

# Parco Eolico "Scintilia"

## Comune di Favara e Comitini (AG)

**Proponente**



**Sorgenia Grecale Srl**

via Alessandro Algardi 4, Milano

P.IVA/CF: 11884780963

PEC: [sorgenia.grecale@legalmail.it](mailto:sorgenia.grecale@legalmail.it)



## R06 - RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

**Progettista**



**Tiemes Srl**

Via Sangiorgio 15- 20145 Milano

tel. 024983104/ fax. 0249631510

[www.tiemes.it](http://www.tiemes.it)

Rev.	Data emiss	Descrizione	Preparato	Approvato		
0	10/12/2021	Prima emissione				
Origine File: 21007 FVR_PD_R_06_00.docx		Documento n°	Proc.	Tipo doc	Num	Rev
		Commessa				
		21007 FVR	PD	R	06	00
Proprietà e diritti del presente documento sono riservati – la riproduzione è vietata / Ownership and copyright are reserved – reproduction is strictly forbidden						

## INDICE

<b>1</b>	<b>Premessa</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Scopo</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Proponente</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Descrizione del progetto</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Inquadramento idrologico dell'area</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Analisi idrologica</b> .....	<b>11</b>
6.1	Modello TCEV Sicilia .....	11
6.2	Calcolo della curva di possibilità pluviometrica .....	15
<b>7</b>	<b>Verifica idraulica delle interferenze</b> .....	<b>16</b>
7.1	Interferenze del cavidotto interrato a 30kV.....	18
7.1.1	Ponte 1.....	18
7.1.2	Ponte 2.....	19
7.1.3	Ponte 3.....	23
7.1.4	Ponte 4.....	27
7.2	Verifica delle eventuali interferenze delle piazzole.....	30
7.2.1	Aerogeneratore FV1 .....	30
7.2.2	Aerogeneratore FV2 .....	32
7.2.3	Aerogeneratore FV3 .....	33
7.2.4	Aerogeneratore FV4 .....	34
7.2.5	Aerogeneratore FV5 .....	35
7.2.6	Aerogeneratore FV6 .....	36
7.2.7	Aerogeneratore FV7 .....	37
7.2.8	Aerogeneratore FV8 .....	38
7.3	Interferenze delle strade di accesso agli aerogeneratori.....	39
7.3.1	Accesso FV1.....	39
7.3.2	Accesso FV4.....	40
<b>8</b>	<b>Conclusione</b> .....	<b>45</b>

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 2-1 – INQUADRAMENTO OPERE RISPETTO ALLA CARTOGRAFIA DI RISCHIO IDRAULICO DEL PAI SICILIA .....	6
FIGURA 4-1–TIPICO PIAZZOLA DI ESERCIZIO CON QUOTE ESPRESSE IN METRI.....	8
FIGURA 5-1–INQUADRAMENTO SU “CARTA DEI BACINI IDROGRAFICI, DEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI E DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO.....	10
FIGURA 6-1 - SOTTOZONE PLUVIOMETRICHE OMOGENEE PER LA REGIONE SICILIA E LOCAZIONE DELL’IMPIANTO ...	12
FIGURA 6-2 - CARTA DELLE ISO-A (FONTE: “UN MODELLO REGIONALE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA DEL TERRITORIO SICILIANO” (M. CANNAROZZO, F. D’ASARO, V. FERRO)) .....	14
FIGURA 6-3 - CARTA DELLE ISO-N (FONTE: “UN MODELLO REGIONALE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA DEL TERRITORIO SICILIANO” (M. CANNAROZZO, F. D’ASARO, V. FERRO)) .....	14
FIGURA 6-4 - CURVA DELLE PROBABILITÀ PLUVIOMETRICHE .....	16
FIGURA 7-1– INQUADRAMENTO DEL PARCO EOLICO E DELLE INTERFERENZE ANALIZZATE SU CTR.....	17
FIGURA 7-2 – INTERFERENZA “PONTE 1”, STATO DI FATTO.....	18
FIGURA 7-3 – INTERFERENZA “PONTE 1”, STATO DI FATTO.....	18
FIGURA 7-4 – INQUADRAMENTO DELL’INTERFERENZA “PONTE 2”.....	19
FIGURA 7-5 – BACINO DEL FOSSO 2 ALLA SEZIONE DI CHIUSURA, EVIDENZIATO IN COLORE GIALLO.....	20
FIGURA 7-6 – FOTO DEL “PONTE 2” VISTO DA VALLE.....	22
FIGURA 7-7 – FOTO DEL “PONTE 2” VISTO IN PROSSIMITÀ DELL’ATTRAVERSAMENTO .....	22
FIGURA 7-8 – INQUADRAMENTO DELL’INTERFERENZA “PONTE 3”.....	23
FIGURA 7-9 – BACINO DEL VALLONE RACALMARE ALLA SEZIONE DI CHIUSURA, EVIDENZIATO IN COLORE GIALLO...	24
FIGURA 7-10 – FOTO DEL “PONTE 3” VISTO IN PROSSIMITÀ DELL’ATTRAVERSAMENTO .....	26
FIGURA 7-11 – FOTO DEL VALLONE RACALMARE IN CORRISPONDENZA DEL “PONTE 3” .....	26
FIGURA 7-12 – INQUADRAMENTO DELL’INTERFERENZA “PONTE 4”.....	27
FIGURA 7-13 – BACINO DEL PONTE 4 ALLA SEZIONE DI CHIUSURA .....	27
FIGURA 7-14 – FOTO DEL “PONTE 4” VISTO DA VALLE.....	29
FIGURA 7-15 – FOTO DEL “PONTE 4” VISTO DA MONTE .....	30
FIGURA 7-16 – INQUADRAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV1 RISPETTO AI CORSI D’ACQUA CON CURVE DI LIVELLO OGNI 2 M. ....	31
FIGURA 7-17 – POSIZIONAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV1 RISPETTO AL VALLONE RACALMARE.....	31
FIGURA 7-18 – INQUADRAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV2 RISPETTO AI CORSI D’ACQUA CON CURVE DI LIVELLO OGNI 2 M. ....	32
FIGURA 7-19 – POSIZIONAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV2 RISPETTO AL VALLONE RACALMARE.....	32
FIGURA 7-20 – INQUADRAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV3 RISPETTO AI CORSI D’ACQUA CON CURVE DI LIVELLO OGNI 2 M. ....	33
FIGURA 7-21–IMMAGINE DEL POSIZIONAMENTO DI FV3 RISPETTO AL VALLONE RACALMARE. ....	33
FIGURA 7-22 – INQUADRAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV4 RISPETTO AI CORSI D’ACQUA CON CURVE DI LIVELLO OGNI 2 M. ....	34
FIGURA 7 - 23 – POSIZIONAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV4 RISPETTO AL FOSSO PRESENTE NELL’AREA .....	34
FIGURA 7-24 – INQUADRAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV5 RISPETTO AI CORSI D’ACQUA CON CURVE DI LIVELLO OGNI 2 M. ....	35
FIGURA 7-25 – POSIZIONAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV5 RISPETTO AL FOSSO PRESENTE NELL’AREA.....	35
FIGURA 7-26 – INQUADRAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV6 RISPETTO AI CORSI D’ACQUA CON CURVE DI LIVELLO OGNI 2 M. ....	36
FIGURA 7-27 – POSIZIONAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV6 RISPETTO AL FOSSO PRESENTE NELL’AREA.....	36
FIGURA 7-28 – INQUADRAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV7 RISPETTO AI CORSI D’ACQUA CON CURVE DI LIVELLO OGNI 2 M. ....	37
FIGURA 7-29 – POSIZIONAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV7 RISPETTO AL FOSSO PRESENTE NELL’AREA.....	37
FIGURA 7-30 – INQUADRAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV8 RISPETTO AI CORSI D’ACQUA CON CURVE DI LIVELLO OGNI 2 M. ....	38
FIGURA 7-31 – POSIZIONAMENTO DELL’AEROGENERATORE FV8 RISPETTO AL FOSSO PRESENTE NELL’AREA .....	38
FIGURA 7-32 – INQUADRAMENTO DELLA DELL’INTERFERENZA “ACCESSO FV1” .....	39
FIGURA 7-33 – INTERFERENZA “ACCESSO FV1” STATO DI FATTO .....	39
FIGURA 7-34 – INQUADRAMENTO DELL’INTERFERENZA “ACCESSO FV4” .....	40
FIGURA 7-35 – INTERFERENZA “ACCESSO FV4”, STATO DI FATTO .....	40
FIGURA 7-36 – FOTO DEL FOSSO 4, STATO DI FATTO.....	41
FIGURA 7-37 – BACINO DEL FOSSO 4 ALLA SEZIONE DI CHIUSURA .....	42
FIGURA 7-38 – SEZIONE TIPO ATTRAVERSAMENTO DEL FOSSO 4 .....	45

## INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 4.1 - SPECIFICHE TECNICHE AEROGENERATORE DI RIFERIMENTO .....	8
TABELLA 6.1 - VALORI DEL PARAMETRO PER OGNI SOTTOZONA IN CUI È STATA SUDDIVISA LA REGIONE SICILIA .....	13
TABELLA 6.2 - VALORI, PER LA REGIONE SICILIA, DEI COEFFICIENTI A E B PER LA DEFINIZIONE DEL FATTORE DI CRESCITA .....	13
TABELLA 6.3 – CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PER TEMPO DI RITORNO DI 50, 100 E 300 ANNI.....	15
TABELLA 7.1–CARATTERISTICHE DEL BACINO FOSSO 2 .....	21
TABELLA 7-2–CARATTERISTICHE DEL BACINO VALLONE DI RACALMARO .....	25
TABELLA 7.3 – CARATTERISTICHE DEL BACINO DEL PONTE 4 .....	28
TABELLA 7.4 – CARATTERISTICHE DEL BACINO “FOSSO 4” .....	43
TABELLA 7.5 – PARAMETRI UTILI ALLA VERIFICA DELLA PORTATA TRANSITANTE IL TUBO IN CLS.....	44

## 1 Premessa

La società Sorgenia Grecale Srl, d'ora in avanti il proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nella provincia di Agrigento, in agro dei comuni di Favara e Comitini.

L'impianto, denominato parco eolico "Scintilia", è costituito da 8 aerogeneratori di potenza unitaria nominale fino a 6 MW, per una potenza installata complessiva di 48 MW. Le opere di progetto si inseriscono su terreni agricoli coltivati a seminativo semplice, localizzati in prossimità della Stazione Elettrica (SE) della rete di trasmissione nazionale (RTN) a 220/150 kV di Favara (AG), a circa 2 km dall'agglomerato industriale di Favara-Aragona.

Data la potenza dell'impianto, superiore ai 10.000 kW, il servizio di connessione sarà erogato in alta tensione (AT), ai sensi della Deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 23 luglio 2008 n.99 e s.m.i.. In accordo con la soluzione tecnica minima generale (STMG) trasmessa da Terna e formalmente accettata in data 07/09/2021 l'impianto è collegato in antenna con la sezione a 150kV della SE a 220/150 kV di Favara (AG).

I generatori eolici forniscono energia elettrica in bassa tensione (690V) e sono pertanto dotati di un trasformatore MT/BT ciascuno, alloggiato all'interno dell'aerogeneratore stesso e in grado di elevare la tensione a quella della rete del parco. La rete del parco è costituita di un cavidotto interrato in media tensione (30kV), tramite il quale l'energia elettrica viene convogliata dagli aerogeneratori alla sottostazione elettrica (SSE) di trasformazione AT/MT di proprietà del proponente, ubicata in prossimità della SE a 220/150 kV di Favara (AG).

Le opere progettuali sono quindi sintetizzate nel seguente elenco:

- parco eolico composto da 8 aerogeneratori, da 6 MW ciascuno, con torre di altezza fino a 125 m e diametro del rotore fino a 170 m, e dalle relative opere civili connesse quali strade di accesso, piazzole e fondazioni;
- opere di connessione alla rete elettrica, consistenti nel cavidotto in media tensione (30kV) interamente interrato e sviluppato principalmente sotto strade esistenti, nella SSE di trasformazione 150/30 kV di proprietà del Proponente e nell'elettrodotto a 150kV di collegamento tra la SSE e la SE di Favara (AG).

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) ed in quanto tali sono indifferibili ed urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997" e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n.387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" e s.m.i..

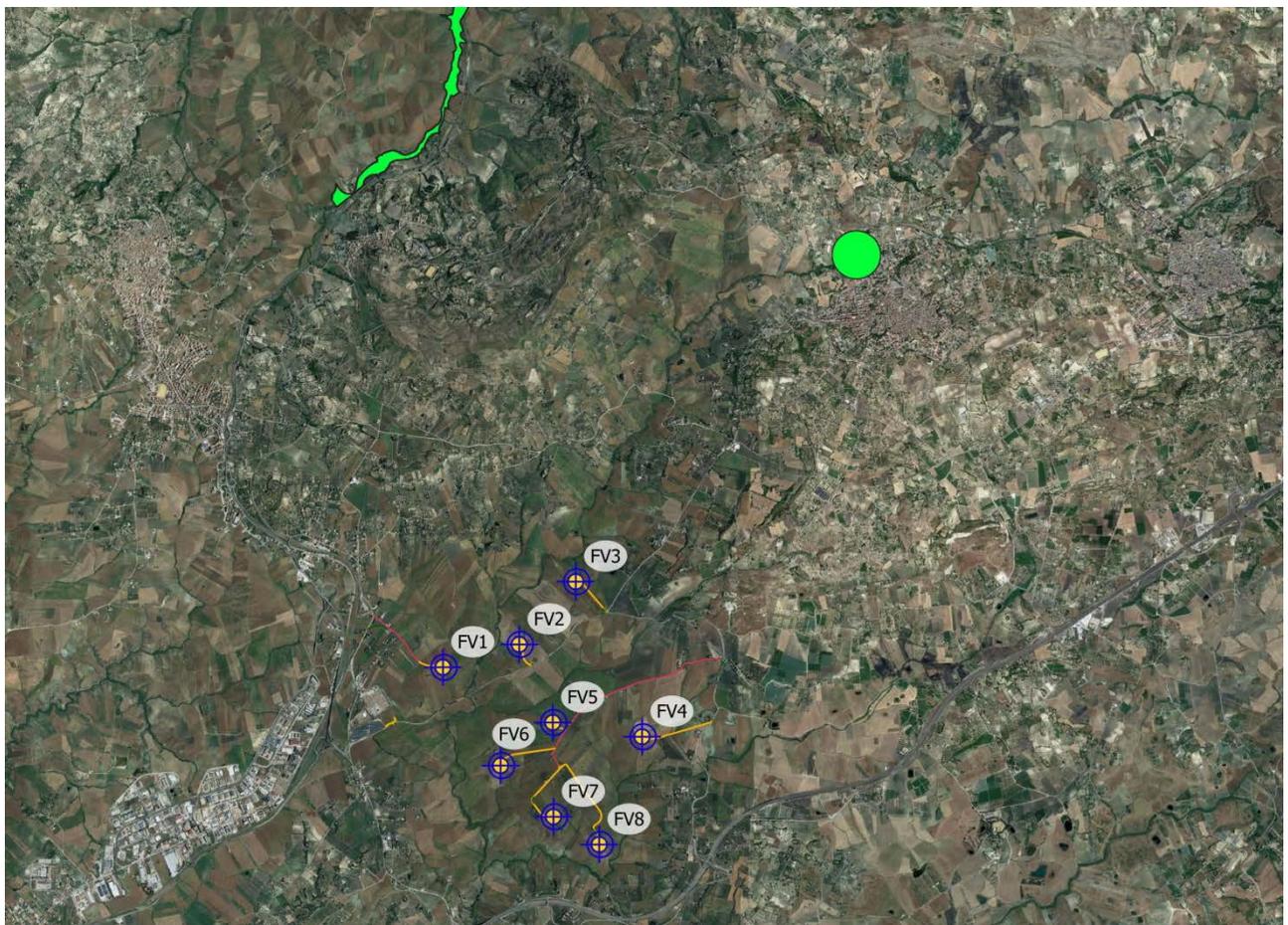
L'utilizzo di fonti rinnovabili comporta infatti beneficio a livello ambientale, in termini di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) risparmiate e mancate emissioni di gas serra, polveri e inquinanti. Per il progetto in esame si stima una producibilità del parco eolico superiore a 105 GWh/anno, che consente di risparmiare almeno 19'635 TEP/anno (*fonte ARERA: 0,187 TEP/MWh*) e di evitare almeno 51'849 ton/anno di emissioni di CO<sub>2</sub> (*fonte ISPRA, 2020: 493,80 gCO<sub>2</sub>/kWh*).

