'impiego di 4 tipologie di fossi di guardia a seconda delle caratteristiche di portata e pendenza di ciascun tratto stradale. In particolare:

Fosso di guardia di tipo 1 per $Q \leq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $v \leq 1 \text{ m/s}$ e $i \leq 0,20\%$;

Fosso di guardia di tipo 1P per $Q \leq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $1 \leq v \leq 2 \text{ m/s}$ e $0,20\% < i \leq 2,00\%$;

Fosso di guardia di tipo 1PP per $Q \leq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $v > 2 \text{ m/s}$ e $i > 2,00\%$;

Fosso di guardia di tipo 2 per $Q > 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $v \leq 2 \text{ m/s}$ e $i \leq 0,20\%$;

Fosso di guardia di tipo 2P per $Q > 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $1 \leq v \leq 2 \text{ m/s}$ e $0,20\% < i \leq 2,00\%$.

Fosso di guardia di tipo 2PP per $Q > 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $v > 2 \text{ m/s}$ e $i > 2,00\%$.

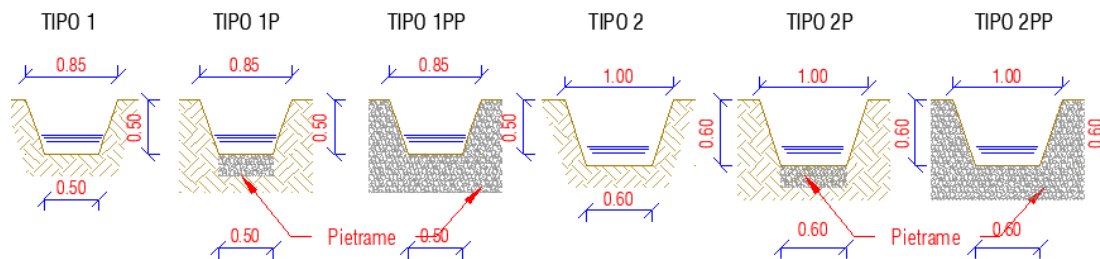


Figura 7-1 Estratto da tavola di progetto - Fossi di guardia.

I fossi di guardia di tipo -P presentano il fondo rivestito in pietrame di media pezzatura in modo da ridurre l'azione erosiva delle acque meteoriche intercettate.

Nei tratti caratterizzati da pendenze superiori al 2%, i fossi di guardia presentano briglie in legname con fondo alveo e sponde in pietrame (fosso di guardia di tipo -PP). Tali briglie, poste in opera con una distanza variabile in funzione delle caratteristiche del tratto stradale, avranno lo scopo di ridurre la pendenza del fosso di guardia attraverso la naturale deposizione di materiale solido limitando così l'azione erosiva dell'acqua.

