

Relazione idrologica e idraulica

Progetto definitivo

Impianto agrivoltaico "F-CHORI"

Comune di Lentini (SR)

Località "Pezza Grande"

N. REV.	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	
a	Prima emissione	Capital Engineering	Chorisia Solis	Coolbine	T/FTV/F-CHORI/PDF/A/RS/014-a 26/01/2023 Giarre (CT) Via San Giuseppe, 3T chorisia.solis@pec.it

Ing. Vincenzo Massaro

DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CATANIA
VINCENZO MASSARO
62169
Sez. A

Ing. Salvatore Lentini

DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CATANIA
SALVATORE LENTINI
N. 6848
Sez. A



Capital Engineering S.n.c.
Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo
info@capitalengineering.it

Coolbine S.r.l.
Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo
progettazione@coolbine.it



Sommarrio

1. Premessa.....	4
2. Caratteristiche del progetto.....	4
3. Inquadramento cartografico dell'area di impianto.....	8
4. Inquadramento sui bacini idrografici dell'area di impianto.....	10
5. Studio Idrologico.....	14
5.1 Analisi statistica delle altezze di pioggia e costruzione della CPP.....	15
5.2 Trasformazione pioggia lorda – pioggia netta e metodo afflussi – deflussi e trasferimento del deflusso superficiale.....	18
5.3 Metodo razionale.....	21
6. Conclusioni.....	25

1. Premessa

Il presente documento ha lo scopo di dimostrare come gli interventi necessari all'installazione dell'impianto agrivoltaico "F-Chori" non interferiscono con l'attuale regime idrico dei corsi d'acqua indirettamente interessati dalle opere di impianto, e dunque non rientrano nei lavori ed atti vietati individuati ai sensi dell'art. 96 del R.D. 523/1904.

In particolare, in ossequio a quanto previsto dal D.S.G. n. 189 del 09/09/2020, a valle di una breve descrizione tecnica circa l'intervento da eseguire, verrà descritto lo studio idrologico sviluppato al fine di determinare l'ampiezza dell'alveo e della rispettiva fascia di pertinenza fluviale, considerando eventi di piena caratterizzati da un tempo di ritorno "Tr" pari a 100 anni.

In aggiunta al Tr di 100 anni, lo studio idrologico è stato condotto anche per un Tr pari a 5 anni. Infatti, l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia ha pubblicato il DSG n. 119 del 09/05/2022 col quale stabilisce che ai fini della determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. 523/1904) debba farsi riferimento al concetto di "demanio idrico" che, laddove non espressamente rappresentato nelle planimetrie catastali ovvero laddove quanto eventualmente rappresentato nelle mappe catastali non corrisponda alla reale ubicazione dell'alveo, coincide con l'alveo di piena ordinaria e cioè con la parte di terreno che risulti occupato dall'acqua in caso di eventi di piena corrispondenti ad un tempo di ritorno Tr pari a 5 anni. Successivamente, ai sensi del D.S.G. n. 187/2022, sarà fornita un'esauritiva descrizione circa la posizione delle opere in progetto da realizzare rispetto all'alveo indirettamente interessato dall'attraversamento delle stesse opere e alle sue fasce di pertinenza di cui all'art. 96, comma f, del R. D. 523/1904, determinate come sopra scritto secondo quanto disposto dal D.S.G. n. 189 del 09/09/2020 e dal DSG n.119 del 09/05/2022.

2. Caratteristiche del progetto

L'iniziativa prevede l'installazione dell'impianto agrivoltaico, nel seguito denominato "F-Chori", composto da:

- **impianto fotovoltaico**, costituito da:
 - moduli fotovoltaici,
 - strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici ad inseguimento monoassiale (tracker),
 - opere civili, accessorie ed elettriche,
 - stazione meteorologica,
 - cavi BT in corrente continua, Combiner box, cavi BT in corrente alternata,
 - PV Station contenenti ciascuna un inverter centralizzato, un trasformatore MT/BT, un quadro MT di protezione, un quadro BT di protezione, un trasformatore BT/BT per i servizi ausiliari,
 - Cabina di Parallelo contenente il quadro MT di protezione, in cui si attesteranno le estremità terminali dei cavi MT in arrivo dalle singole PV Station e da cui partirà il cavidotto a 30kV per il

collegamento alla Cabina di Trasformazione 30/36kV, il trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari e il quadro BT dei servizi ausiliari,

- Cabina di trasformazione 30/36kV contenente il trasformatore 30/36kV,
 - Cabina utente contenente il quadro 36kV di protezione dell'impianto contenente i dispositivi di protezione CEI 0-16 e le apparecchiature di misura (AdM),
 - sistemi di cavidotti BT in corrente continua, interrati e in parte fuori terra, per il convogliamento dell'energia prodotta dai moduli fotovoltaici alle Combiner box e da queste agli inverter centralizzati contenuti nelle PV Station,
 - sistemi di cavidotti BT in corrente alternata, interrati e in parte fuori terra, per il convogliamento dell'energia elettrica in corrente alternata in uscita dagli inverter centralizzati ai rispettivi trasformatori MT/BT posti nelle stesse PV Station,
 - sistema di cavidotti interrati in media tensione (MT 30 kV) il collegamento di ciascuna delle PV Station alla Cabina di Parallelo e per il collegamento di quest'ultima alla Cabina di Trasformazione 30/36kV,
 - sistema di cavi interrati a 36kV per il collegamento tra Cabina di Trasformazione 30/36kV e la Cabina Utente,
 - Impianto di Utenza a cura del proponente composto da:
 - sistema di cavi interrati a 36kV di collegamento tra la Cabina Utente e la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica (SE) della RTN 380/150/36 kV, avente lunghezza di circa 11,3 km;
 - Impianto di Rete (a cura di Terna S.p.A.) come da soluzione tecnica proposta dal Gestore di Rete adeguata al nuovo standard di connessione alla RTN a 36kV e accettata formalmente in data 27/09/2022, che prevede la realizzazione di una nuova stazione (o stallo) arrivo produttore a 36kV della nuova Stazione Elettrica RTN 380/150/36 kV, da inserire in entra – esce sulla linea RTN a 380 kV “Chiaramonte Gulfi – Paternò”;
- **attività agricola**, caratterizzata da:
- alberi di ulivo, ossia essenze arboree comunemente seminate in Sicilia, da coltivare lungo una fascia arborea perimetrale, anche detta area verde perimetrale, avente larghezza maggiore o uguale a 10 m. La fascia arborea perimetrale è stata prevista come azione mitigativa dell'impatto visivo dovuto all'installazione dei moduli fotovoltaici e delle loro opere accessorie ed elettriche, e per aumentare la superficie disponibile per l'attività agricola in sito,
 - attività vivaistica da destinare tra i filari delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici. In particolare le specie scelte per l'attività vivaistica sono:

- *Chamaerops humilis*
 - *Chamaerops humilis 'Cerifera'*
 - *Dasyllirion serratifolium*
 - *Yucca gloriosa*,
- Wildflowers da fare crescere sulla superficie al di sotto dei moduli fotovoltaici al fine di sviluppare l'attività di apicoltura in sito,
 - magazzini a supporto dell'attività agricola,
 - arnie a supporto dello sviluppo dell'attività di apicoltura.

I moduli fotovoltaici e le loro strutture di sostegno, le opere accessorie e di connessione e l'attività agricola dell'impianto "F-Chori" saranno installati all'interno di una porzione del lotto di terreno nella disponibilità del proponente, ubicato in località Pezza Grande del comune di Lentini (SR). Tale porzione di lotto di terreno definisce l'area di installazione dell'impianto agrivoltaico "F-Chori", di seguito denominata "area di impianto F-Chori".

Più nel dettaglio, l'area di impianto F-Chori sita in contrada Pezza Grande si sviluppa su una superficie complessivamente estesa circa 20 Ha, all'interno della quale, saranno complessivamente installate 804 strutture di sostegno ad inseguimento monoassiale (tracker), aventi configurazione 2x14 moduli bifacciali con potenza pari a 670 Wp e tecnologia monocristallina, sviluppando così un impianto con di potenza di picco pari a 15,1 MWp. Lungo tutto il perimetro dell'area di impianto F-Chori è prevista l'installazione di una fascia arborea di mitigazione, anche detta area verde perimetrale, avente larghezza maggiore o uguale a 10 m in cui coltivare alberi di ulivo, ossia essenze arboree autoctone e storicizzate, con conseguente riduzione di circa 2,3 Ha dell'area potenzialmente utilizzabile per l'installazione del sistema fotovoltaico.