## 2 Scopo

Scopo del presente documento è descrivere il contesto idrologico in cui si colloca il parco eolico "Scintilia", che la società Sorgenia Grecale Srl propone di realizzare in agro dei comuni di Favara e Comitini (AG) e analizzare le possibili interferenze delle opere con il reticolo idrografico esistente.

L'analisi condotta permette di identificare le altezze di piena dei corsi d'acqua in prossimità dell'intersezione con le opere in progetto (aerogeneratori e cavidotto di connessione). In base alle quote di piena ottenute si indicherà la maniera di superamento dell'interferenza.

Nella seguente immagine si mostrano le opere di progetto e le aree di esondazione identificate dal PAI dell'Autorità di Bacino della Sicilia.



**Figura 2-1 – Inquadramento opere rispetto alla cartografia di rischio idraulico del PAI Sicilia**

Dall'immagine precedente si nota che le opere in progetto non interferiscono con le aree di esondazione del PAI (in verde).

A titolo cautelativo sono state comunque effettuate le verifiche idrauliche delle opere che possono interferire con il reticolo idrografico, considerando una portata con tempo di ritorno pari a 100 anni. Tale tempo di ritorno è richiesto per le verifiche idrauliche in zone P2 del PAI.

### 3 Proponente

Il soggetto proponente del progetto in esame è Sorgenia Grecale S.r.l., interamente parte del gruppo Sorgenia Spa, uno dei maggiori operatori energetici italiani. Il Gruppo è attivo nella produzione di energia elettrica con oltre 4'750 MW di capacità di generazione installata e oltre 400'000 clienti in fornitura in tutta Italia. Efficienza energetica e attenzione all'ambiente sono le linee guida della sua crescita. Il parco di generazione, distribuito su tutto il territorio nazionale, è costituito dai più avanzati impianti a ciclo combinato e da impianti a fonte rinnovabile, per una capacità di circa 370 MW tra biomassa ed eolico. Nell'ambito delle energie rinnovabili, il Gruppo, nel corso della sua storia, ha anche sviluppato, realizzato e gestito impianti di tipo fotovoltaico (ca. 24 MW), ed idroelettrico (ca.33 MW). In quest'ultimo settore, Sorgenia è attiva con oltre 75 MW di potenza installata gestita tramite la società Tirreno Power, detenuta al 50%. Il Gruppo Sorgenia, tramite le sue controllate, fra le quali Sorgenia Grecale S.r.l., è attualmente impegnata nello sviluppo di un importante portafoglio di progetti rinnovabili di tipo eolico, fotovoltaico, biometano, geotermico ed idroelettrico, caratterizzati dall'impiego delle Best Available Technologies nel pieno rispetto dell'ambiente.

### 4 Descrizione del progetto

Il layout del parco eolico è stato ricavato da uno studio che considera:

- le caratteristiche anemologiche locali;
- la mutua distanza tra aerogeneratori, al fine di contenere l'impatto visivo dell'opera e contemporaneamente minimizzare le perdite per turbolenza ed effetti scia;
- le abitazioni presenti, anche in relazione alla variazione di clima acustico nelle vicinanze dei ricettori;
- la non inclusione di Siti di Interesse Comunitario, Zone di Protezione Speciale e di altre aree non idonee individuate ai sensi del D.P.R. Sicilia del 10 Ottobre 2017 "*Individuazione delle aree non idonee all'installazione degli impianti eolici*";
- l'orografia del sito, l'assenza di vegetazione arborea e le caratteristiche geologiche delle aree utilizzate per gli aerogeneratori.

Il parco eolico sarà composto da n. 8 aerogeneratori, ciascuno dotato di:

- una turbina di diametro massimo di 170 m con 3 pale ad inclinazione variabile, calettate sul mozzo;
- una torre, di altezza massima di 125,0 m, cava all'interno e dotata di scala per l'accesso alla navicella e contenente il trasformatore di tensione della corrente prodotta a bassa tensione (690 V) dall'alternatore connesso alla turbina;
- una navicella, contenente, al suo interno:
  - un cuscinetto di sostegno del mozzo,
  - un sistema di controllo dell'inclinazione delle pale e dell'imbardata in funzione della velocità del vento,
  - un moltiplicatore di giri, che consente di trasformare la bassa velocità di rotazione della turbina nella velocità necessaria a far funzionare l'alternatore,
  - un alternatore, che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica.

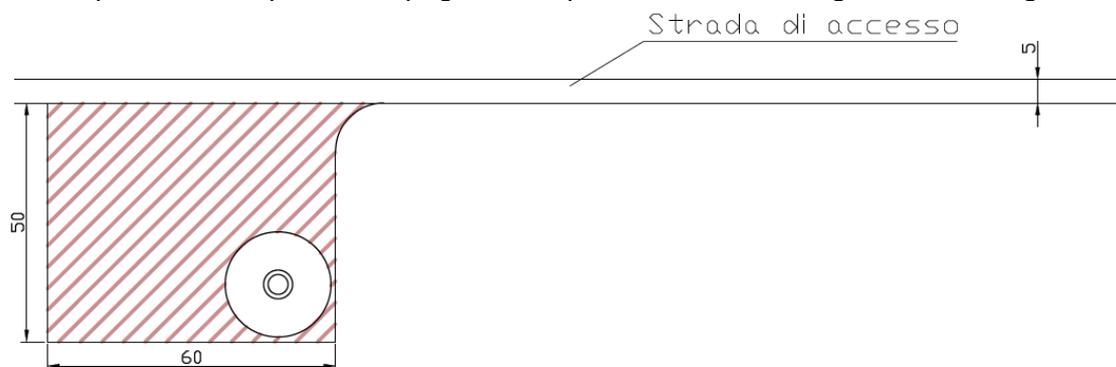
Nella tabella riportata di seguito vengono indicate le principali caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore di grande taglia scelto come riferimento di progetto, ovvero il modello SG170 da 6.0 MW della Siemens Gamesa.

**Tabella 4.1 - Specifiche tecniche aerogeneratore di riferimento**

<b>Produttore</b>		<b>Siemens Gamesa</b>
<b>Modello</b>		<b>SG 170</b>
Potenza	kW	6000-6200
Velocità di avvio (cut in)	m/s	3
Velocità massima potenza	m/s	11.0
Velocità di arresto (cut out)	m/s	25
Velocità di rotazione	rpm	8.8
Numero di pale	n°	3
Altezza della torre	m	125
Diametro del rotore	m	170
Area spazzata dal rotore	mq	22692
Classe	IEC	IEC IIIA/IIIB

Gli aerogeneratori saranno installati in piazzole accessibili a partire dalla viabilità esistente, con piste in terra battuta di nuova realizzazione, di larghezza di circa 5 m e profilo verificato con esperti trasportatori del settore. Il Proponente ne assicurerà la costruzione e la manutenzione, allo scopo di servirsene anche durante l'esercizio. Le piste saranno realizzate in misto stabilizzato e compattato con uno strato di fondazione in pietrisco costipato. Dove necessario le strade saranno provviste di cunette laterali per lo scolo delle acque meteoriche di circa 75 cm di larghezza.

Le superfici necessarie per consentire lo stazionamento delle autogru in fase di montaggio saranno costituite da piazzole adiacenti all'aerogeneratore di circa 6'900 mq ciascuna, che saranno ricavate su terreni agricoli seminativi semplici. Una volta terminati i lavori, i piazzali di sgombero, manovra e stoccaggio dei materiali allestiti in prossimità di ogni torre saranno ridimensionati, con materiale accantonato in loco, a quanto strettamente necessario per l'accesso di una gru per eventuali manutenzioni in quota, cioè a una superficie di circa 3'000 mq, come indicata in Figura 5-2. Le fondazioni, progettate dal fornitore degli aerogeneratori, saranno interamente poste sotto il piano campagna e ricoperte con terreno vegetale e misto granulare.



**Figura 4-1–Tipico piazzola di esercizio con quote espresse in metri**

Il cavidotto elettrico, il cui tracciato è stato studiato comparando le esigenze di pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati, collegherà in MT gli aerogeneratori FV1, FV2, FV3 e FV4 a formare un primo sottocampo e gli aerogeneratori FV8, FV7, FV6 e FV5 a formare

un secondo sottocampo, passandoprincipalmente sotto le strade di accesso agli aerogeneratori e la viabilità pubblica dell'area. I conduttori che collegano gli aerogeneratori del primo sottocampo avranno lunghezza pari a 6,9 km, mentre i conduttori di collegamento tra gli aerogeneratori del secondo sottocampo avranno lunghezza complessiva di circa 4,1 km. In uscita da ciascuno dei due sottocampi, il cavidotto di connessione, di lunghezza massima pari a 4,7 km, permetterà di immettere l'energia elettrica prodotta in rete presso la stazione elettrica della RTN a 220/150 kV di "Favara". Gli scavi relativi alla posa di ogni cavidotto saranno effettuati per una sezione di 50 cm per 80 cm, rispettivamente per la posa di una singola terna di conduttori o di due terne di conduttori in parallelo, con una profondità di 1,2 m dal piano campagna. I rinterri, dopo la posa dei cavi, saranno effettuati in parte con sabbia e in parte con terreno di riporto proveniente dagli scavi effettuati in sito.

La sottostazione di trasformazione 150/30kV si collocherà su una superficie complessiva di 1'750 mq e avrà dimensioni pari a 50 m x 35 m in pianta. Essa raccoglierà le due linee in cavo interrato a 30 kV provenienti dal parco eolico, le quali saranno attestate ad un quadro elettrico in MT, installato all'interno di un locale dedicato. In uscita dallo stesso quadro un'unica linea in MT si collegherà al trasformatore AT/MT. Il lato AT a 150 kV del trasformatore sarà quindi connesso allo stallo di protezione e comando a 150 kV. Lo stallo terminerà con il cavo interrato a 150 kV che costituisce il raccordo alla SE della RTN a 220/150 kV di Favara.

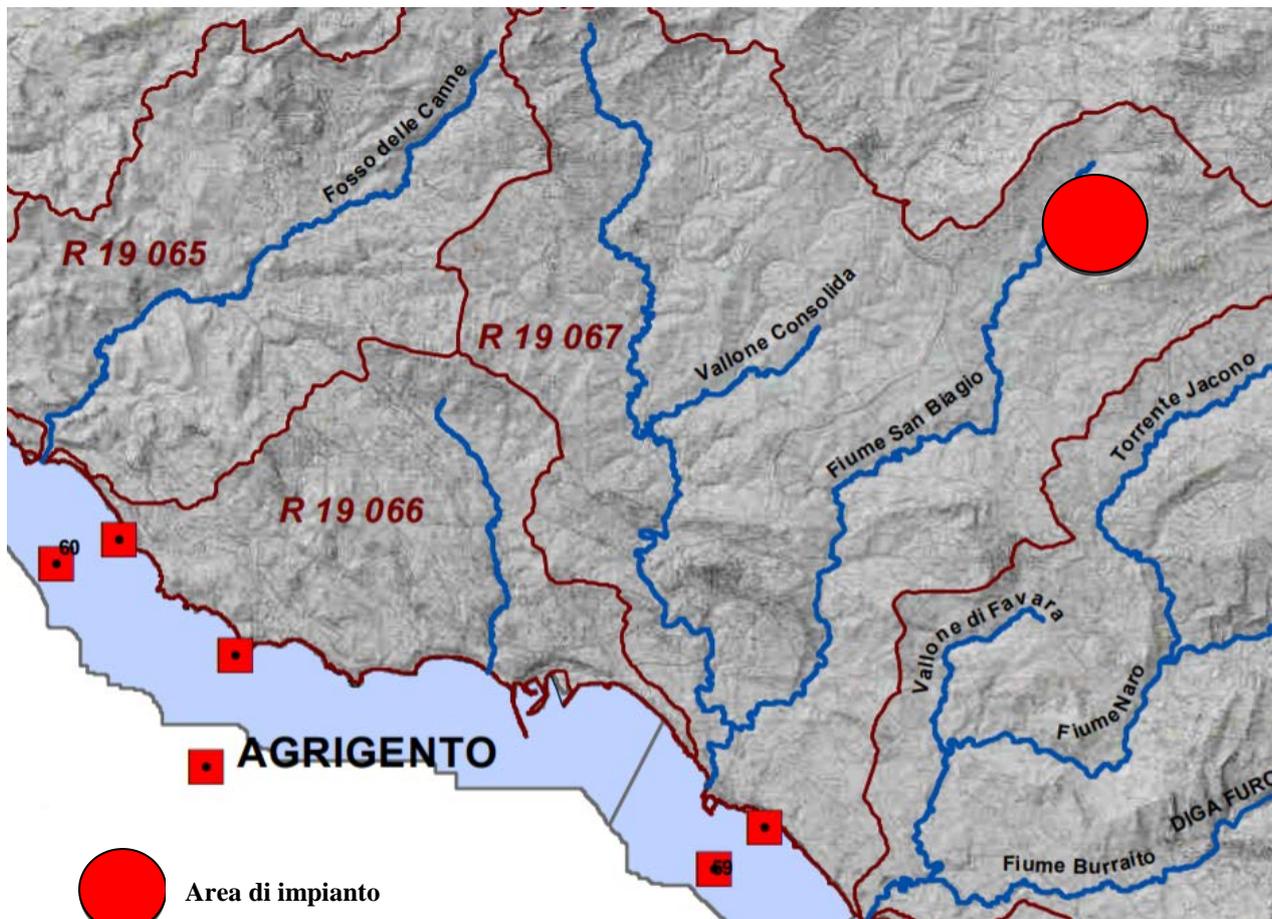
La SSE di trasformazione sarà quindi composta da:

- un fabbricato, suddiviso in locali tecnici distinti, che a seconda della funzione ospiteranno i contatori di misura dell'energia prodotta, i quadri in MT, i quadri in BT, il gruppo elettrogeno (GE), ecc... Si rimanda all'elaborato "21007 FVR\_PD\_T\_28\_00" (Disegni architettonici edificio SSE) nel quale sono illustrate la planimetria e le sezioni del fabbricato;
- un piazzale con un montante trasformatore 150/30 kV e la sezione in AT a 150 kV;
- gli impianti a servizio del fabbricato e dell'intera sottostazione.