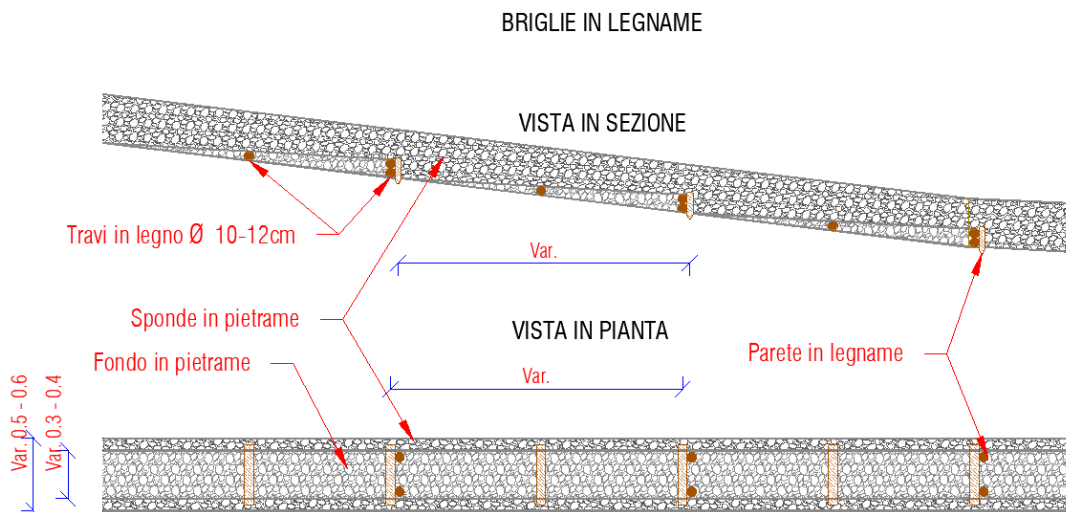


Figura 7-2 Estratto da tavola di progetto – Briglie.

In Tabella 7-1 sono riportate le verifiche dei fossi di guardia per i bacini ritenuti più critici. Si specifica che la scelta del tipo e del grado di rivestimento sarà oggetto di opportune valutazioni nelle fasi successive della progettazione.

Tabella 7-1 Verifica idraulica fossi di guardia.

Sottobacino		Dimensionamento fossi di guardia di massima			
ID	Q [m ³ /s]	Tipologia di canaletta	Q [l/s]	Velocità [m/s]	% riempimento [m/s]
SB1	0,132	Tipo 2PP	339	4,21	26,00%
SB2	0,107				
SB3	0,100				
SB4	0,065	Tipo 1P	65	2,73	12,00%
SB5	0,111	Tipo 2PP	406	5,72	24,00%
SB6	0,163				
SB7	0,132				
SB8	0,226	Tipo 2PP	226	3,68	20,00%
SB9	0,066	Tipo 2PP	263	4,92	18,00%
SB10	0,044				
SB11	0,153				
SB12	0,125	Tipo 2PP	720	6,79	34,00%
SB13	0,099				
SB14	0,153				
SB15	0,094				
SB16	0,144				
SB17	0,104				

7.1.2. ATTRAVERSAMENTI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI DI SCARICO

Si tratta di attraversamenti del rilevato stradale resi necessari per lo scarico, presso gli impluvi esistenti, delle acque meteoriche intercettate dai fossi di guardia.

La posizione di tali opere è legata alla morfologia del terreno e al loro numero. Si specifica

che saranno posti in prossimità delle sezioni di chiusura dei bacini più grandi in maniera tale che le portate maggiori siano allontanate dal rilevato stradale il più presto possibile.

Gli attraversamenti sono realizzati con tubazioni in HDPE corrugato SN8 di diametro variabile (da 500 mm a 1000 mm) e prevedono in ingresso un pozzetto per ispezione e raccordo con il fosso di guardia ed in uscita lo scarico diretto presso gli impluvi esistenti, previa opera di dissipazione in pietrame.

SEZIONE TIPO ATTRAVERSAMENTO STRADALE
Scala 1:50

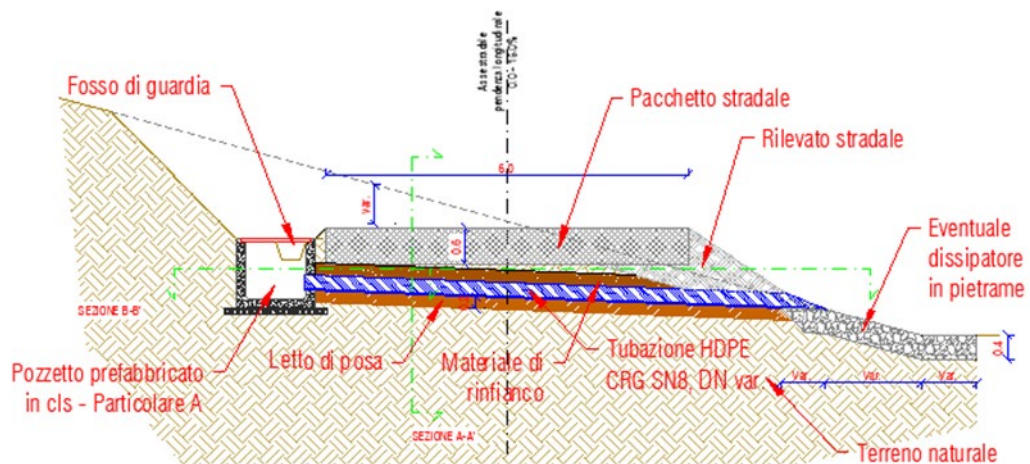


Figura 7-3 Estratto da tavola di progetto - Attraversamento stradale di scarico.