L'area verde perimetrale è stata prevista, oltre che per privilegiare le attività agricole in sito, per svolgere azione di mitigazione degli impatti che l'impianto F-Chori apporta inevitabilmente al territorio circostante.

I tracker che sostengono i moduli fotovoltaici dell'impianto F-Chori sono stati posizionati a distanza tale da permettere la coltivazione di colture agricole tra i filari delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici. Tale distanza è pari a circa 5 m circa nell'ipotesi più conservativa, ossia quando i moduli fotovoltaici sono disposti parallelamente rispetto al suolo.

Si ricorda che i tracker fotovoltaici occupano una porzione di terreno esigua in quanto sostengono i moduli fotovoltaici a circa 2,8 m di altezza dal piano campagna tramite pali in acciaio zincato di ridotte dimensioni con sviluppo planimetrico puntuale direttamente infissi nel terreno. Quanto appena scritto è di fondamentale importanza poiché al di sotto dei moduli fotovoltaici potrà avvenire la crescita di vegetazione spontanea.

In particolare si prevede la crescita di "wildflowers" (fiori di piante spontanee) ossia specie erbacee spontanee caratterizzate da fioriture evidenti con valenza estetica. Oltre alla bellezza estetica, i wildflowers hanno varie

caratteristiche peculiari che permettono loro di adattarsi a suoli poco fertili e di stabilirsi velocemente creando una copertura completa del suolo interessato alla loro coltivazione.

In ottemperanza alle procedure poste in essere, è stata sottoposta al gestore di rete Terna S.p.A. formale istanza di allacciamento alla RTN al fine di valutarne la fattibilità tecnica.

In data 20/09/2022, con Codici Pratica 202201008, è stata ottenuta da Terna S.p.A. la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) di cui si riporta di seguito un estratto (si veda l'elaborato di progetto "Preventivo di connessione e accettazione STMG"):

La Soluzione Tecnica Minima Generale per Voi elaborata prevede che la Vs. centrale venga collegata in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica (SE) RTN 380/150/36 kV da inserire in entra – esce sulla linea RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi - Paternò".

A seguito della STMG ricevuta e accettata formalmente dalla società proponente Chorisia Solis S.r.l. in data 27/09/2022, il presente progetto definitivo prevede che l'energia prodotta dai moduli fotovoltaici afferisca ad un sistema di quattro blocchi "PV Station", ciascuno costituito da un trasformatore MT/BT, un inverter centralizzato, un quadro MT di protezione, un trasformatore BT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari, e un quadro BT di protezione.

Tramite le PV Station, l'energia in corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici viene convertita in corrente alternata e trasformata al livello di tensione di 30kV. Ogni PV Station sarà collegata tramite un proprio sistema di cavi MT interrati a 30kV alla Cabina di Parallelo, per convogliare a questa l'energia prodotta dai moduli fotovoltaici.

Dalla Cabina di Parallelo, tramite un breve tratto di sistema di cavi interrati MT 30 kV, l'energia dell'intero campo fotovoltaico sarà convogliata alla Cabina di Trasformazione 30/36kV, nella quale avverrà l'innalzamento della tensione da 30 kV a 36 kV. Dalla Cabina di Trasformazione 30/36 kV, l'energia prodotta a 36kV verrà consegnata alla Cabina Utente.

Infine, dalla Cabina Utente tramite un sistema di cavi interrati a 36 kV l'energia prodotta dalla componente fotovoltaica dell'impianto F-Chori verrà convogliata alla sezione 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE) 380/150/36kV della RTN (per maggiori dettagli sui vari collegamenti si veda l'elaborato grafico di progetto "Schema Elettrico Unifilare").

Le aree in cui verranno realizzate la Cabina di Parallelo, la Cabina di Trasformazione 30/36kV e la Cabina Utente risultano dagli elaborati progettuali (si veda l'elaborato grafico di progetto "Planimetria generale impianto").

Le opere in progetto dell'impianto, sia esse civili che elettriche, a monte dello stallo arrivo produttore a 36 kV della nuova SE RTN 380/150/36 kV (punti precedenti da 1. a 14.) saranno realizzate a cura del proponente.

TITOLARIETA' PROGETTO	
IMPIANTO	F-Chori
COMUNI	Lentini (SR), Ramacca (CT), Belpasso (CT)
PROPONENTE	Chorisia Solis S.r.L.
IMPIANTO DI PRODUZIONE	Chorisia Solis S.r.L.
OPERE DI RETE	Terna S.p.A.
AUTORIZZAZIONE ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE	Chorisia Solis S.r.L.
AUTORIZZAZIONE ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DELLE OPERE DI RETE	Chorisia Solis S.r.L.
COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DELLE OPERE DI RETE	Terna S.p.A.

Tabella 2.1 – Titolarità del progetto

Per un maggiore approfondimento circa la descrizione delle opere di connessione alla RTN, si vedano gli elaborati “Relazione Tecnica Descrittiva e producibilità impianto”, “Relazione Tecnica Elettrica”, “Planimetria Generale Impianto”, “Schema Elettrico Unifilare” e “Cavidotti – Sezione di scavo tipo”.

3. Inquadramento cartografico dell'area di impianto

Il progetto dell'impianto agrivoltaico “F-Chori”, con riferimento alle carte geografiche dell'Istituto Geografico Militare (IGM) in scala 1:25.000, si sviluppa nelle tavolette 269 II-SE Sigona Grande e 269-II-NE Gerbini (si vedano la seguente Figura 3.1 e l'elaborato di progetto “Tav.01 Inquadramento su cartografia IGM”).

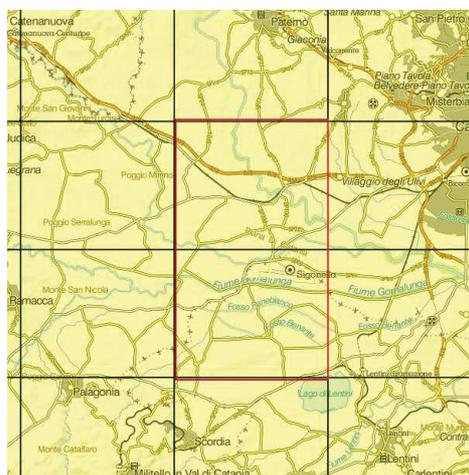


Figura 3.1 –Inquadramento su stralcio IGM

L'impianto agrivoltaico “F-Chori” si sviluppa nelle province di Siracusa e Catania, nei comuni di Lentini, Ramacca e Belpasso.

Più nel dettaglio:

- l’area di impianto F-Chori è localizzata nel comune di Lentini (SR), in località Pezza Grande, a circa 10,5 km a nord-ovest del centro abitato di Lentini. Tale area è caratterizzata da un’orografia pianeggiante;
- l’impianto di utenza attraversa i comuni di Lentini (SR), Ramacca (CT) e Belpasso (CT);
- l’impianto di rete è localizzato nel comune di Belpasso (CT).

I dati di riferimento catastali e le coordinate dell’area di impianto “F-Chori” sono mostrati nella seguente Tabella 3.1 (si vedano le seguenti Figure 3.2 e 3.3, e gli elaborati “Inquadramento su Stralcio Catastale” e “Inquadramento su ortofoto”):

OGGETTO	Coordinate Geografiche	Comune	Foglio catastale	Particelle	Superficie [Ha]
Area di impianto F-Chori	37°22'52.96"N 14°54'27.09"E	Lentini	10	20, 21, 22, 23, 76, 77, 78	≈ 20,0