Il cavidotto interrato in AT, a 150kV, si svilupperà sotto terreno agricolo, fatta eccezione per la porzione di cavidotto interno alla Stazione Elettrica, necessario al raggiungimento dello stallo. Nel complesso il cavidotto avrà una lunghezza massima di circa 400 m. e sarà composto da una terna di conduttori unipolari di sezione 630 mmq, realizzati in alluminio, schermati, con isolamento in XLPE e tensione massima pari a 170 kV. I tre cavi saranno posati a trifoglio e direttamente interrati in una trincea di sezione 80 cm, ad una profondità di scavo minima di 1,50 m, protetti inferiormente e superiormente con un letto di sabbia vagliata e compatta; la protezione superiore sarà costituita da piastre di cemento armato, o da un elemento protettivo in resina. Tale protezione sarà opportunamente segnalata con cartelli o blocchi monitori, secondo i tipici illustrati nell'elaborato "21007 FVR\_PD\_T\_31\_00" (Tipici di posa del cavidotto).

## 5 Inquadramento idrologico dell'area

Il sito in esame ricade nel bacino idrografico "San Leone e Bacini minori tra San Leone e Naro" (R 19 067).



 Area di impianto

**LEGENDA**



**Figura 5-1–Inquadramento su “Carta dei bacini idrografici, dei corpi idrici superficiali e delle stazioni di monitoraggio**

Il bacino idrografico del fiume “San Leone e Bacini minori tra San Leone e Naro” (Codice R 19 067) ricade nel versante meridionale della Sicilia, nel territorio della provincia di Agrigento, e confina ad ovest con alcuni bacini minori e col bacino del fosso delle Canne, a nord col bacino del fiume Platani e ad est con il bacino del fiume Naro.

Il bacino con la sua superficie di circa 220 km<sup>2</sup> è il 26° per dimensioni fra quelli contenenti corpi idrici significativi, qui costituiti dal fiume San Leone. Tale fiume, che si sviluppa per circa 31 km, possiede un bacino imbrifero di 208,8 km<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda l'area di dettaglio, come si evince dalla relazione geologica, essa appartiene specificatamente al Bacino Idrografico del Vallone San Benedetto che è uno degli affluenti principali del fiume San Biagio e inquadrato negli affluenti di sinistra, la sua direzione principale è la NordEst-SudOvest nella parte a nord del territorio comunale di Favara. I principali affluenti sono i valloni Scintilia e Racalmaro che hanno rispettivamente direzione Est e Nord Nordest. I terreni attraversati dal vallone San Benedetto sono prevalentemente le argille marnose con rare intercalazioni di conglomerati e sabbie che sono maggiormente presenti nel tratto basso del bacino principale. Rocce più tenaci quali Trubi, calcari e gessi affiorano in prossimità degli alti morfologici e nelle serre che danno i confini al bacino. Il Vallone S. Benedetto ha un'ampiezza dell'area del bacino di circa 56 km<sup>2</sup>. La lunghezza dell'asta principale è di 7,800 Km, quella delle aste drenanti è di 177 km; mentre la pendenza media dell'asta principale è di 1,55%.

L'area in esame è caratterizzata da una rete idrografica ben sviluppata, caratterizzata da numerose aste fluviali di diverso ordine e grado che interessano il territorio e che garantiscono il regolare deflusso degli apporti meteorici.

Vi è inoltre una fitta rete di solchi vallivi, percorsi temporaneamente da acque derivate da concentrate precipitazioni stagionali, poco assorbite dal terreno prevalentemente impermeabile.

## 6 Analisi idrologica

I fenomeni meteorologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento).

Di seguito viene sfruttato il modello TCEV per la Regione Sicilia con il fine di determinare le altezze di pioggia e le relative intensità, necessarie per la verifica delle interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico

### 6.1 Modello TCEV Sicilia

Il modello TCEV (*Two Component Extreme Value Distribution*) permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata *componente base*, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (*componente straordinaria*) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica). La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di

alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

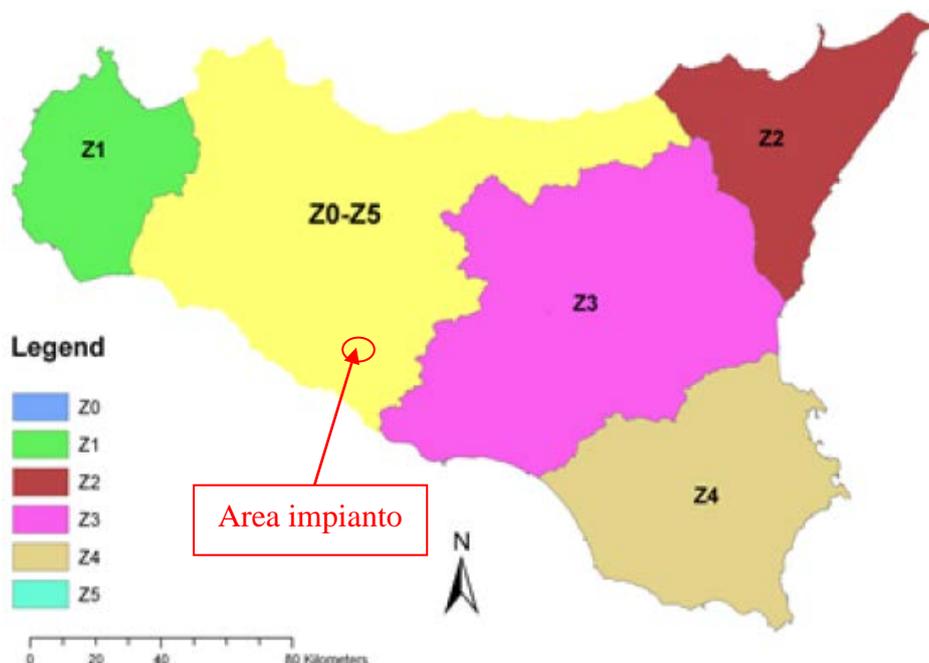
Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007. La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel *primo livello di regionalizzazione* si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorica  $G_t$  delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante per la regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri  $\Theta^* = 2,24$  e  $\Lambda^* = 0,71$  sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

Il *secondo livello di regionalizzazione* riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee, come mostrato in Figura 4-1: Z0 –Z5, Z1, Z2, Z3, Z4. A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro  $\Lambda_1$  (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo  $\Lambda_1$ , che risulta indipendente dalla durata. Tali valori sono rappresentati in Tabella 4-1. Le sottozone Z0 e Z5, possono anche essere "unite" e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro  $\Lambda_1$ . In ogni sottozona la variabile adimensionale  $h_{t,T}^* = h_t/\mu$  (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media  $\mu$  della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h_{t,T}^* = K_t = a \cdot \ln(T) + b$$

I valori  $a$  e  $b$  sono stati trattati in funzione della particolare sottozona e sono visibili in Tabella 4-2.



**Figura 6-1 - Sottozone pluviometriche omogenee per la Regione Sicilia e locazione dell'impianto**

$K_t$  è definito *fattore di crescita* e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti  $a$  e  $b$ ) e del tempo di ritorno  $T$  dell'evento meteorico.

**Tabella 6.1 - Valori del parametro per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia**

	Z <sub>0</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>
Λ <sub>1</sub>	24,43	19,58	17,67	14,52	15,40	24,40

**Tabella 6.2 - Valori, per la Regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita**

	Z0-Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
a	0,4485	0,4695	0,4799	0,5011	0,4946
b	0,5117	0,4889	0,4776	0,4545	0,4616

Il *terzo livello di regionalizzazione* prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  e le grandezze relative al sito di misura. Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = K_t \cdot \mu(t)$$

Ove  $h_{t,T}$  rappresenta l'altezza di pioggia di assegnata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$ .

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica  $\mu$  risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata  $t$ :

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

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti  $a$  ed  $n$  sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti  $a$  ed  $n$  possono essere stimati sulla base della carta delle iso- $a$  e delle iso- $n$  (Cannarozzo et al, 1995), redatta per il territorio Siciliano e rappresentate nelle seguenti figure.

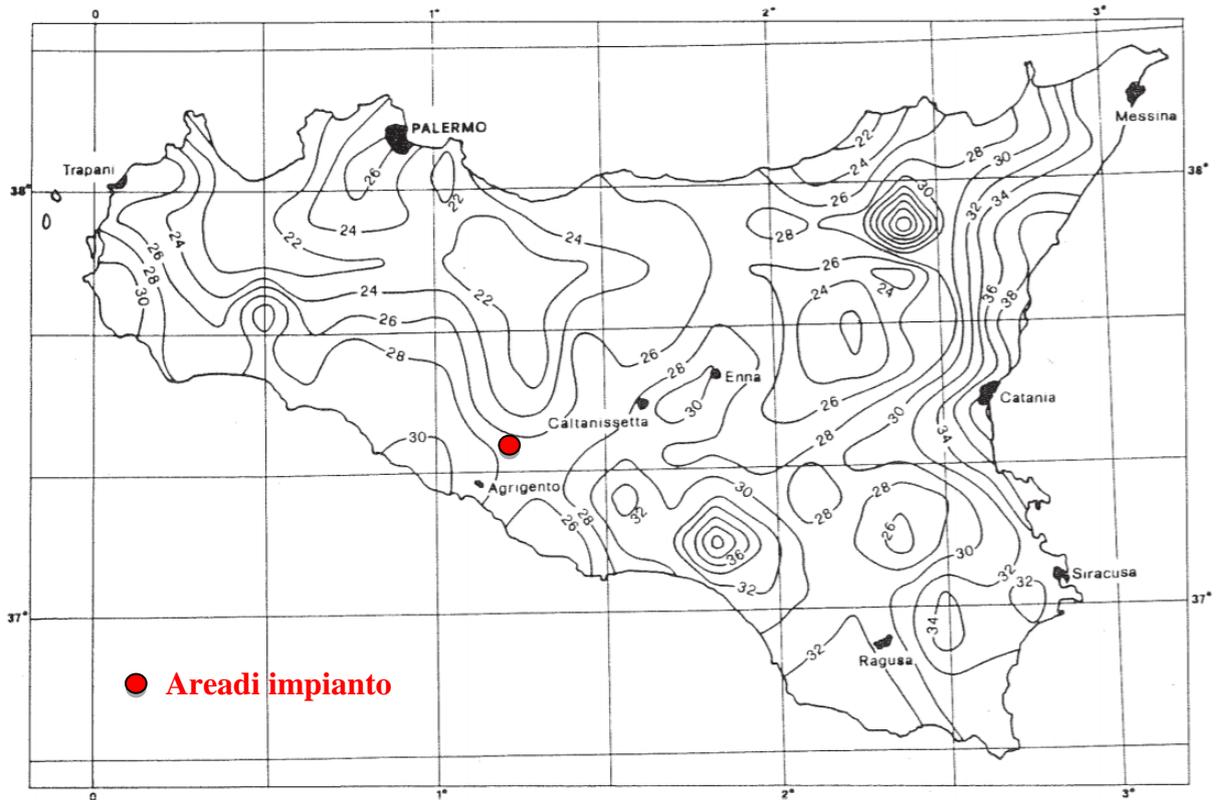


Figura 6-2 - Carta delle iso-a (fonte: "Un modello regionale per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica del territorio siciliano" (M. Cannarozzo, F. D'Asaro, V. Ferro))

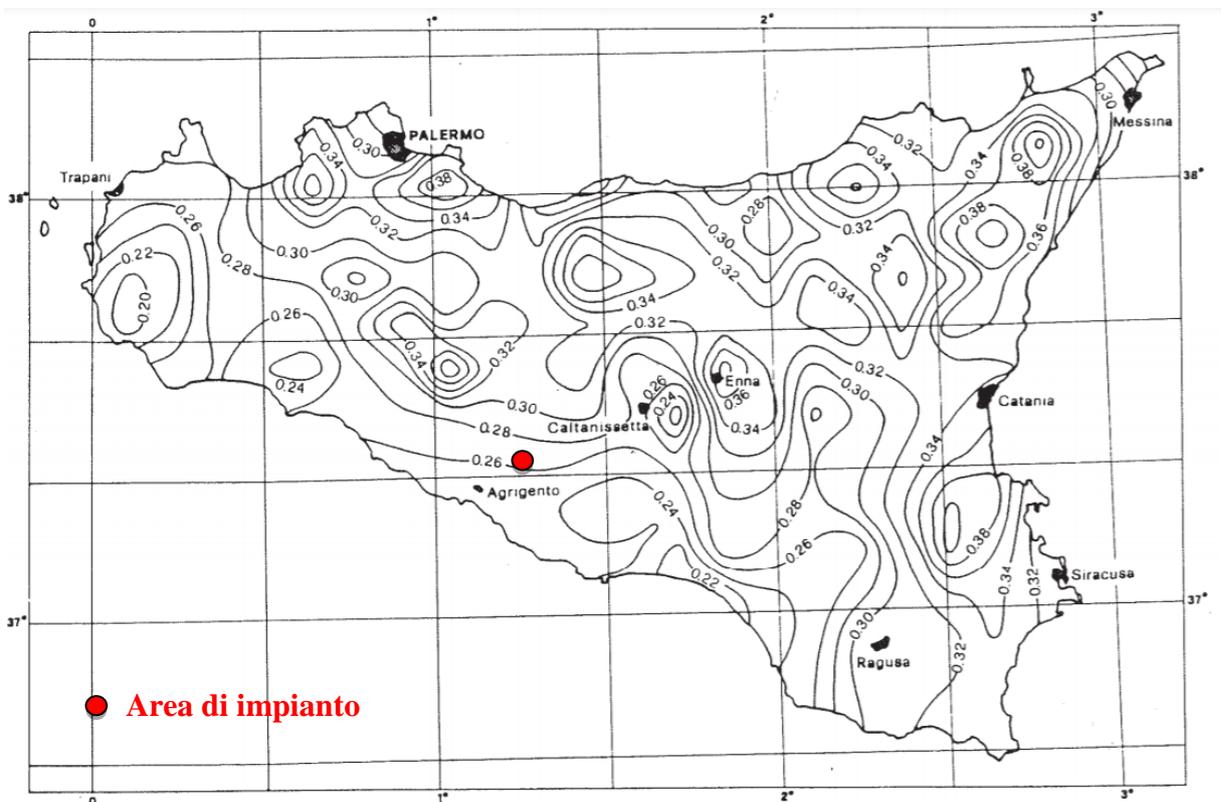


Figura 6-3 - Carta delle iso-n (fonte: "Un modello regionale per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica del territorio siciliano" (M. Cannarozzo, F. D'Asaro, V. Ferro))

Sono quindi stati calcolati, per i tempi di ritorno di interesse  $T = 50, 100$  e  $300$  anni, i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata  $h_{t,T}$  e le leggi di probabilità pluviometrica.

## 6.2 Calcolo della curva di possibilità pluviometrica

Il sito in esame ricade nella sottozona pluviometrica omogenea  $Z_0-Z_5$ . Il fattore di crescita  $K_t$  è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti  $a$  e  $b$  estrapolati dalla Tabella 4-2:

$$K_t = 0,4485 \cdot \ln(T) + 0,5117$$

Non essendoci una stazione pluviometrica nei pressi del sito oggetto del presente studio, per il calcolo dei parametri  $a$  e  $n$ , come descritto in precedenza, si è sfruttato lo studio effettuato da Cannarozzo et. Al, che ha prodotto le due tavole rappresentate in Figura 4-2 e Figura 4-3.

Grazie a queste tavole è stato quindi possibile individuare i seguenti valori:  $a = 28$  ed  $n = 0,06$ .