Le opere di dissipazione sono poste al termine degli scarichi, in modo tale da ridurre l'energia della corrente idrica reimpressa negli impluvi naturali e limitare quindi l'erosione dei versanti. Sono previste opere di dissipazione con pietrame di grandi dimensioni, con differente geometria in funzione delle caratteristiche della corrente in uscita e del corpo idrico ricettore. In Tabella 7-2 sono riportate le verifiche degli attraversamenti che potranno essere realizzati. Sono stati identificati n°10 attraversamenti per l'allontanamento delle acque meteoriche dalle aree di progetto.

Tabella 7-2 Verifica idraulica attraversamenti.

Sottobacino		Verifica idraulica attraversamenti				
ID	Q [m ³ /s]	N°	Diametro interno [mm]	Q [l/s]	Velocità [m/s]	% riempimento [m/s]
SB1	0,132	1	535	339	2,47	85
SB2	0,107					
SB3	0,100					
SB4	0,065	2	272	65	1,58	
SB5	0,111	3	535	406	2,47	
SB6	0,163					
SB7	0,132					
SB8	0,226	4	430	226	2,14	
SB9	0,066	5	430	263	2,14	
SB10	0,044					
SB11	0,153					
SB12	0,125					
		6	430	225	2,14	

Sottobacino		Verifica idraulica attraversamenti				
ID	Q [m ³ /s]	N°	Diametro interno [mm]	Q [l/s]	Velocità [m/s]	% riempimento [m/s]
SB13	0,099					
SB14	0,153	7	430	263	2,14	
SB15	0,094	8	344	94	1,84	
SB16	0,144	9	344	144	1,84	
SB17	0,104	10	344	104	1,84	

7.1.3. CANALETTE TRASVERSALI

È prevista la posa di canalette in legname trasversali alla viabilità per i tratti con pendenza superiore a 12%. Tali opere hanno lo scopo di limitare la lunghezza del percorso dell'acqua sul piano stradale convogliandola presso i fossi di guardia paralleli ad essa riducendone così il potere erosivo ed il deterioramento della viabilità.

CANALETTA DI RACCOLTA TRASVERSALE

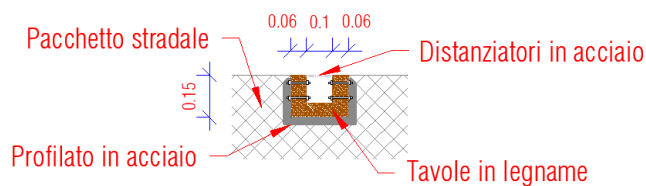


Figura 7-4 Estratto dalla tavola di progetto - Canaletta trasversale

La distanza tra le canalette consecutive deve garantire lo smaltimento del deflusso superficiale prodotto sulla sede stradale, limitare l'erosione del fondo stesso ed evitare la formazione di solchi, ma al contempo garantire una qualità di transito ragionevole. Nel caso in esame, si considera di installare una canaletta ogni 50-60 m ed orientamento di 30° rispetto alla perpendicolare dell'asse stradale, per evitare che le ruote gravino contemporaneamente sul manufatto e per conferire una pendenza trasversale. Potranno essere utilizzate delle canalette prefabbricate del tipo mostrato in **Figura 7-4**. Considerata la pendenza trasversale della strada verso le linee di deflusso naturale e i fossi di guardia oltre che la presenza diffusa delle canalette in questione, le stesse non saranno soggette ad elevate portate.