Tabella 3.1 - Informazioni geografiche e catastali

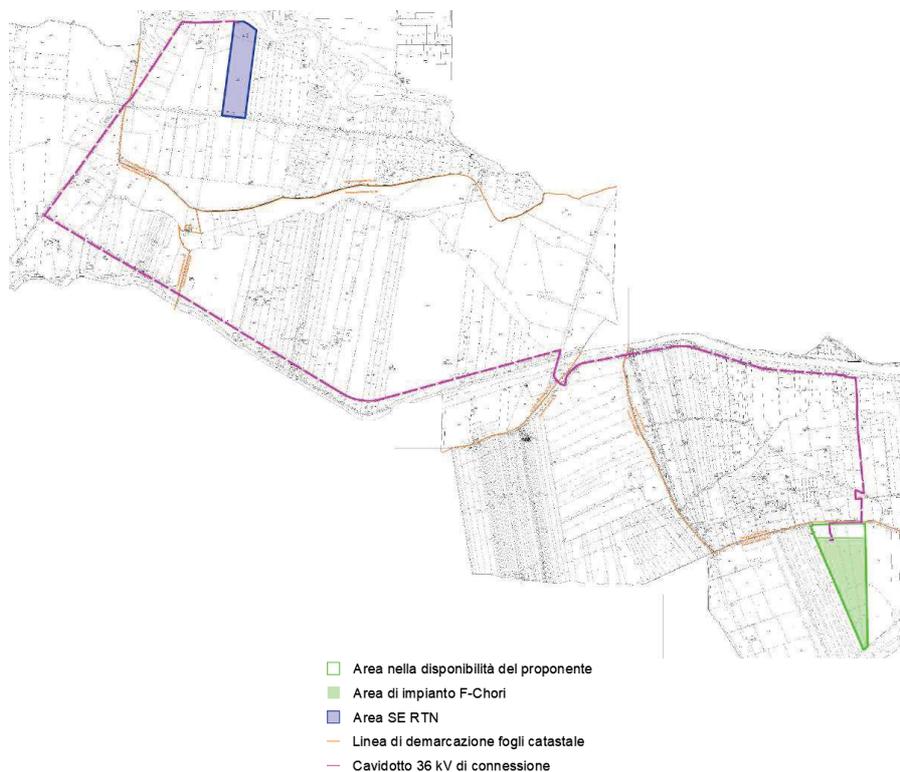


Figura 3.2 - Inquadramento su stralcio catastale

I dati catastali inerenti all’intero progetto dell’impianto agrivoltaico sono descritti negli elaborati “Piano Particellare Descrittivo” e “Piano particellare di esproprio geometrico”.



Figura 3.3 – Localizzazione geografica dell'impianto agrivoltaico

4. Inquadramento sui bacini idrografici dell'area di impianto

L'impianto agrivoltaico F-Chori è individuato geograficamente sulla Carta Tecnica Regionale ai fogli n° 640030 e 633150 e ricade a cavallo dei seguenti bacini idrografici:

- Bacino idrografico del Fiume Simeto (094);
- Area Territoriale tra il Bacino idrografico del Fiume Simeto ed il Bacino idrografico del Fiume S. Leonardo (093);

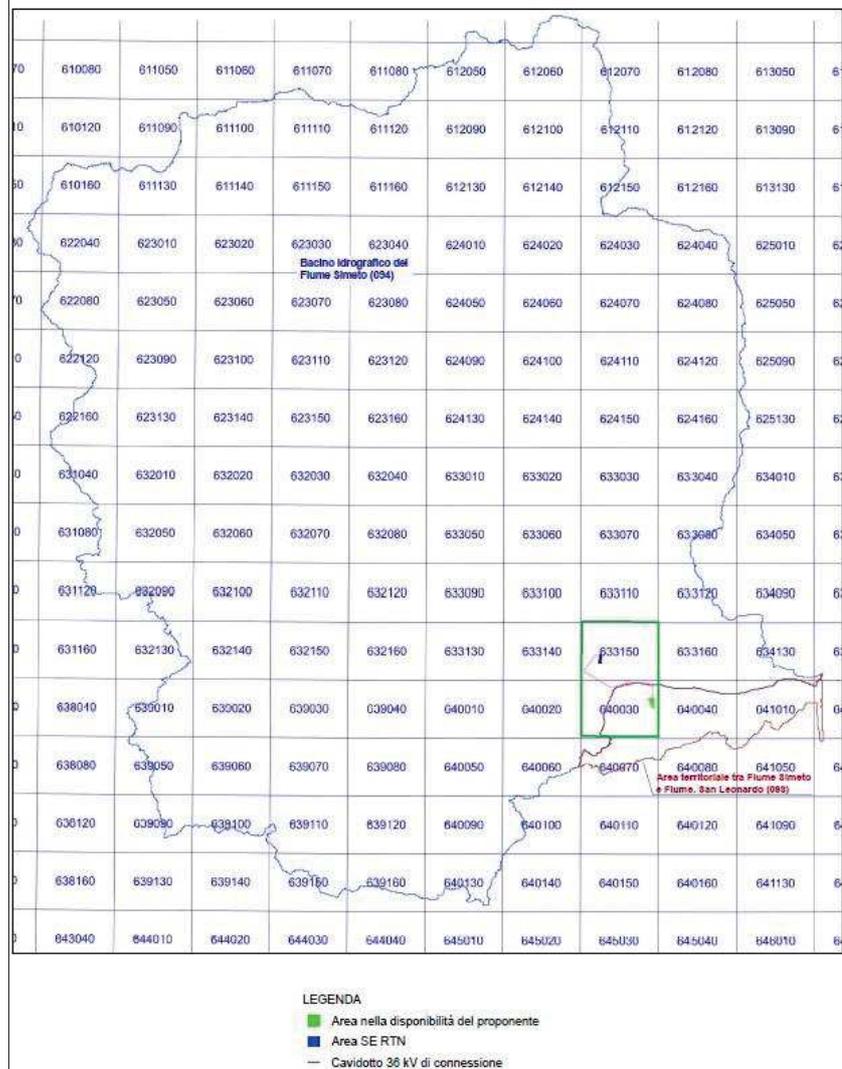
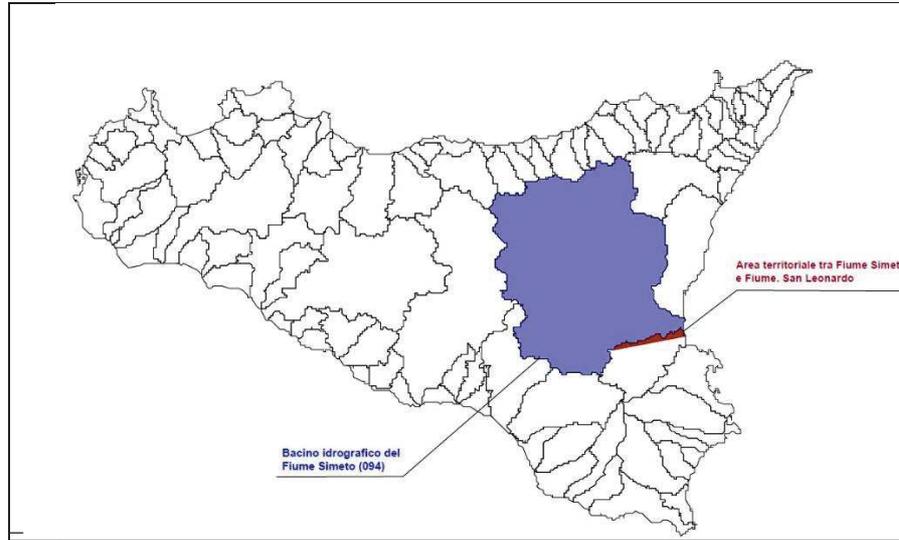


Figura 4.1 – Inquadramento dell'impianto agrivoltaico F-Chori sui bacini idrografici

Al fine di verificare se l'impianto agrivoltaico F-Chori e le sue opere accessorie e di connessione non interferiscono direttamente con il reticolo dei suddetti bacini idrografici non alterandone il regime idrico attuale, sono state sovrapposte le opere in progetto agli elementi idrici costituenti i reticoli idrografici dei bacini interessati, individuati consultando la CTR 2012–2013 disponibile sul geoportale della Regione Siciliana.

Di seguito si riportano uno stralcio su ortofoto e su CTR della suddetta sovrapposizione, estratti dagli elaborati di progetto "Inquadramento su ortofoto delle opere di impianto su bacini idrografici" e "inquadramento su CTR delle opere di impianto su bacini idrografici".