Fissato dunque un tempo di ritorno della sollecitazione meteorica di progetto ed individuati i parametri  $a$  ed  $n$ , è possibile calcolare le altezze di pioggia di data frequenza di accadimento e di fissata durata.

Sono state di conseguenza individuate le curve di probabilità pluviometrica per il sito in esame per i tempi di ritorno indicati nel PAI (50,100 e 300 anni).

**Tabella 6.3–Curve di probabilità pluviometrica per tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni**

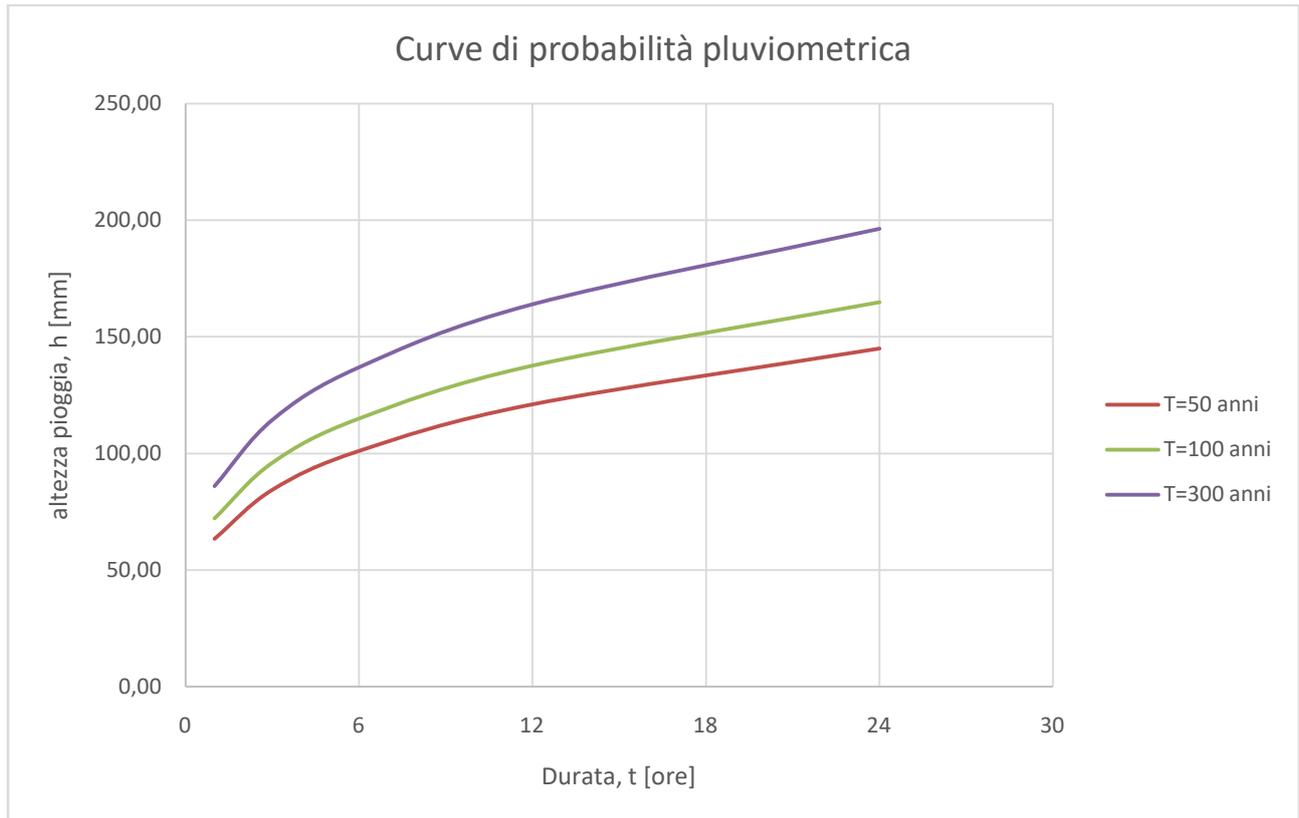
Tr=50 ANNI	
t [ore]	h [mm]
1	63.45
3	84.43
6	101.11
12	121.07
24	144.98

Tr=100 ANNI	
t [ore]	h [mm]
1	72.16
3	96.02
6	114.98
12	137.68
24	164.87

Tr=300 ANNI	
t [ore]	h [mm]
1	85.96
3	114.37
6	136.96
12	164.01
24	196.39

Le espressioni analitiche delle leggi di probabilità pluviometrica sono le seguenti:

<b>Tr = 50 anni</b>	$h(t) = 63,45 * t^{0,26}$
<b>Tr = 100 anni</b>	$h(t) = 72,16 * t^{0,26}$
<b>Tr = 300 anni</b>	$h(t) = 85,96 * t^{0,32}$



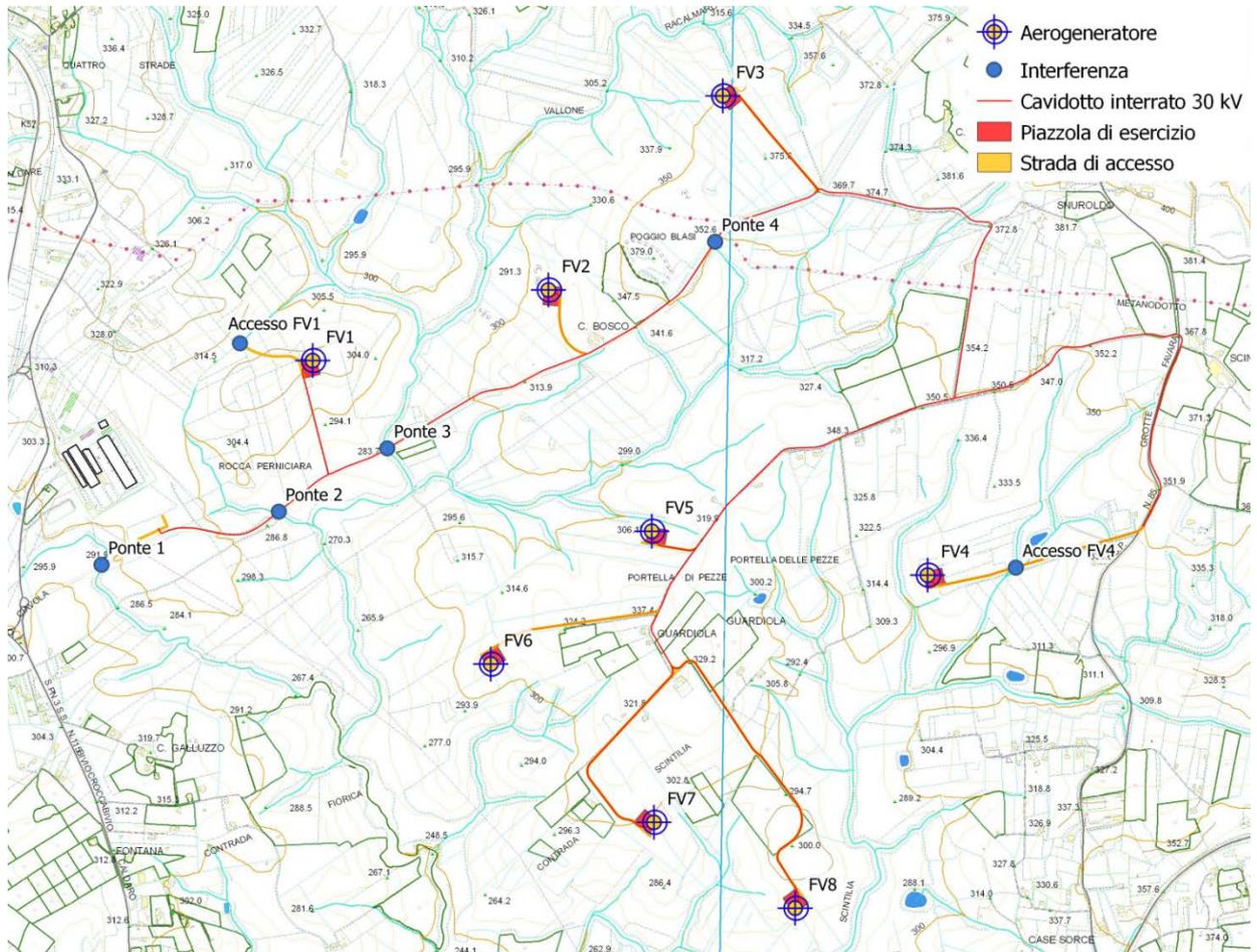
**Figura 6-4 - Curva delle probabilità pluviometriche**

## 7 Verifica idraulica delle interferenze

Le interferenze che verranno analizzate nei prossimi capitoli sono identificate in 3 categorie:

- Interferenza del cavidotto di connessione (Ponte 1, Ponte 2, Ponte 3 e Ponte 4)
- Interferenze delle piazzole degli aerogeneratori
- Interferenza delle piste di accesso agli aerogeneratori di nuova realizzazione (Accesso FV1, Accesso FV4)

Nella seguente immagine è illustrato l'inquadramento del parco eolico e delle interferenze analizzate, indicate con un pallino blu, su Carta Tecnica Regionale (CTR).



**Figura 7-1– Inquadramento del parco eolico e delle interferenze analizzate su CTR**

## **7.1 Interferenze del cavidotto interrato a 30kV**

### **7.1.1 Ponte 1**

Il punto denominato "Ponte 1" coincide con un ponte stradale di lunghezza pari a circa 93,40 m collocato lungo la Strada Pubblica Interna NC25. Tale infrastruttura sarà percorsa in fase di cantiere dai mezzi di trasporto dei componenti del parco eolico, sarà pertanto necessaria una verifica della capacità portante dell'impalcato stradale. Non si prevedono interventi sull'assetto stradale e non sussistono interferenze con le opere di connessione alla rete elettrica (cavidotto), si ritiene per tanto non necessaria la verifica idraulica in tale punto.



**Figura 7-2 – Interferenza "Ponte 1", stato di fatto**



**Figura 7-3 – Interferenza "Ponte 1", stato di fatto**

## 7.1.2 Ponte 2

Di seguito è mostrato il punto di interferenza tra un fosso senza nome (Fosso 2) e il percorso del cavidotto. L'interferenza si colloca in corrispondenza dell'incrocio tra il fosso e la Strada Pubblica Interna denominata NC25, in corrispondenza del ponte stradale, identificato come Ponte 2 e illustrato nell'immagine successiva. In colore rosso è mostrato il percorso del cavidotto.

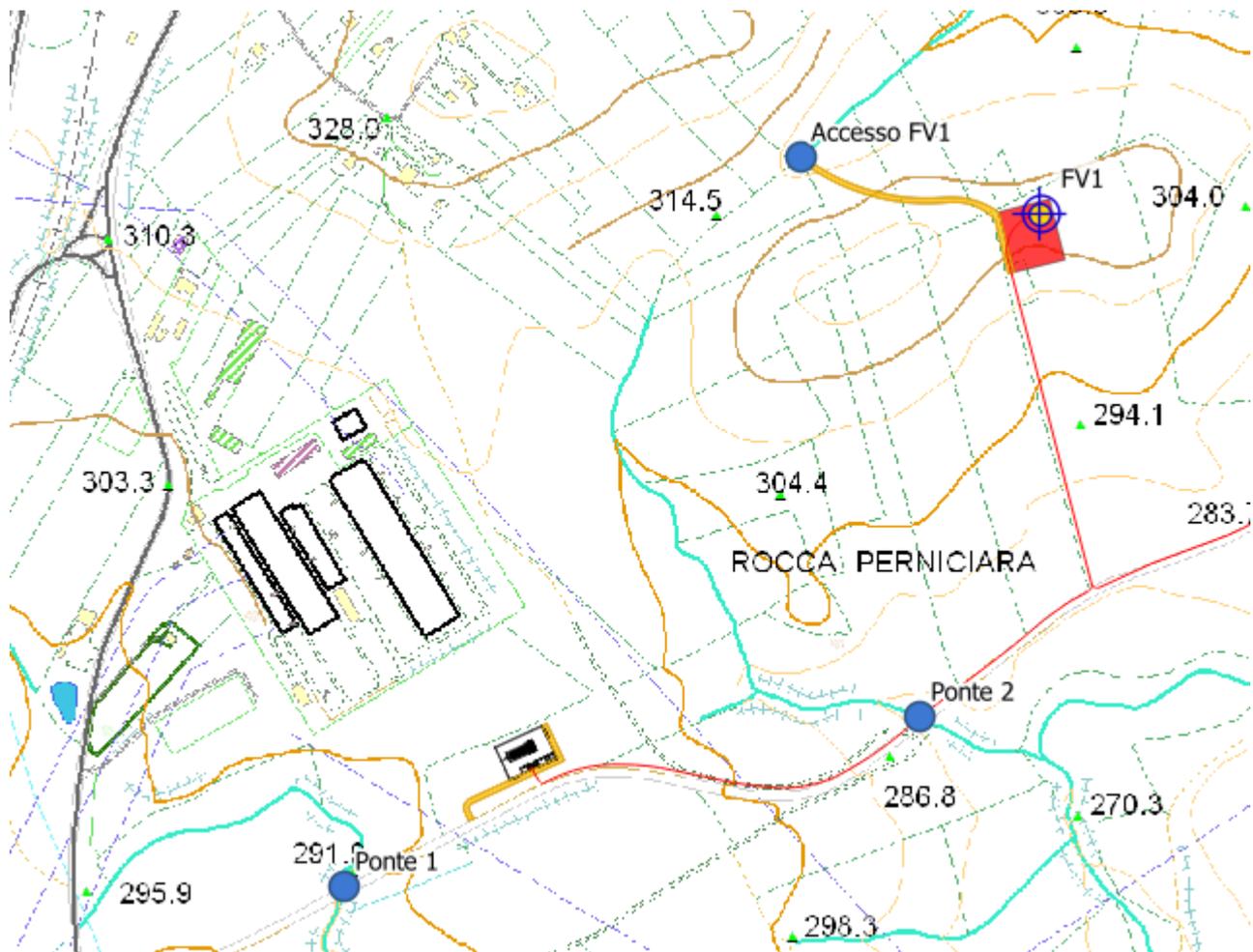
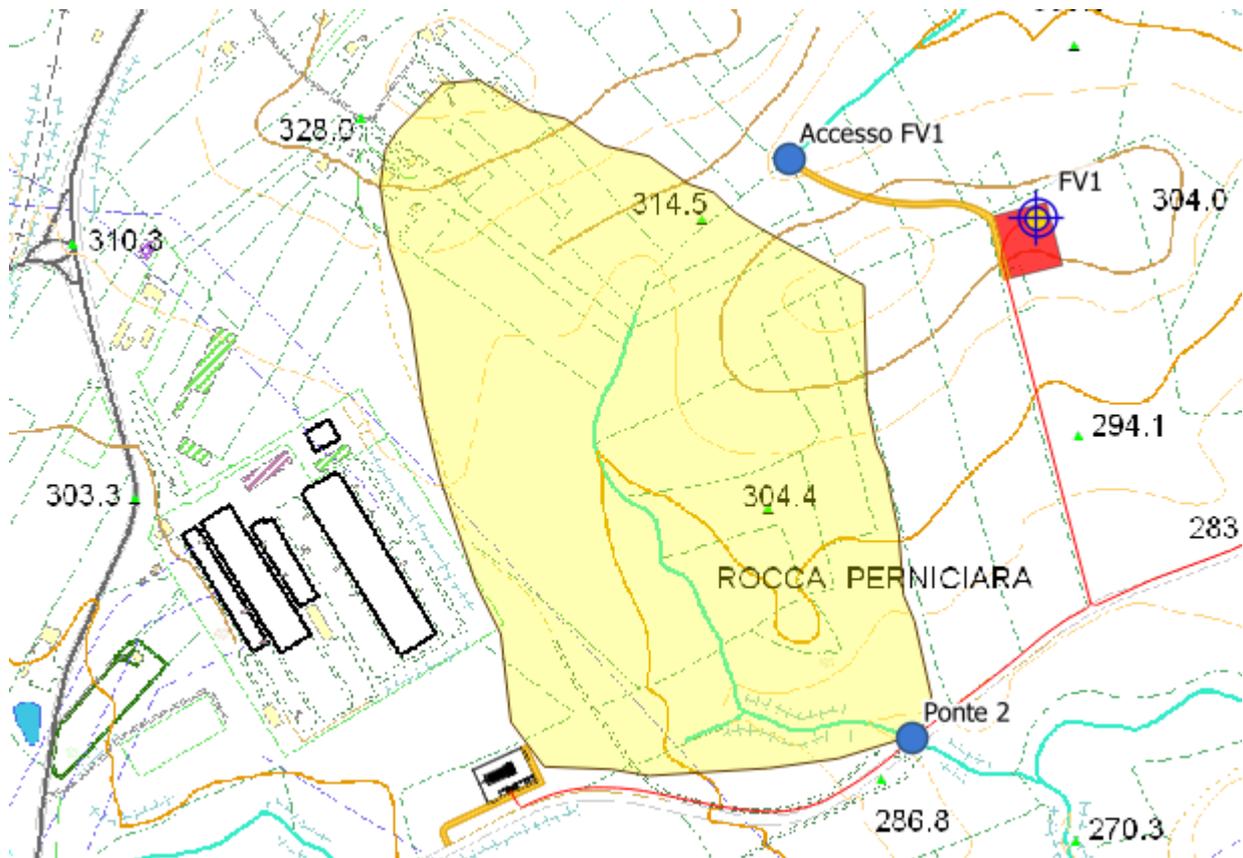


Figura 7-4 – Inquadramento dell'interferenza "Ponte 2"

### 7.1.2.1 Inquadramento del bacino

Il bacino del Fosso 2 alla sezione di chiusura di interesse copre una superficie di circa 0,25 km<sup>2</sup> con una quota minima in corrispondenza della sezione di chiusura di circa 278.0 m slm e una quota massima di 315 m slm. La lunghezza dell'asta principale è di circa 0,7 km.



**Figura 7-5 – Bacino del Fosso 2 alla sezione di chiusura, evidenziato in colore giallo**

### 7.1.2.2 Stima della portata di piena

La portata di progetto, considerando un tempo di ritorno di 100 anni, è stata valutata utilizzando la "formula razionale" (E. Usai, Manuale di idrologia per la progettazione, Biblioteca Tecnica Hoepli, 2012):

$$Q = \frac{c \cdot A \cdot h}{T_c}$$

in cui

- Q = portata al colmo, m<sup>3</sup>/s
- c = coefficiente di deflusso di piena
- A = superficie del bacino, m<sup>2</sup>
- h = altezza di precipitazione con prefissato tempo di ritorno Tr e con durata pari al tempo di corrivazione, m
- T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione, secondi

Il tempo di corrivazione, cioè il tempo di percorrenza idraulica dal punto più lontano del bacino alla sezione interessata del corso d'acqua, è stato calcolato la formula di Kirpich, utilizzata per bacini inferiori a 20 km<sup>2</sup>.

$$T_c = 0.0195 * \left( \frac{L}{\left( \frac{H}{L} \right)^{0.5}} \right)^{0.77}$$

con:

- $T_c$  = tempo di corrivazione, minuti
- L = lunghezza massima percorribile dalle particelle d'acqua, m;
- H = dislivello altimetrico tra il punto più del bacino e la sezione di chiusura, m

Nella seguente tabella sono riportati i dati caratteristici del bacino.

**Tabella 7.1–Caratteristiche del bacino Fosso 2**

Delta H [m]	37
Lunghezza [m]	700
I [-] (pendenza media del bacino)	0.05
$T_c$ [minuti]	10

Il coefficiente di deflusso è stato identificato a partire dalla carta geolitologica presente sul Geoportale Nazionale.

Il valore considerato è pari a 0,5.

In base ai parametri citati in precedenza il valore della portata alla sezione di chiusura è di circa 8,96 m<sup>3</sup>/s.

### 7.1.2.3 Verifica idraulica dell'attraversamento

La sezione utilizzata per la verifica dell'attraversamento è stata ottenuta in seguito ad un rilievo di dettaglio dell'opera effettuato in data 24/09/2021 (Figura 7-6 e Figura 7-7).

L'attraversamento risulta avere altezza utile pari a 7,04 m (da fondo alveo a intradosso della trave del ponte) e larghezza di circa 77 metri (considerando le pile del ponte).

Per il calcolo dell'altezza di piena in moto uniforme è stata calcolata la formula di Chezy di seguito definita:

$$Q = \frac{1}{n} * R(h)^{\frac{2}{3}} * A(h) * \sqrt{i}$$

Con:

- Q= portata d'acqua nota per i diversi tempi di ritorno.
- h= altezza di moto uniforme, incognita dell'equazione, m
- R= raggio idraulico, parametro in funzione dell'altezza di moto uniforme, m
- A= area bagnata, parametro in funzione dell'altezza di moto uniforme, m<sup>2</sup>
- i= pendenza del corso d'acqua in prossimità dello 4 %;
- n= coefficiente di Manning pari a 0,05 ovvero per terreni non vegetati.

Il valore di altezza di piena per la portata centennale risulta essere pari a 0,10 m. Questo valore è stato ottenuto senza considerare l'effetto di riduzione dell'area da parte delle pile. In ogni caso, considerando sia la notevole altezza e larghezza del ponte confronto della ridotta portata di piena, il franco che si avrebbe risulterebbe comunque superiore a 6 m.

Per quanto appena detto, la quota di piena centenaria non interferisce con il percorso del cavidotto di connessione.

Il cavidotto verrà ancorato nella parte laterale dell'attraversamento; verrà inserito all'interno di un corrugato in modo tale da essere salvaguardare la sua integrità.



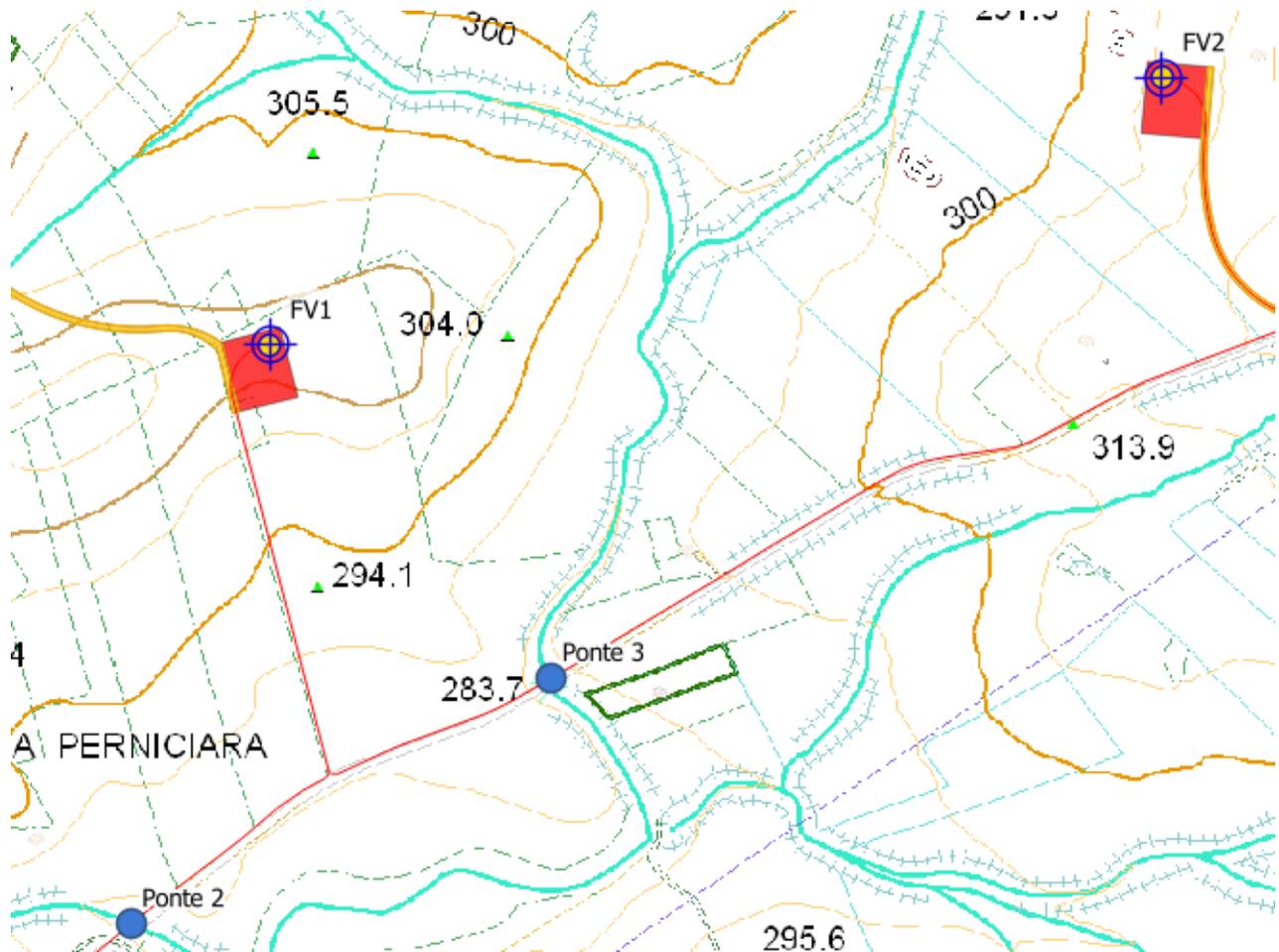
**Figura 7-6 – Foto del “Ponte 2” visto da valle**



**Figura 7-7–Foto del “Ponte 2” visto in prossimità dell'attraversamento**

### 7.1.3 Ponte 3

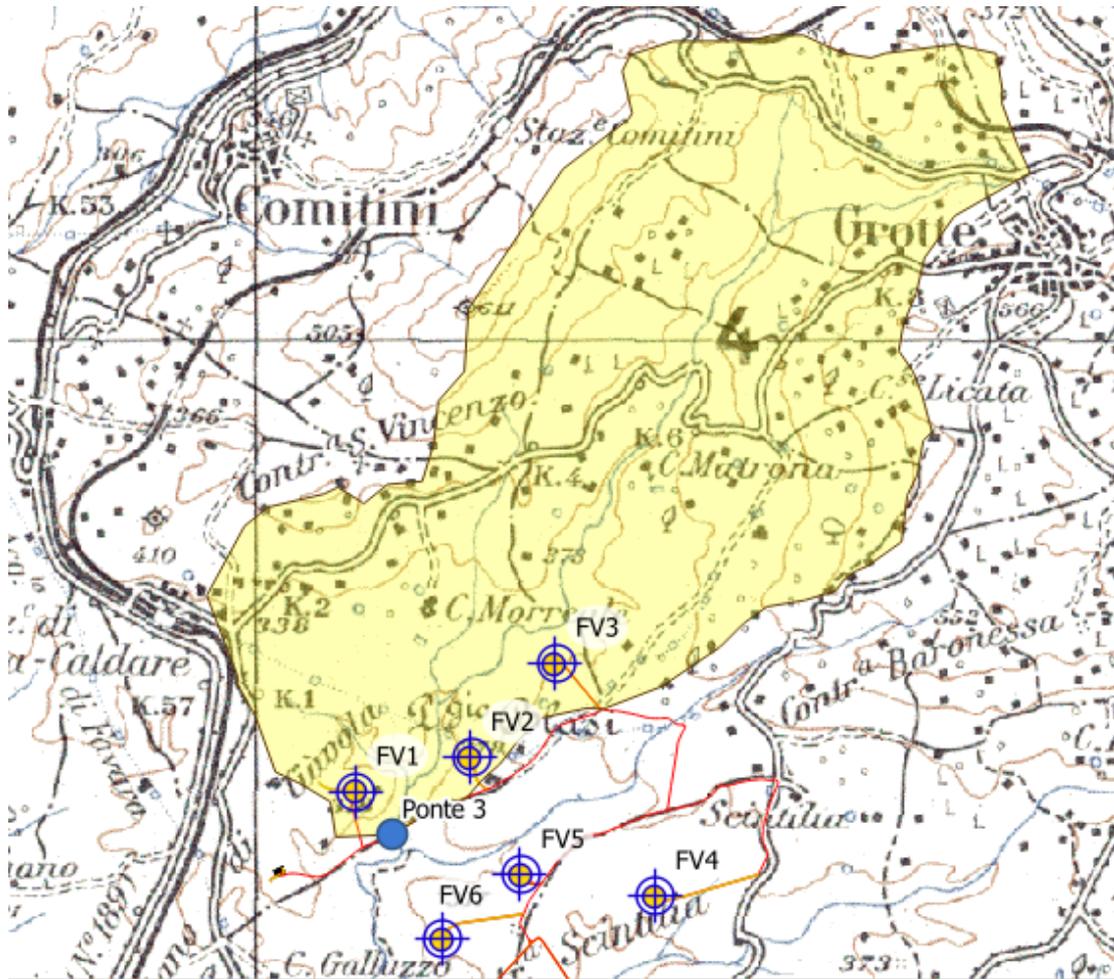
Di seguito è mostrato il punto di interferenza tra Vallone Raccalmaro e il percorso del cavidotto. L'interferenza si colloca in corrispondenza dell'incrocio tra il Vallone Raccalmaro e la Strada Pubblica Interna denominata NC25, in corrispondenza del ponte stradale, identificato come Ponte 3 e illustrato nell'immagine successiva. In colore rosso è mostrato il percorso del cavidotto.



**Figura 7-8 – Inquadramento dell'interferenza "Ponte 3"**

#### 7.1.3.1 Inquadramento del bacino

Il bacino del Vallone Raccalmaro alla sezione di chiusura di interesse copre una superficie di circa 14,3 km<sup>2</sup> con una quota minima in corrispondenza della sezione di chiusura di circa 280.0 m s.l.m. e una quota massima di 470 m s.l.m. La lunghezza dell'asta principale è di circa 7,2 km.



**Figura 7-9–Bacino del Vallone Racalmaro alla sezione di chiusura, evidenziato in colore giallo**

### 7.1.3.2 Stimadella portata di piena

La portata di progetto, considerando un tempo di ritorno di 100 anni, è stata valutata utilizzando la "formula razionale" (E. Usai, Manuale di idrologia per la progettazione, Biblioteca Tecnica Hoepli, 2012):

$$Q = \frac{c \cdot A \cdot h}{T_c}$$

in cui

- Q = portata al colmo, m<sup>3</sup>/s
- c = coefficiente di deflusso di piena
- A = superficie del bacino, m<sup>2</sup>
- h = altezza di precipitazione con prefissato tempo di ritorno Tr e con durata pari al tempo di corrivazione, m
- T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione, secondi

Il tempo di corrivazione, cioè il tempo di percorrenza idraulica dal punto più lontano del bacino alla sezione interessata del corso d'acqua, è stato calcolato la formula di Kirpich, utilizzata per bacini inferiori a 20 km<sup>2</sup>.

$$T_c = 0.0195 * \left( \frac{L}{\left( \frac{H}{L} \right)^{0.5}} \right)^{0.77}$$

con:

- $T_c$  = tempo di corrivazione, minuti
- L = lunghezza massima percorribile dalle particelle d'acqua, m;
- H = dislivello altimetrico tra il punto più del bacino e la sezione di chiusura, m

Nella seguente tabella sono riportati i dati caratteristici del bacino.