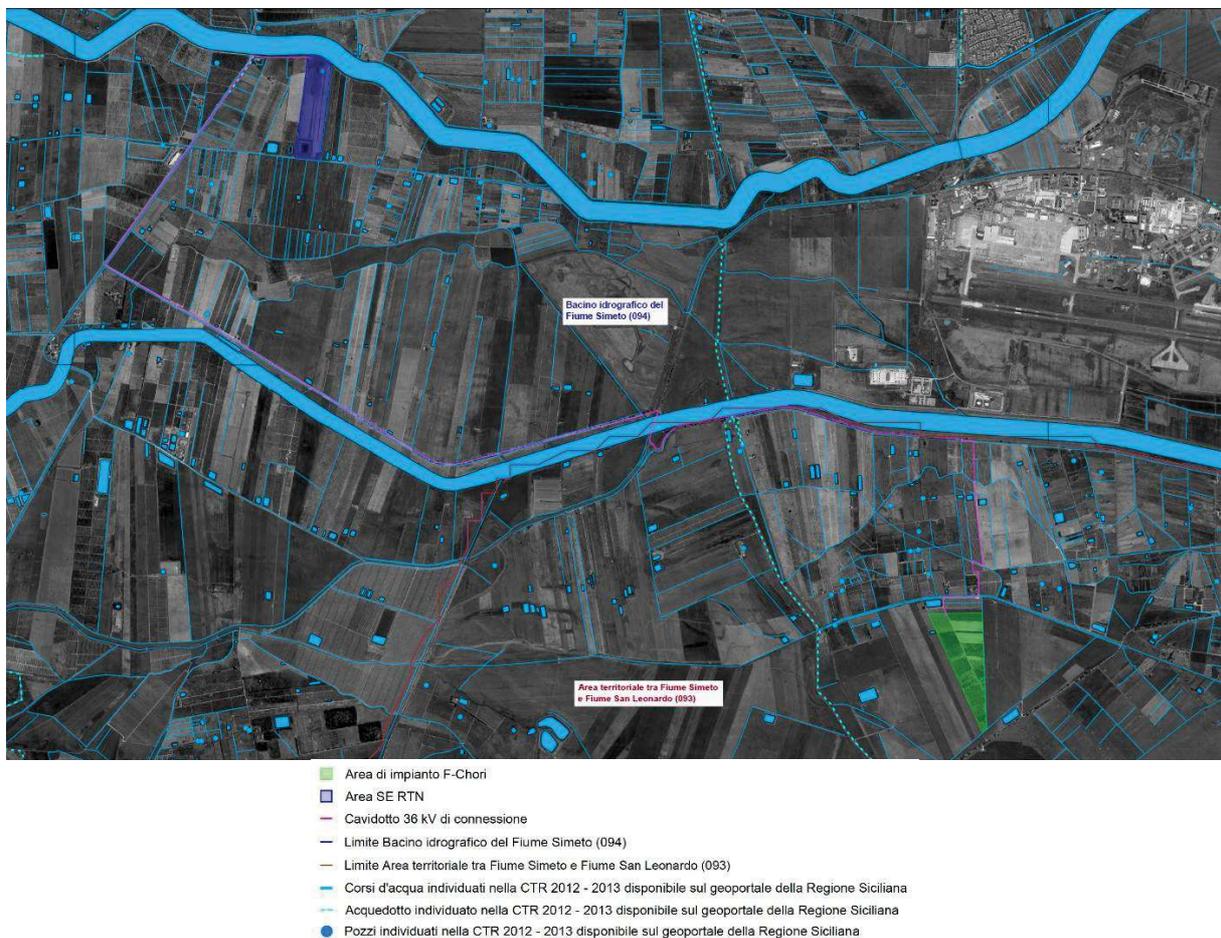


Fig.4.2 – Inquadramento delle opere in progetto sui reticoli idrografici – stralcio su ortofoto



- Area nella disponibilità del proponente
- Area impianto F-CHORI
- Area SE RTN
- Cavidotto 36 kV di connessione
- Corsi d'acqua individuati nella CTR 2012 - 2013 disponibile sul geoportale della Regione Siciliana
- Canali irrigui individuati nella CTR 2012 - 2013 disponibile sul geoportale della Regione Siciliana
- Acquedotto individuato nella CTR 2012 - 2013 disponibile sul geoportale della Regione Siciliana

Fig.4.3 – Inquadramento delle opere in progetto sui reticoli idrografici – stralcio su CTR

Come si evince dalle precedenti immagini, i moduli fotovoltaici e le loro strutture di sostegno, le loro opere accessorie e di connessione, e la componente agronomica all'interno dell'area di impianto non interferiscono con il reticolo idrografico del bacino di appartenenza.

Solamente il sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza, che collega l'impianto agrivoltaico F-Chori alla nuova stazione elettrica (SE) RTN 380/150/36 kV da inserire in entrata sulla linea RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi - Paternò", attraversa taluni corsi d'acqua costituenti il reticolo idrografico.

L'impianto è stato progettato al di fuori degli alvei dei fiumi, torrenti, rivi, scolatoi pubblici e canali di proprietà demaniale, nel rispetto dell'art. 93 del RD 523/1904 e s.m.i., e in maniera tale da non alterare il regime attuale dei corsi d'acqua posti in prossimità dell'area di impianto e in prossimità degli attraversamenti in subalveo e con collocazione su manufatti esistenti del sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza.

Ai sensi del punto 4) del D.S.G. 187/2022 tale opera di pubblica utilità, trattandosi di un attraversamento in subalveo con tecniche "senza scavo" (no-dig) o con collocazione su manufatti esistenti, rientra tra le categorie di *infrastruttura da realizzare che non interessa direttamente la sezione idraulica del corso d'acqua*, per la quale occorre verificare la compatibilità dell'attraversamento in progetto accertando che lo stesso non modifichi né riduca la sezione libera di deflusso del corso d'acqua.

Al fine di dimostrare la su scritta compatibilità, è stata individuata la distanza dai punti di interramento in subalveo con tecnica no-dig, del sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza. rispetto agli argini dei corsi d'acqua più prossimi ad essi.

Per fare ciò, in ossequio al D.S.G. n. 189 del 09/09/2020 e al DSG n.119 del 09/05/2022, è stato necessario determinare l'ampiezza dell'alveo e dunque della fascia di pertinenza fluviale, facendo riferimento ad eventi di piena corrispondenti ad un tempo di ritorno "Tr" rispettivamente pari a 100 e 5 anni.

Operativamente è stato effettuato uno studio idrologico, descritto nel successivo paragrafo, attraverso cui è stato possibile stimare il tirante idrico che si raggiungerebbe nella sezione del corso d'acqua indirettamente interessato dall'attraversamento del sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza, nell'eventualità che si presentino eventi di piena caratterizzati da un Tr uguale a 5 e 100 anni.

Una volta determinato il tirante idrico per ogni corso d'acqua indirettamente interessato, è stato possibile ricavare l'ampiezza dell'alveo e dunque la rispettiva fascia di pertinenza fluviale ai sensi dell'art. 96, lettera f, del R.D. 523/1904.

5. Studio Idrologico

Lo studio idrologico si articola nelle seguenti fasi:

- analisi statistica delle altezze di pioggia massime annuali per la stima dei parametri necessari alla costruzione della Curva di Probabilità Pluviometrica (CPP);

- trasformazione pioggia lorda – pioggia netta costruendo dapprima gli ietogrammi coerenti con la CPP, applicando poi il modello afflussi – deflussi che permette la stima delle perdite idrologiche e della capacità di assorbimento del terreno attraverso cui è possibile determinare l’aliquota che contribuisce alla formazione del deflusso superficiale, e trasferimento del deflusso superficiale alla sezione di chiusura di ciascun corso d’acqua indirettamente interessato dall’attraversamento del sistema di cavi interrati 36 kV in un’unica sezione di scavo costituente l’impianto di utenza;
- determinazione del tirante idrico che si raggiungerebbe nella sezione del corso d’acqua indirettamente interessato dall’attraversamento del sistema di cavi interrati 36 kV in un’unica sezione di scavo costituente l’impianto di utenza, nell’eventualità che si presentino eventi di piena caratterizzati da un Tr uguale a 5 e 100 anni, tramite applicazione del metodo razionale.

5.1 Analisi statistica delle altezze di pioggia e costruzione della CPP

La prima fase dello studio idrologico consiste nella determinazione del valore dell’altezza di precipitazione che mediamente viene raggiunto o superato, all’interno dell’area oggetto di analisi, considerando il Tr pari a 5 e 100 anni. Per fare ciò è stato necessario determinare le sollecitazioni meteoriche di progetto relative ai bacini idrografici oggetto di studio, al fine di produrre la curva di Probabilità Pluviometrica (CPP) attraverso il metodo di Gumbel.

I dati pluviometrici utilizzati per le elaborazioni sono quelle relative alle piogge di massima intensità e breve durata (1, 3, 6, 12 e 24 ore), registrati alle stazioni pluviografiche ricadenti nei Bacini Idrografici interessati.

A causa della variabilità spaziale del fenomeno di precipitazione, il volume che questo comporta su una fissata area risulta essere minore di quello che si otterrebbe distribuendo uniformemente il valore della precipitazione. Per risolvere questo problema, è stato effettuato il ragguaglio areale delle altezze di precipitazione di assegnata durata di ciascuna stazione pluviografica. Fatto ciò, per un fissato tempo di ritorno Tr pari a 5 e 100 anni, è stato possibile risalire al quantile T-ennale, ossia il valore dell’altezza di precipitazione che mediamente viene raggiunto o superato ogni Tr anni, utilizzando la legge di distribuzione EV1, riportati nella seguente Tabella 5.1.