**Tabella 7-2–Caratteristiche del bacino Vallone di Racalmaro**

Delta H [m]	190
Lunghezza [m]	7200
I [-] (pendenza media del bacino)	0.026
Tc [minuti]	73,67

Il coefficiente di deflusso è stato identificato a partire dalla carta geolitologica presente sul Geoportale Nazionale.

Il valore considerato è pari a 0,5.

In base ai parametri citati in precedenza il valore della portata alla sezione di chiusura è di circa 123,71 m<sup>3</sup>/s.

### 7.1.3.3 Verifica idraulica dell'attraversamento

La sezione utilizzata per la verifica dell'attraversamento è stata ottenuta in seguito ad un rilievo di dettaglio dell'opera effettuato in data 24/09/2021 (Figura 7-10 e Figura 7-11).

L'attraversamento risulta avere altezza utile pari a 4,08 m (da fondo alveo a intradosso trave) e larghezza di circa 18,2 metri.

Per il calcolo dell'altezza di piena in moto uniforme è stata calcolata la formula di Chezy di seguito definita:

$$Q = \frac{1}{n} * R(h)^{\frac{2}{3}} * A(h) * \sqrt{i}$$

Con:

- Q= portata d'acqua nota per i diversi tempi di ritorno.
- h= altezza di moto uniforme, incognita dell'equazione, m
- R= raggio idraulico, parametro in funzione dell'altezza di moto uniforme, m
- A= area bagnata, parametro in funzione dell'altezza di moto uniforme, m<sup>2</sup>
- i= pendenza del corso d'acqua in prossimità dello 1,2 %;
- n= coefficiente di Manning pari a 0,04 ovvero alvei non vegetati tortuosi.

Il valore di altezza di piena per la portata centennale risulta essere pari a 1,84 m. Rispetto alle dimensioni dell'attraversamento risultano esserci un franco di 2,20 m.

Per quanto appena detto, la quota di piena centenaria non interferisce con il percorso del cavidotto di connessione

Il cavidotto verrà ancorato nella parte laterale dell'attraversamento; verrà inserito all'interno di un corrugato in modo tale da essere salvaguardare la sua integrità.



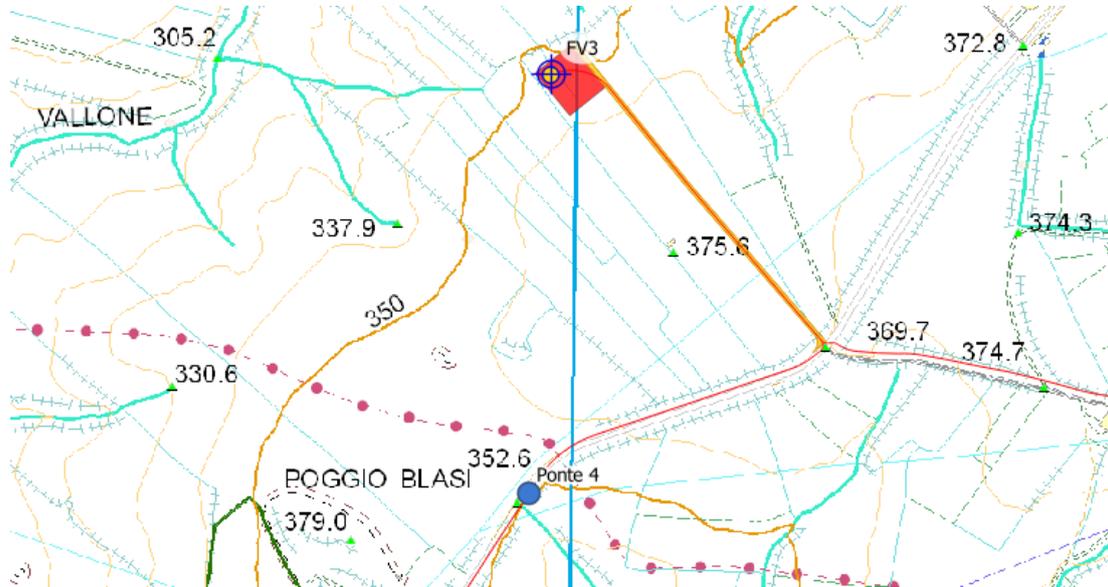
**Figura 7-10–Foto del “Ponte3” visto in prossimità dell’attraversamento**



**Figura 7-11–Foto del Vallone Racalmaro in corrispondenza del “Ponte 3”**

### 7.1.4 Ponte 4

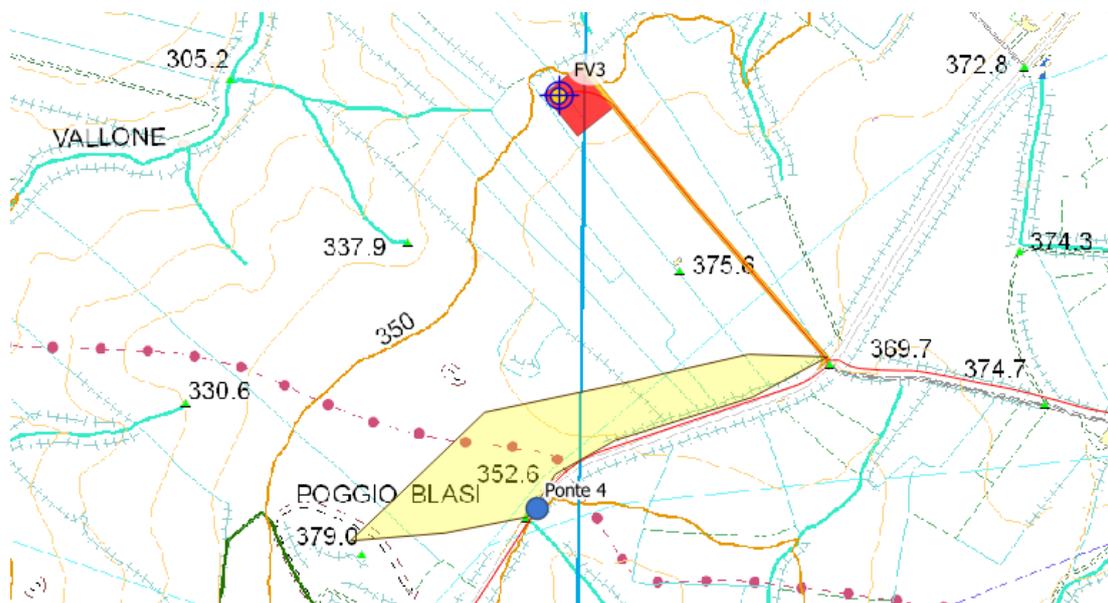
Di seguito è mostrato il punto di interferenza tra un fosso senza nome (Fosso 3) e il percorso del cavidotto. L'interferenza si colloca in corrispondenza dell'incrocio tra il fosso e la Strada Pubblica Interna denominata NC25, in corrispondenza del ponte stradale, identificato come Ponte 4 e illustrato nell'immagine successiva. In colore rosso è mostrato il percorso del cavidotto.



**Figura 7-12 – Inquadramento dell'interferenza "Ponte 4"**

#### 7.1.4.1 Inquadramento del bacino

A monte dell'attraversamento non è presente un corso d'acqua, per tale motivo è stata scelta come "sezione di chiusura" quella in prossimità del ponte. L'area utilizzata per il calcolo della portata di piena è la superficie del terreno a monte. Tale superficie è pari a circa 0,04 km<sup>2</sup>. La quota minima è in corrispondenza della sezione di chiusura ed è pari a circa 348,00 m slm mentre la quota massima è di 370 m slm. Non essendo presente un corso d'acqua a monte, si è considerata la lunghezza maggiore che l'acqua può percorrere. Tale lunghezza è di circa 0,4 km.



**Figura 7-13–Bacino del Ponte 4 alla sezione di chiusura**

#### 7.1.4.2 Stima della portata di piena

La portata di progetto, considerando un tempo di ritorno di 100 anni, è stata valutata utilizzando la "formula razionale" (E. Usai, Manuale di idrologia per la progettazione, Biblioteca Tecnica Hoepli, 2012):

$$Q = \frac{c \cdot A \cdot h}{T_c}$$

in cui

- Q = portata al colmo, m<sup>3</sup>/s
- c = coefficiente di deflusso di piena
- A = superficie del bacino, m<sup>2</sup>
- h = altezza di precipitazione con prefissato tempo di ritorno Tr e con durata pari al tempo di corrivazione, m
- T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione, secondi

Il tempo di corrivazione, cioè il tempo di percorrenza idraulica dal punto più lontano del bacino alla sezione interessata del corso d'acqua, è stato calcolato la formula di Kirpich, utilizzata per bacini inferiori a 20 km<sup>2</sup>.

$$T_c = 0.0195 * \left( \frac{L}{\left( \frac{H}{L} \right)^{0.5}} \right)^{0.77}$$

con:

- T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione, minuti
- L = lunghezza massima percorribile dalle particelle d'acqua, m;
- H = dislivello altimetrico tra il punto più del bacino e la sezione di chiusura, m

Nella seguente tabella sono riportati i dati caratteristici del bacino.

**Tabella 7.3 – Caratteristiche del bacino del Ponte 4**

Delta H [m]	22
Lunghezza [m]	400
I [-] (pendenza media del bacino)	0.055
Tc [minuti]	6

Il coefficiente di deflusso è stato identificato a partire dalla carta geolitologica presente sul Geoportale Nazionale.

Il valore considerato è pari a 0,5.

In base ai parametri citati in precedenza il valore della portata alla sezione di chiusura è di circa 1,88 m<sup>3</sup>/s.

### 7.1.4.3 Verifica idraulica dell'attraversamento

La sezione utilizzata per la verifica dell'attraversamento è stata ottenuta in seguito ad un rilievo di dettaglio dell'opera effettuato in data 24/09/2021 (Figura 7-14 e Figura 7-15).

L'attraversamento risulta avere altezza utile pari a 5,40 m (da fondo alveo a intradosso trave) e larghezza di circa 4,30 metri.

Per il calcolo dell'altezza di piena in moto uniforme è stata calcolata la formula di Chezy di seguito definita:

$$Q = \frac{1}{n} * R(h)^{\frac{2}{3}} * A(h) * \sqrt{i}$$

Con:

- Q= portata d'acqua nota per i diversi tempi di ritorno.
- h= altezza di moto uniforme, incognita dell'equazione, m
- R= raggio idraulico, parametro in funzione dell'altezza di moto uniforme, m
- A= area bagnata, parametro in funzione dell'altezza di moto uniforme, m<sup>2</sup>
- i= pendenza del corso d'acqua in prossimità dello 6 %;
- n= coefficiente di Manning pari a 0,08 ovvero alvei con presenza elevata di cespugli.

Il valore di altezza di piena per la portata centennale risulta essere pari a 0,35 m. Rispetto alle dimensioni dell'attraversamento risultano esserci un franco di circa 5 m.

Per quanto appena detto, la quota di piena centenaria non interferisce con il percorso del cavidotto di connessione

Il cavidotto verrà ancorato nella parte laterale dell'attraversamento; verrà inserito all'interno di un corrugato in modo tale da essere salvaguardare la sua integrità.



**Figura 7-14–Foto del “Ponte4” visto da valle**



**Figura 7-15–Foto del “Ponte 4”visto da monte**

## **7.2 Verifica delle eventuali interferenze delle piazzole**

Nel presente capitolo vengono identificate le possibili interferenze tra le piazzole degli aerogeneratori e i corsi d'acqua.

### **7.2.1 Aerogeneratore FV1**

Nella seguente immagine viene mostrata l'ubicazione dell'aerogeneratore FV1 rispetto ai corsi d'acqua. Sono mostrate, per una maggiore comprensione delle quote, le curve di livello ricavate da DTM 2 x 2 m della Regione Sicilia.



**Figura 7-16 – Inquadramento dell’aerogeneratore FV1 rispetto ai corsi d’acqua con curve di livello ogni 2 m.**



**Figura 7-17– Posizionamento dell’aerogeneratore FV1 rispetto al Vallone Racalmaro**

La piazzola è ubicata ad una quota 314 m slm mentre i corsi d'acqua si trovano a quote inferiori ovvero a circa 284 m slm. Vista la differenza di circa 30 m si ritiene che la quota di piena del corso d'acqua non interferisca con la piazzola dell'aerogeneratore, di conseguenza non verrà effettuata la verifica idraulica del fosso in prossimità dell'aerogeneratore FV1.

### 7.2.2 Aerogeneratore FV2

Nella seguente immagine viene mostrata l'ubicazione dell'aerogeneratore FV2 rispetto ai corsi d'acqua. Sono mostrate, per una maggiore comprensione delle quote, le curve di livello ricavate da DTM 2 x 2 m della Regione Sicilia.



**Figura 7-18 – Inquadramento dell'aerogeneratore FV2 rispetto ai corsi d'acqua con curve di livello ogni 2 m.**

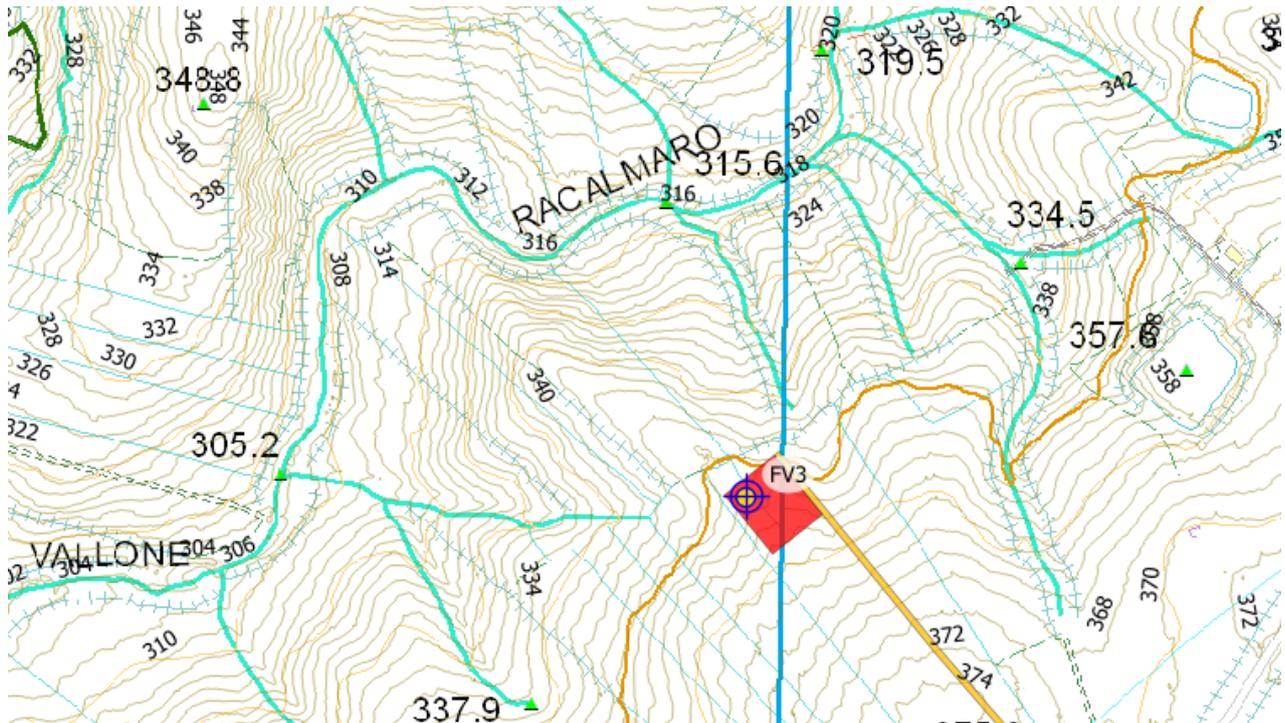


**Figura 7-19 – Posizionamento dell'aerogeneratore FV2 rispetto al Vallone Racalmaro**

La piazzola è ubicata ad una quota 312 m slm mentre i corsi d'acqua si trovano a quote inferiori ovvero a circa 290 m slm. Vista la differenza di circa 30 m, si ritiene che la quota di piena del corso d'acqua non interferisca con la piazzola dell'aerogeneratore, di conseguenza non risulta necessaria la verifica idraulica del fosso in prossimità di FV2.

### 7.2.3 Aerogeneratore FV3

Nella seguente immagine viene mostrata l'ubicazione dell'aerogeneratore FV3 rispetto ai corsi d'acqua. Sono mostrate, per una maggiore comprensione delle quote, le curve di livello ricavate dal DTM 2 x 2 m della Regione Sicilia.



**Figura 7-20–Inquadramento dell'aerogeneratore FV3 rispetto ai corsi d'acqua con curve di livello ogni 2 m.**



**Figura 7-21–Immagine del posizionamento di FV3 rispetto al Vallone Racalmaro.**

La piazzola è ubicata ad una quota di 352 m slm mentre i corsi d'acqua si trovano a quote inferiori ovvero a circa 242 m slm. Vista la differenza di circa 10 m si ritiene che la quota di piena del corso d'acqua non interferisca con la piazzola dell'aerogeneratore, di conseguenza risulta necessaria la verifica idraulica del fosso in prossimità dell'aerogeneratore FV3.

#### 7.2.4 Aerogeneratore FV4

Nella seguente immagine viene mostrata l'ubicazione dell'aerogeneratore FV4 rispetto ai corsi d'acqua. Sono mostrate, per una maggiore comprensione delle quote, le curve di livello ricavate dal DTM 2 x 2 m della Regione Sicilia.



**Figura 7-22–Inquadramento dell'aerogeneratore FV4 rispetto ai corsi d'acqua con curve di livello ogni 2 m.**



**Figura 7-23 – Posizionamento dell'aerogeneratore FV4 rispetto al fosso presente nell'area**

La piazzola è ubicata ad una quota 316 m slm mentre i corsi d'acqua si trovano a quote inferiori ovvero a circa 302 m slm. Vista la differenza di circa 14 m si ritiene che la quota di piena del corso d'acqua non interferisca con la piazzola dell'aerogeneratore, di conseguenza non risulta necessaria la verifica idraulica del fosso in prossimità dell'aerogeneratore FV4.

### 7.2.5 Aerogeneratore FV5

Nella seguente immagine viene mostrata l'ubicazione dell'aerogeneratore FV5 rispetto ai corsi d'acqua. Sono mostrate, per una maggiore comprensione delle quote, le curve di livello ricavate dal DTM 2 x 2 m della Regione Sicilia.



**Figura 7-24–Inquadramento dell'aerogeneratore FV5 rispetto ai corsi d'acqua con curve di livello ogni 2 m.**



**Figura 7-25 – Posizionamento dell'aerogeneratore FV5 rispetto al fosso presente nell'area**

La piazzola è ubicata ad una quota 314 m slm mentre i corsi d'acqua si trovano a quote inferiori ovvero a circa 308 m slm. Vista la differenza di circa 6 m si ritiene che la quota di piena del corso d'acqua non interferisca con la piazzola dell'aerogeneratore, di conseguenza non risulta necessaria la verifica idraulica del fosso in prossimità dell'aerogeneratore FV5.

### 7.2.6 Aerogeneratore FV6

Nella seguente immagine viene mostrata l'ubicazione dell'aerogeneratore FV6 rispetto ai corsi d'acqua. Sono mostrate, per una maggiore comprensione delle quote, le curve di livello ricavate dal DTM 2 x 2 m della Regione Sicilia.



**Figura 7-26– Inquadramento dell'aerogeneratore FV6 rispetto ai corsi d'acqua con curve di livello ogni 2 m.**

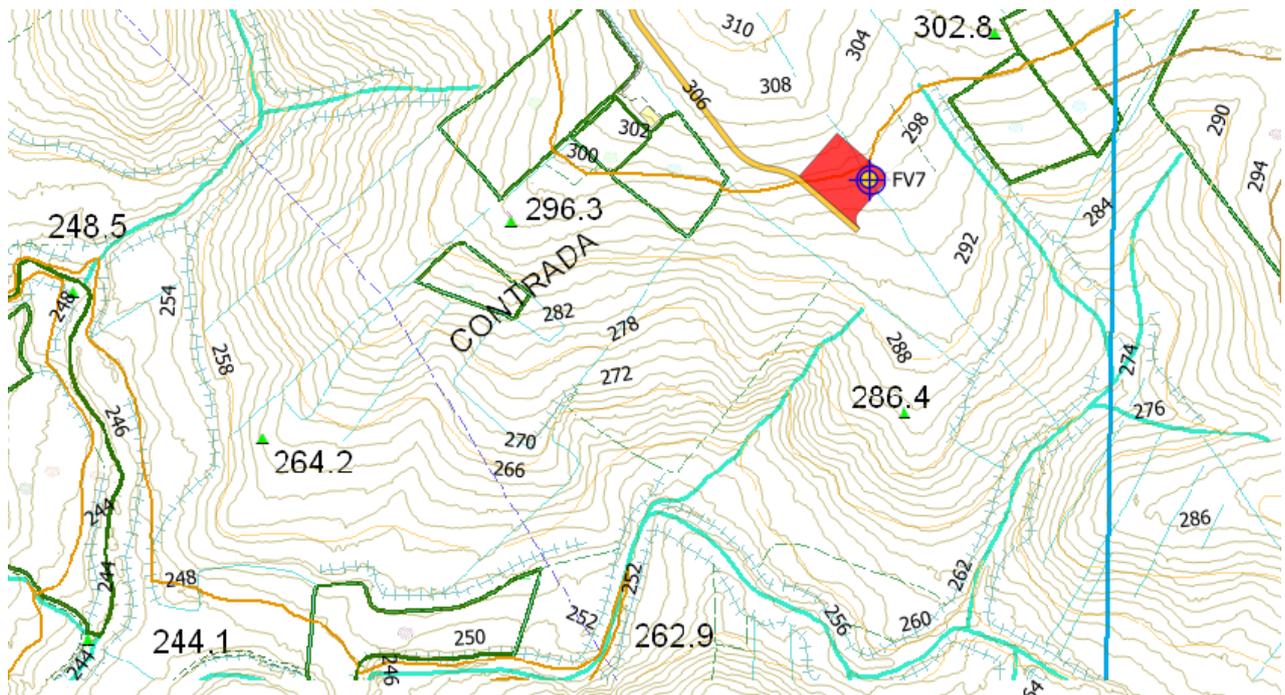


**Figura 7-27– Posizionamento dell'aerogeneratore FV6 rispetto al fosso presente nell'area**

La piazzola è ubicata ad una quota 314 m slm mentre i corsi d'acqua si trovano a quote inferiori ovvero a circa 296 m slm. Vista la differenza di circa 18 m si ritiene che la quota di piena del corso d'acqua non interferisca con la piazzola dell'aerogeneratore, di conseguenza non verrà effettuata la verifica idraulica del fosso in prossimità dell'aerogeneratore FV6.

### 7.2.7 Aerogeneratore FV7

Nella seguente immagine viene mostrata l'ubicazione dell'aerogeneratore FV7 rispetto ai corsi d'acqua. Sono mostrate, per una maggiore comprensione delle quote, le curve di livello ricavate dal DTM 2 x 2 m della Regione Sicilia.



**Figura 7-28 – Inquadramento dell'aerogeneratore FV7 rispetto ai corsi d'acqua con curve di livello ogni 2 m.**

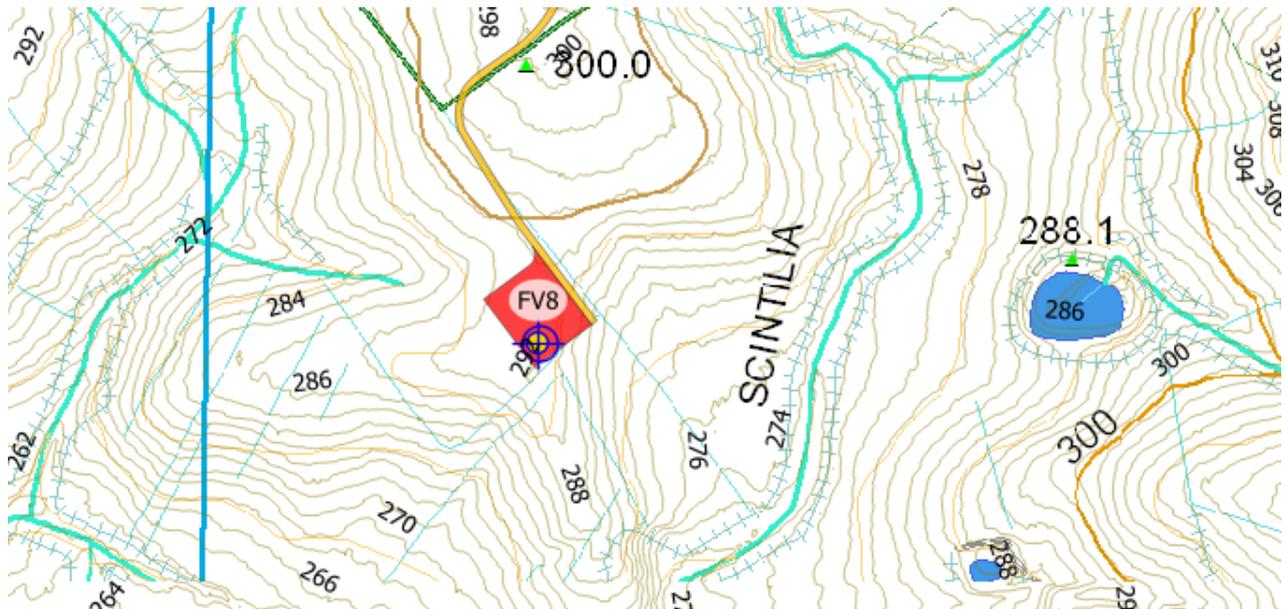


**Figura 7-29 – Posizionamento dell'aerogeneratore FV7 rispetto al fosso presente nell'area**

La piazzola è ubicata ad una quota 298 m slm come il corso d'acqua. Dalla foto, effettuata mediante drone, si nota che l'inizio del corso d'acqua è ubicato a valle dell'aerogeneratore FV7. Per tale motivo e, vista l'orografia del terreno e le dimensioni del canale, si può dedurre che le eventuali acque esondate dal fosso non andranno ad interferire con le piazzole dell'aerogeneratore ma scorreranno lungo il versante della collina.

### 7.2.8 Aerogeneratore FV8

Nella seguente immagine viene mostrata l'ubicazione dell'aerogeneratore FV8 rispetto ai corsi d'acqua. Sono mostrate, per una maggiore comprensione delle quote, le curve di livello ricavate dal DTM 2 x 2 m della Regione Sicilia.



**Figura 7-30 – Inquadramento dell'aerogeneratore FV8 rispetto ai corsi d'acqua con curve di livello ogni 2 m.**



**Figura 7-31–Posizionamento dell'aerogeneratore FV8 rispetto al fosso presente nell'area**

La piazzola è ubicata ad una quota 292 m slm mentre i corsi d'acqua si trovano a quote inferiori ovvero a circa 284 m slm. Vista la differenza di circa 8 m si ritiene che la quota di piena del corso d'acqua non interferisca con la piazzola dell'aerogeneratore, di conseguenza non risulta necessaria la verifica idraulica del fosso in prossimità dell'aerogeneratore FV8.

### 7.3 Interferenze delle strade di accesso agli aerogeneratori

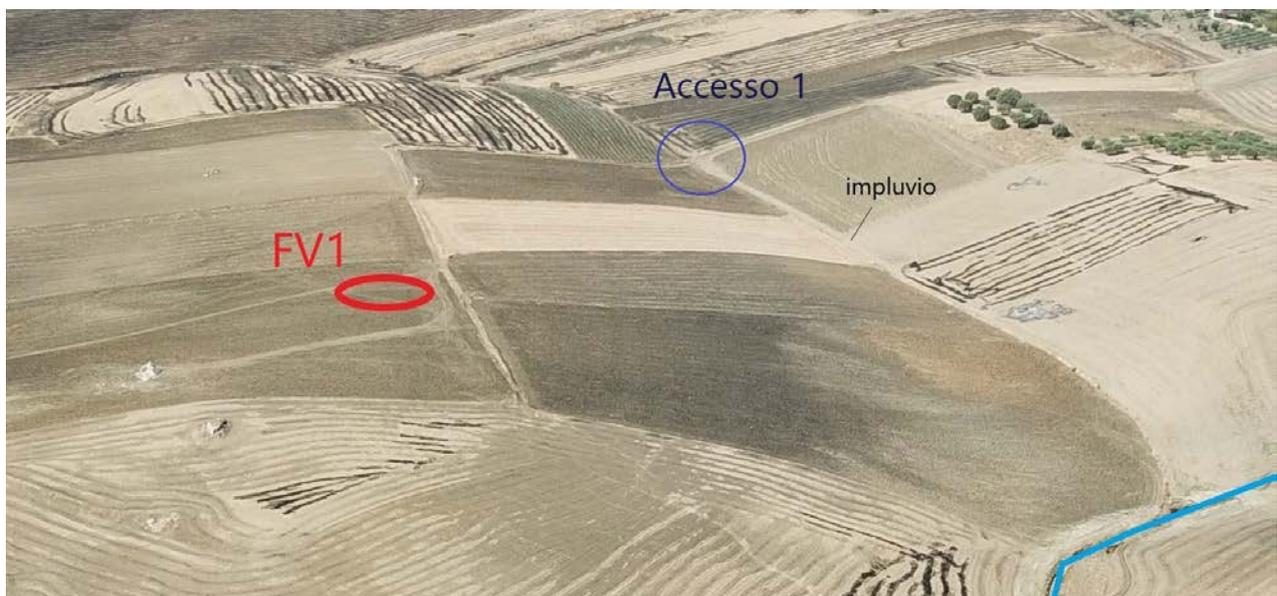
#### 7.3.1 Accesso FV1

La strada d'accesso all'aerogeneratore FV1 di nuova realizzazione risulta lambire un impluvio nel punto identificato come "Accesso FV1", illustrato nella seguente figura.