QUANTILI T-ENNALI					
Tr [anni]	Intervalli orari [ore]				
	1	3	6	12	24
5	38,37	62,08	72,45	93,72	109,63
100	73,32	131,45	137,22	179,20	207,46

Tabella 5.1.1 – Quantili t-ennali per tempo di ritorno Tr pari a 5 e 100 anni

Rappresentando i valori riportati nella tabella 5.1 in un grafico (Durata, quantili T-ennali (h_T)) si è ottenuto l’andamento dei valori di precipitazione massima in funzione della durata per fissato tempo di ritorno Tr pari a 5 e 100 anni (Grafico 5.1.1).

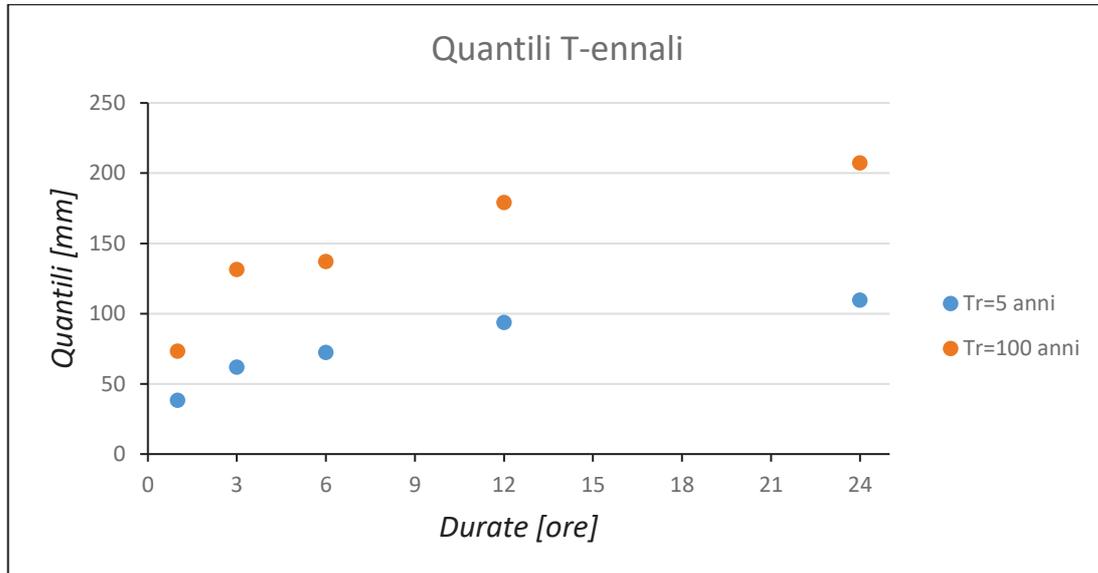


Grafico 5.1.1 – Andamento valori precipitazione massima in funzione della durata per fissato tempo di ritorno T_r pari a 5 anni e 100 anni

L'andamento dei quantili T-ennali con la durata è espresso tramite la seguente legge di potenza:

$$h_T(d) = a_T d^{n_T}$$

I parametri incogniti della legge di potenza a_T e n_T rappresentano l'intercetta e la pendenza della retta di regressione, ottenuta riportando la stessa legge di potenza in un piano logaritmico ($\ln d$, $\ln h_T$).

Dunque si è proceduto a ricavare i valori sopra scritti per fissato tempo di ritorno T_r pari a 5 e 100 anni, considerando come variabile dipendente il logaritmo delle altezze di precipitazione ($\ln h_T$) e come variabile indipendente il logaritmo delle durate ($\ln d$).

Fatto ciò, avendo a disposizione tutti i parametri per potere utilizzare la legge di potenza di cui sopra, sono state tracciate le Curve di Probabilità Pluviometrica per fissato tempo di ritorno pari a 5 e 100 anni, come mostrato nei seguenti grafici 5.1.2 e 5.1.3. A seguire nel grafico 5.1.4 sono messe a confronto le due Curve di Probabilità Pluviometrica tracciate per entrambi i tempi di ritorno.

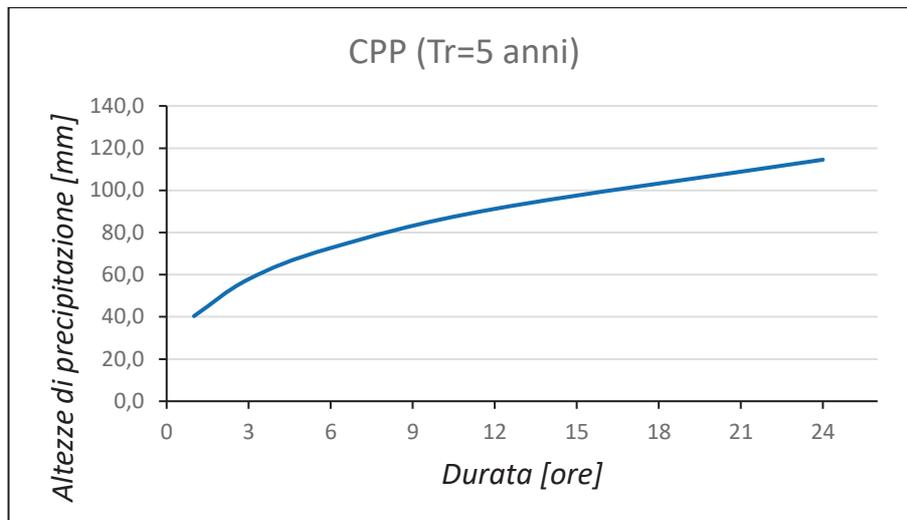


Fig.5.1.2 – CPP per fissato tempo di ritorno $Tr = 5$ anni

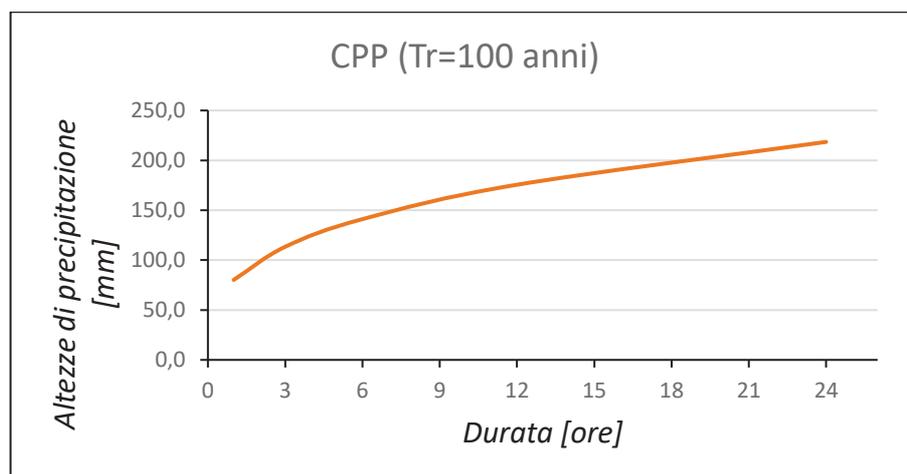


Grafico.5.1.3 – CPP per fissato tempo di ritorno $Tr = 100$ anni

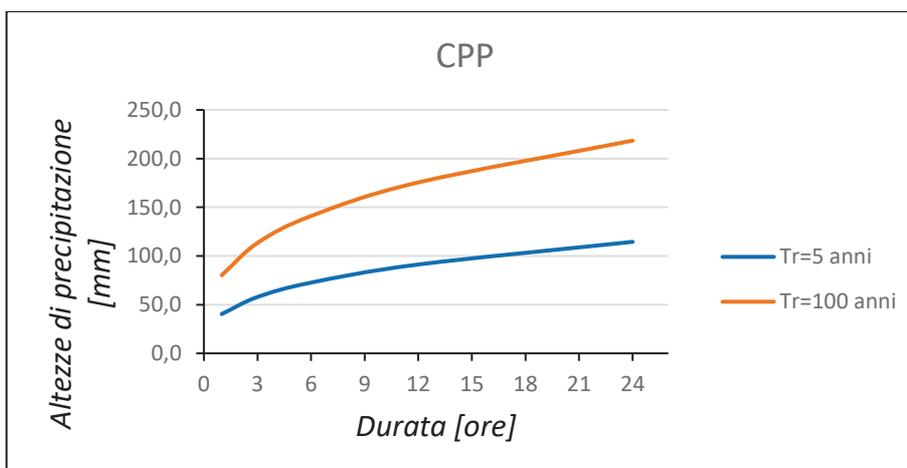


Grafico 5.1.4 – Confronto CPP per fissato tempo di ritorno Tr pari a 5 e 100 anni

5.2 Trasformazione pioggia lorda – pioggia netta e metodo afflussi – deflussi e trasferimento del deflusso superficiale

Utilizzando i dati ricavati dalla CPP, tracciata con il metodo di Gumbel (quantili regolarizzati), è stato possibile distribuire nel tempo l'altezza di precipitazione totale dell'evento servendoci di uno ietogramma sintetico di progetto. Per la presente analisi è stato utilizzato lo ietogramma "Chicago", in quanto ritenuto lo ietogramma più utilizzato per gli studi idrologici. Nei seguenti grafici 5.2.1 e 5.2.2 sono riportati gli ietogrammi Chicago ottenuti per fissato tempo di ritorno T_r pari a 5 e 100 anni.

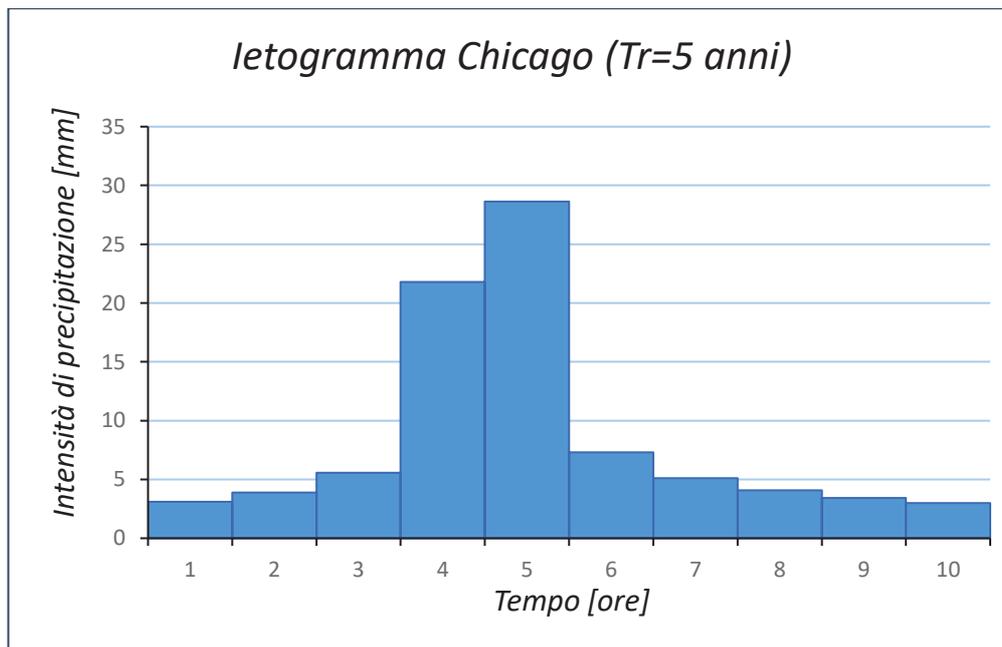


Grafico.5.2.1 – Ietogramma Chicago per fissato tempo di ritorno $T_r = 5$ anni

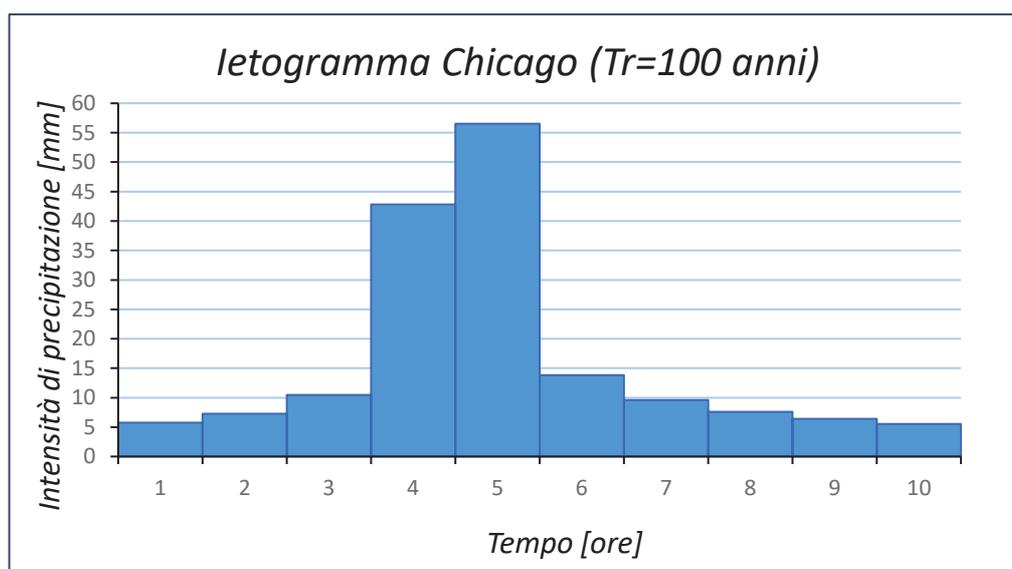


Grafico.5.2.2 – Ietogramma Chicago per fissato tempo di ritorno $T_r = 100$ anni

Gli ietogrammi appena ottenuti sono rappresentativi delle piogge lorde. Dunque si è proceduto a ricavare gli ietogrammi delle piogge nette, i quali rappresentano la quantità di precipitazione che cadendo al suolo forma deflusso superficiale o di piena.

Tale quantità, oltre all'intensità dell'evento meteorico, è funzione delle proprietà granulometriche, delle condizioni di umidità e della percentuale di suolo coperto dalla vegetazione, che determinano la capacità di infiltrazione del suolo in esame.

Tra i modelli a disposizione per eseguire la suddetta analisi, è stato scelto di utilizzare il modello del "CN (*Curve Number*)". Il CN è un modello concettuale, il quale assimila il bacino ad un serbatoio e prevede che una pioggia lorda cumulata P , depurata di una quantità I_a pari all'assorbimento iniziale, fornisca deflusso superficiale tramite il seguente rapporto di proporzionalità:

$$P_e = (P - I_a)F/S$$

in cui:

- F è il volume specifico infiltrato;
- S è il volume specifico di saturazione.

Il volume specifico di saturazione dipende dalla tipologia del suolo che governa il processo di trasformazione della pioggia lorda in pioggia netta. E' stato dimostrato che tale grandezza dipende da un parametro chiamato *CN (Curve Number)*, da cui deriva il nome del modello.

Utilizzando il modello del CN sono stati ottenuti gli ietogrammi delle piogge nette per l'evento di precipitazione per fissato tempo di ritorno T_r pari a 5 e 100 anni.

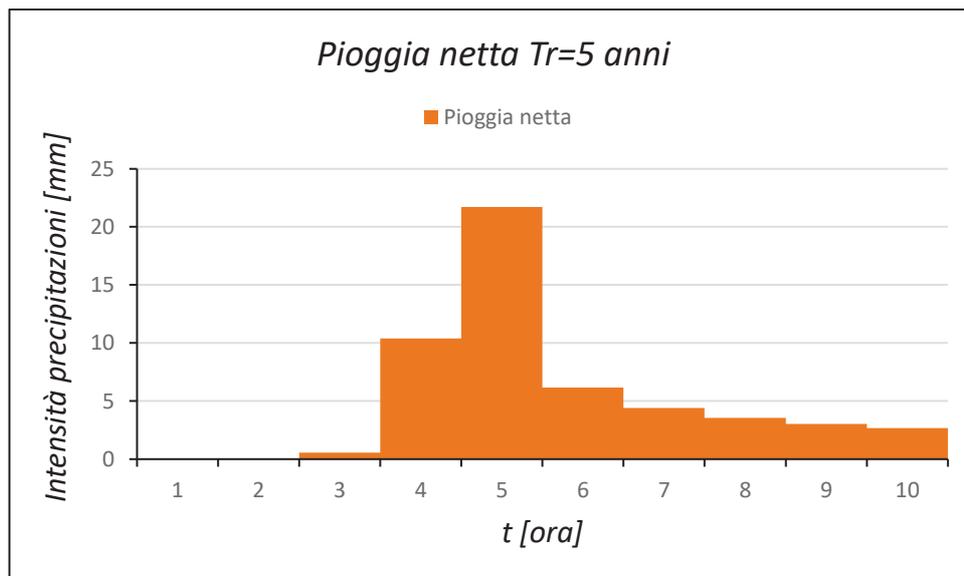


Fig.5.2.3 – Ietogramma Chicago piogge nette modello CN con tempo di ritorno $T_r = 5$ anni