**Figura 7-32– Inquadramento della dell'interferenza "Accesso FV1"**

Si evidenzia che il corso d'acqua, coincidente con un ramo secondario di scarsa entità del Vallone Racalmaro, sviluppa il proprio percorso a valle della strada da realizzare; per quanto appena detto si deduce che l'infrastruttura non interferirà con il regolare deflusso dell'impluvio e la rispettiva quota di piena.

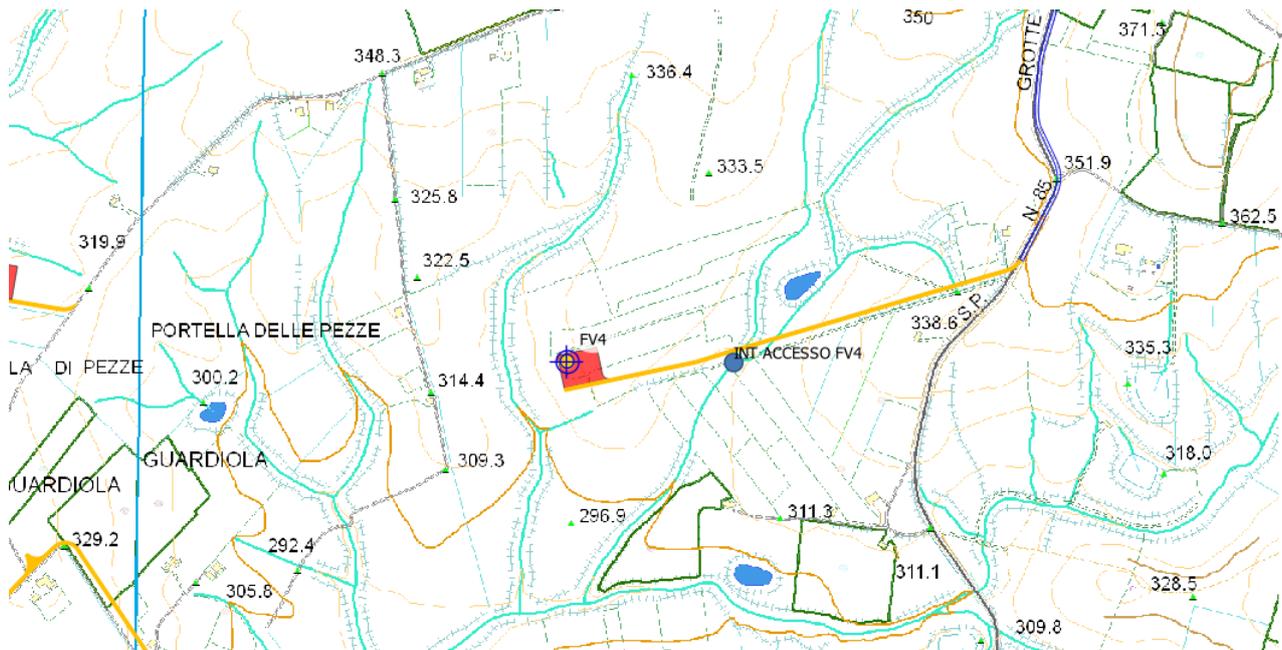


**Figura 7-33 – Interferenza "Accesso FV1" stato di fatto**

### 7.3.2 Accesso FV4

La strada di accesso all'aerogeneratore FV4, e il cavidotto interrato sotto la medesima strada, intersecano un impluvio nel punto contrassegnato come "Accesso FV04".

Nella seguente figura si illustra in colore giallo la strada di accesso e l'interferenza "Accesso FV4" con segnapposto di colore blu.



**Figura 7-34–Inquadramento dell'interferenza "Accesso FV4"**

In seguito al sopralluogo effettuato in data 24/09/2021, si è rilevato lo stato di fatto del corso d'acqua (senza nome e identificato successivamente come Fosso 4) illustrato nelle seguenti figure.



**Figura 7-35 – Interferenza "Accesso FV4", stato di fatto**



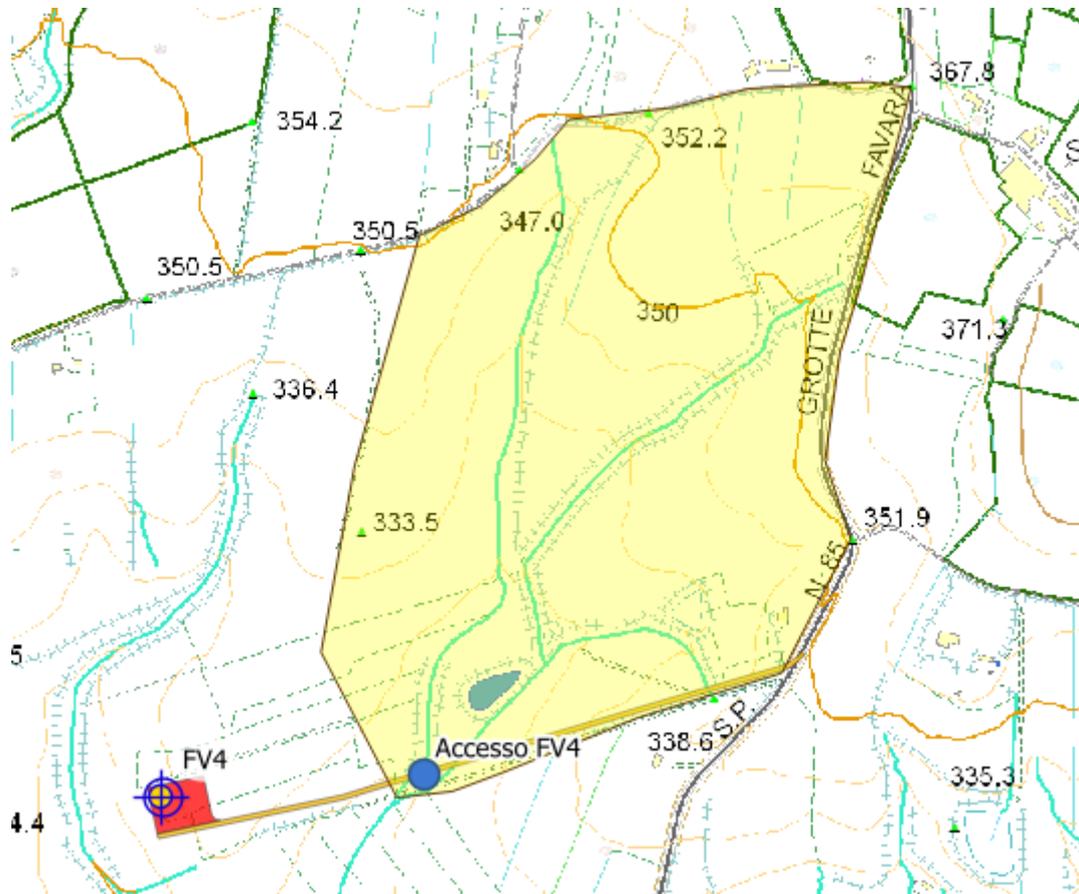
**Figura 7-36–Foto del Fosso 4, stato di fatto**

In corrispondenza dell'interferenza la strada di accesso sarà in rilevato, ad un'altezza dal suolo pari a circa 3 m. Ritenendo necessario garantire la continuità dell'impluvio "fosso 4" e il regolare deflusso dell'acqua si prevede l'installazione di un tubo in calcestruzzo, opportunamente dimensionato.

In particolare la metodologia usata nella definizione della portata di progetto del tubo di calcestruzzo è la medesima identificata nel paragrafo 5.1.1.2, basata quindi sulla condizione di piena centennale.

### 7.3.2.1 Inquadramento del bacino

Il bacino del Fosso 4 alla sezione di chiusura di interesse copre una superficie di circa 0,32 km<sup>2</sup> con una quota minima in corrispondenza della sezione di chiusura di circa 310.0 m s.l.m. e una quota massima di 368 m s.l.m. La lunghezza dell'asta principale è di circa 0,8 km.



**Figura 7-37–Bacino del Fosso 4 alla sezione di chiusura**

### 7.3.2.2 Stima della portata di piena

La portata di progetto, considerando un tempo di ritorno di 100 anni, è stata valutata utilizzando la "formula razionale" (E. Usai, Manuale di idrologia per la progettazione, Biblioteca Tecnica Hoepli, 2012):

$$Q = \frac{c \cdot A \cdot h}{T_c}$$

in cui

- Q = portata al colmo, m<sup>3</sup>/s
- c = coefficiente di deflusso di piena
- A = superficie del bacino, m<sup>2</sup>
- h = altezza di precipitazione con prefissato tempo di ritorno Tr e con durata pari al tempo di corrivazione, m
- T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione, secondi

Il tempo di corrivazione, cioè il tempo di percorrenza idraulica dal punto più lontano del bacino alla sezione interessata del corso d'acqua, è stato calcolato la formula di Kirpich, utilizzata per bacini inferiori a 20 km<sup>2</sup>.

$$T_c = 0.0195 * \left( \frac{L}{\left( \frac{H}{L} \right)^{0.5}} \right)^{0.77}$$

con:

- T<sub>c</sub>= tempo di corrivazione, minuti
- L = lunghezza massima percorribile dalle particelle d'acqua, m;
- H = dislivello altimetrico tra il punto più del bacino e la sezione di chiusura, m

Nella seguente tabella sono riportati i dati caratteristici del bacino.

**Tabella 7.4–Caratteristiche del bacino “Fosso 4”**

Delta H [m]	58
Lunghezza [m]	800
I [-] (pendenza media del bacino)	0.07
Tc [minuti]	10

Il coefficiente di deflusso è stato identificato a partire dalla carta geolitologica presente sul Geoportale Nazionale.

Il valore considerato è pari a 0,5.

In base ai parametri citati in precedenza il valore della portata alla sezione di chiusura è di circa 12,86 m<sup>3</sup>/s.

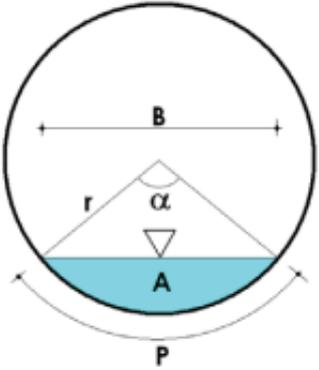
### 7.3.2.3 Dimensionamento del tubo in calcestruzzo

Il tubo in calcestruzzo è dimensionato per garantire che, con la portata di progetto con tempo di ritorno 100 anni, si abbia un grado riempimento del 70%.

La quota di appoggio dei tubi sarà pari alla quota del fondo del Fosso 4.

Di seguito viene mostrata dunque la metodologia per il dimensionamento preliminare dei tubi utilizzati in attraversamenti della tipologia in esame.

Una volta definito il grado di riempimento massimo (70%), si calcola l'area bagnata e il perimetro bagnato attraverso le seguenti formule:

Tipo di sezione <b>CIRCOLARE</b>	Area bagnata <b>A</b>	Perimetro bagnato <b>P</b>	Larghezza pelo libero <b>B</b>
$\alpha = 2 \arccos(1 - 2 \cdot h/D)$ 	$\frac{D^2}{8}(\alpha - \sin\alpha)$	$\frac{D}{2} \cdot \alpha$	$D \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$

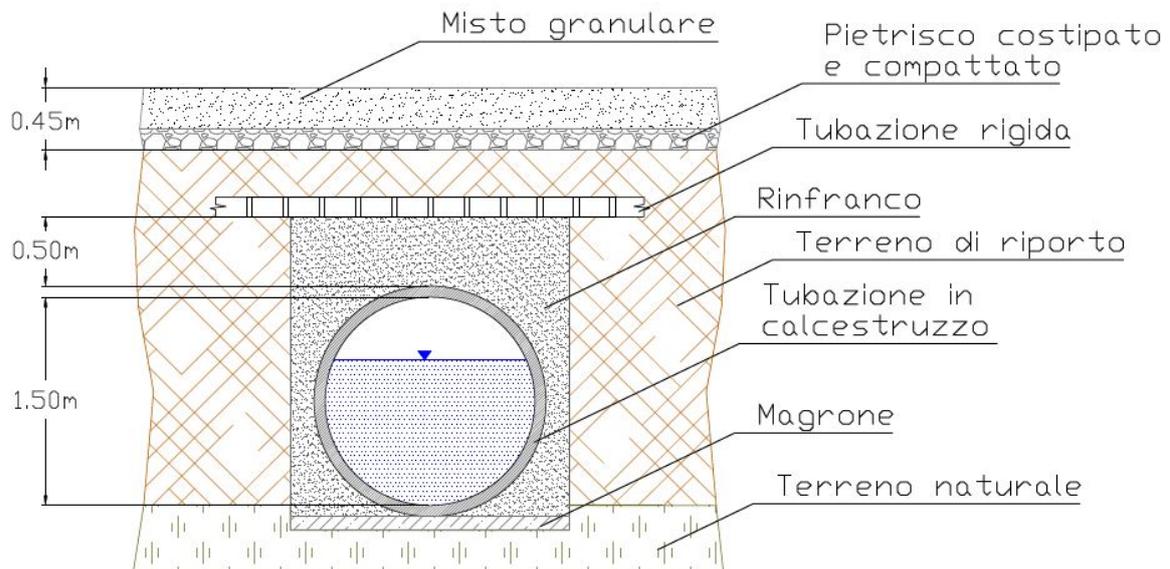
Attraverso la formula di Chezy, definita nel paragrafo 5.1.2.3, si ricava la portata transitante ( $Q_{defluita}$ ) con il grado di riempimento impostato. Tale valore verrà confrontato con quello di progetto, ricavato nel paragrafo precedente.

**Tabella 7.5–Parametri utili alla verifica della portata transitante il tubo in cls**

Parametro	Valore
Grado riempimento [%]	70%
Dint [m]	1.5
Qprogetto [m <sup>3</sup> /S]	12.86
Qdefluita [m <sup>3</sup> /s]	15.64
i pendenza [-]	0.0375
Ks [m <sup>1/3</sup> /s]	105

Il Diametro interno di 1,50 m garantisce il deflusso della portata di progetto.

Nella seguente figura è mostrata la sezione tipo dell'attraversamento. Il tubo poggierà su magrone e sarà protetto da un rinfranco di spessore pari a circa 50 cm. Il tutto sarà ricoperto con terreno di riporto fino al raggiungimento della quota del piano stradale, il quale sarà composto da circa 15 cm di pietrisco costipato e compattato e da 30 cm di misto granulare stabilizzato. Il cavidotto interrato in MT sarà posato dentro un tubazione rigida, posizionata ad una quota compresa tra il rinfranco e il piano stradale.



**Figura 7-38 – Sezione tipo attraversamento del Fosso 4**

## 8 Conclusione

La presente relazione idrologica e idraulica ha permesso di ricavare la curva di possibilità pluviometrica relative alla zona del parco eolico per diversi tempi di ritorno.

L'area in progetto non ricade in zona di pericolosità PAI dell'Autorità di Bacino della Regione Sicilia; nonostante ciò, sono state verificate le possibili interferenze tra i corsi d'acqua del reticolo idrografico con le opere di progetto (aerogeneratori e cavidotto di connessione) utilizzando un'aportata con tempo di ritorno di 100 anni.

Le quote di piena in prossimità degli attraversamenti garantiscono un franco di almeno 2 metri rispetto agli intradossi dei ponti. I cavidotti, all'interno di canaline, verranno ancorati esternamente agli impalcati dei ponti.

Le piazzole degli aerogeneratori non interferiscono con le quote di piena dei corsi d'acqua.

In conclusione, le opere di progetto non interferiscono con il reticolo idrografico presente nel territorio.