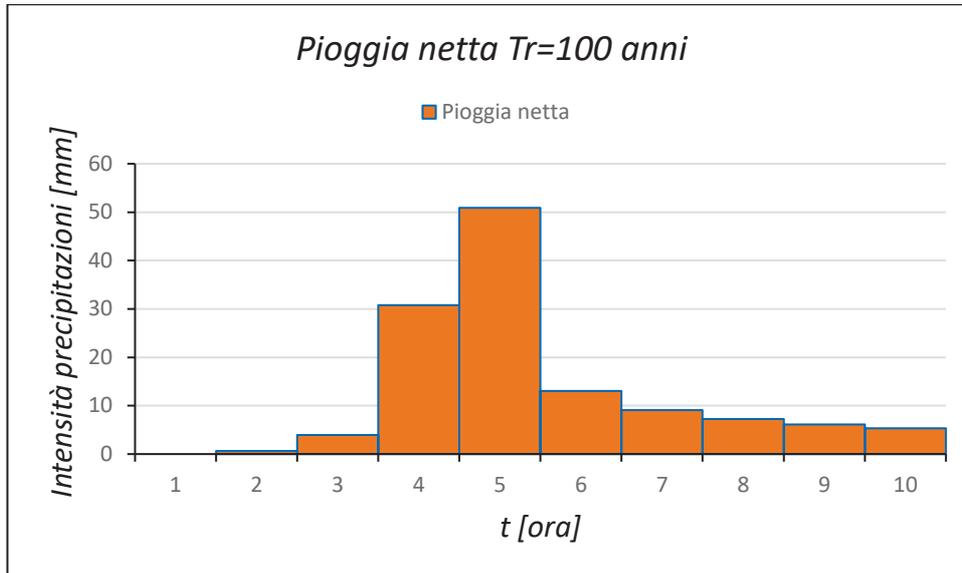


Fig.5.2.4 – Ietogramma Chicago piogge nette modello CN con tempo di ritorno $Tr = 100$ anni

Sovrapponendo gli ietogramma di pioggia netta a quelli della pioggia lorda ricavati in precedenza, è possibile evidenziare le aliquote relative alle perdite.

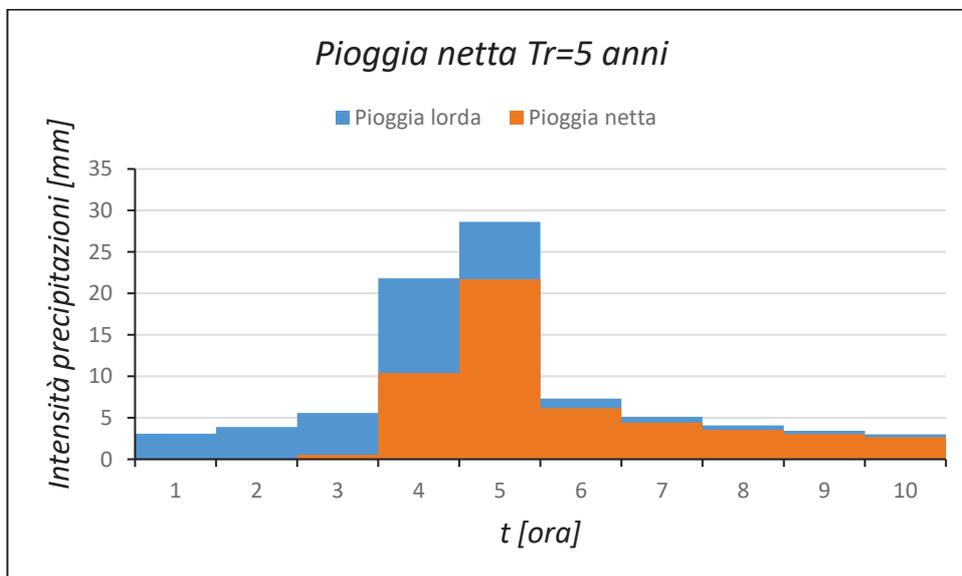


Grafico 5.2.5 – Confronto piogge lorde – piogge nette con tempo di ritorno $Tr = 5$ anni

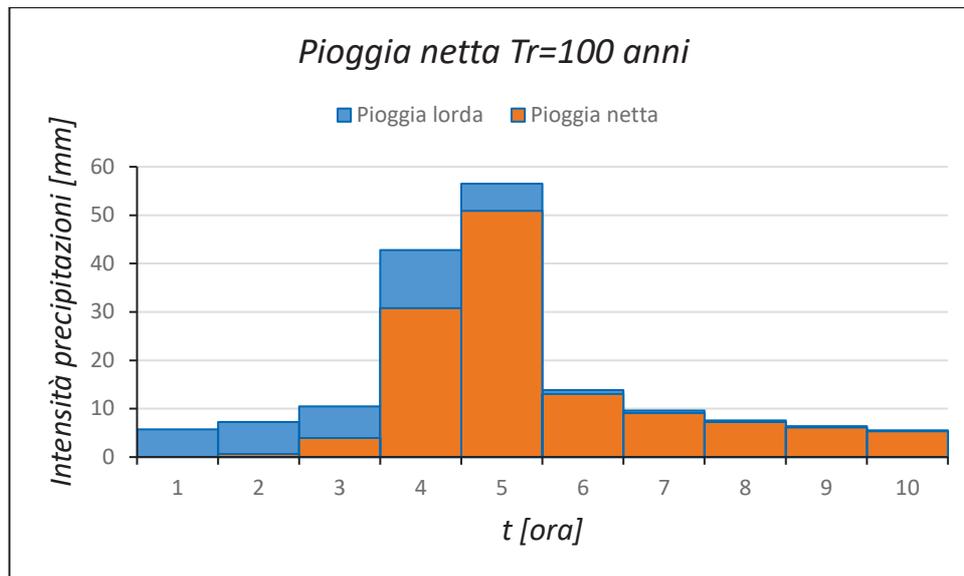


Grafico 5.2.6 – Confronto piogge lorde – piogge nette con tempo di ritorno $Tr = 100$ anni

Dunque si è proceduto ad analizzare il trasferimento del deflusso superficiale alle sezioni di chiusura dei corsi d'acqua indirettamente interessati dall'attraversamento del sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza. Per questa analisi è stato utilizzato il "metodo razionale" attraverso cui è stato possibile ottenere l'idrogramma di piena.

Al fine di applicare tale metodo è stato necessario ricavare il "tempo di corrivazione (t_c)", definito tramite la seguente relazione:

$$t_c = t_a + t_r [s]$$

in cui:

- t_a è il tempo di accesso, cioè il tempo che una particella d'acqua impiega per raggiungere l'impluvio oggetto di analisi;
- t_r è il tempo di rete, cioè il tempo che una particella d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura.

5.3 Metodo razionale

Una volta determinata la pioggia netta, è stato possibile analizzare il trasferimento del deflusso superficiale alle sezioni di chiusura di ciascun corso d'acqua indirettamente interessato dall'attraversamento del sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza.

Per fare ciò dapprima è stato utilizzato il "modello cinematico", basato sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è determinata solo da spostamenti di massa liquida;
- il percorso delle particelle d'acqua è invariabile nel tempo;
- la velocità di una particella non è influenzata dalle altre;

- la portata alla sezione di chiusura è la somma delle particelle che si presentano al medesimo istante.

Per ciascun corso d'acqua sono state calcolate le lunghezze, le pendenze, le aree e la percentuale di superficie permeabile.

Fatto ciò è stato eseguito un processo iterativo che ha previsto la costruzione della scala delle portate di moto uniforme e il calcolo della portata al colmo di piena relativa alla sezione di chiusura di ciascun corso d'acqua, utilizzando la formula razionale.

La scala delle portate di moto uniforme è stata costruita attraverso la **formula di Chezy**, mostrata di seguito, da cui è stato possibile ricavare la velocità.

$$Q = A\chi\sqrt{Ri} \text{ [m}^3\text{/s]},$$

in cui:

- A è l'area della sezione bagnata (considerata rettangolare per motivazioni strutturali spiegate nel successivo paragrafo);
- χ è il parametro delle perdite di carico (coefficiente di attrito);
- R è il raggio idraulico;
- i è la pendenza del corso d'acqua.

A sua volta, il parametro delle perdite di carico è stato determinato tramite la seguente espressione di Gauckler-Strickler:

$$\chi = K_s R^{1/6}$$

in cui K_s è il parametro che considera le perdite di carico.

La formula razionale, invece, calcola la portata al colmo di piena relativa alla sezione di chiusura con la seguente equazione:

$$Q = \frac{\varphi i S}{360} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

in cui:

- S è l'area oggetto di analisi espressa in ettari;
- φ è il valore del coefficiente di afflusso;
- i è l'intensità di pioggia

A questo punto si è proceduto alla determinazione dell'intensità di pioggia. Per fare ciò è stato calcolato dapprima il tempo di corrivazione (t_c) dato dalla somma del tempo di accesso e del tempo di rete, come scritto in precedenza. Noto il tempo di corrivazione, è stata applicata la **formula di Ferreri-Ferro** al fine di trovare le altezze di pioggia con durata inferiore all'ora:

$$h = h_{60} t_c^{0,386} [mm]$$

in cui h_{60} è l'altezza di pioggia oraria ricavata nello studio idrologico per fissato tempo di ritorno Tr pari a 5 e 100 anni, mentre t_c è il tempo di corrivazione è espresso in ore.

Dividendo le altezze di pioggia per il tempo di corrivazione sono state trovate le intensità di pioggia. Avendo tutti i dati necessari, si è proceduto al calcolo della portata tramite la formula razionale.

Questo processo iterativo è stato continuato per ciascuna sezione dei corsi d'acqua interessati dall'attraversamento del sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza, fino a quando la portata calcolata con la formula razionale è risultata uguale alla portata di moto uniforme.

Una volta raggiunta la convergenza è stato possibile ricavare il tirante idrico che si raggiungerebbe nella sezione di ciascun corso d'acqua interessato dall'attraversamento del sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza, nell'eventualità che si presentino eventi di piena caratterizzati da un Tr uguale a 5 e 100 anni. Il tirante idrico così ricavato permetterà di determinare l'ampiezza degli alvei e le rispettive fasce di pertinenza fluviale, in ossequio al D.S.G. n. 189 del 09/09/2020 DSG n.119 del 09/05/2022 e all'art. 96, lettera f, del R. D. 523/1904 (si vedano le seguenti figure estratte dall'elaborato di progetto "Inquadramento su CTR delle opere di impianto su bacini idrografici"), a cui si rimanda per una visione più dettagliata delle distanze dei punti di interrimento del sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza rispetto agli argini dei corsi d'acqua e la risoluzione delle interferenze in caso di attraversamenti con collocazione su manufatto esistente.

Corso d'acqua n.1 – Inquadramento 1

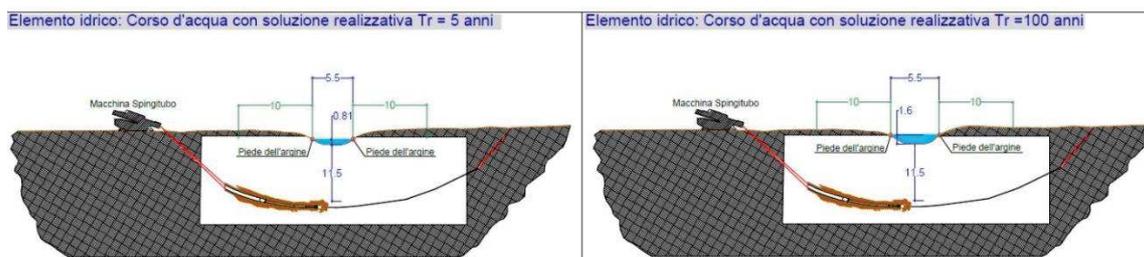


Fig.5.3.1 – Tirante idrico con eventi di piena aventi $Tr=5$ e 100 anni, ampiezza dell'alveo e fasce di pertinenza fluviale

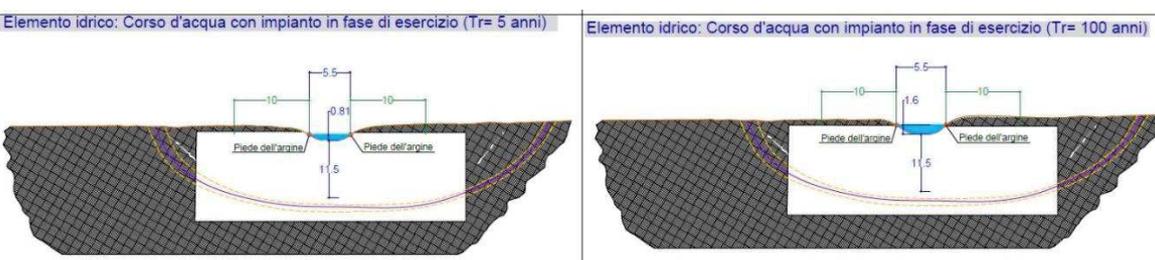


Fig.5.3.2 – Distanza tra i punti di interrimento del cavidotto 36 kV di connessione dagli argini del corso d'acqua più prossimo ad essi (Tr pari a 5 e 100 anni)

Corso d'acqua n.2 – Inquadramento 2

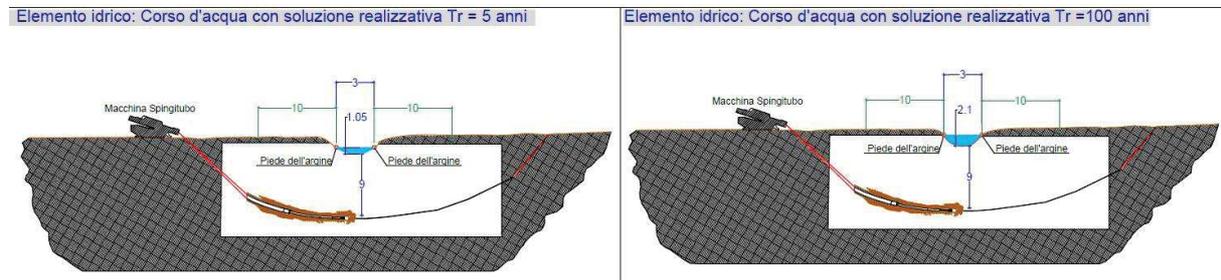


Fig.5.3.3 – Tirante idrico con eventi di piena aventi $Tr=5$ e 100 anni, ampiezza dell'alveo e fasce di pertinenza fluviale

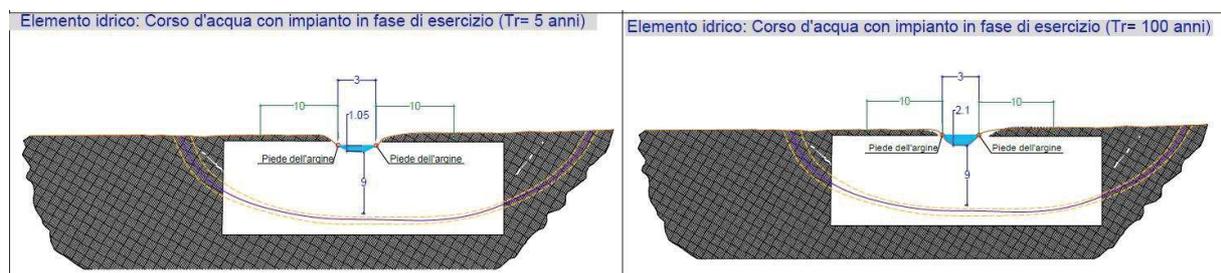
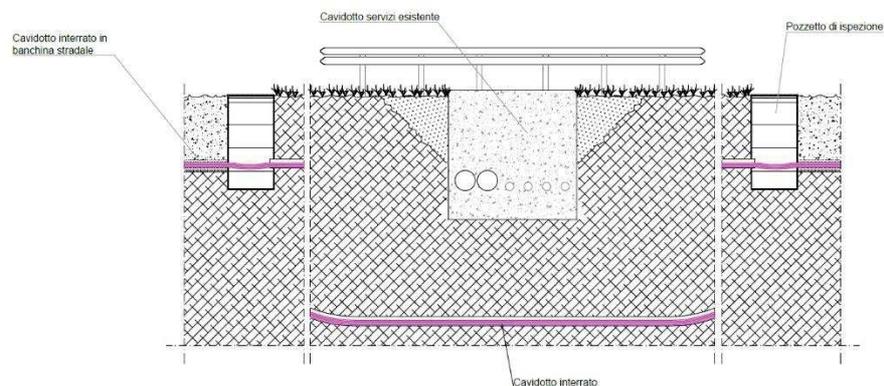


Fig.5.3.4 – Distanza tra i punti di interramento del cavidotto 36 kV di connessione dagli argini del corso d'acqua più prossimo ad essi (Tr pari a 5 e 100 anni)

Corso d'acqua interessati da attraversamento con collocazione su manufatto esistente – Inquadramento 3,4,5

Quattro corsi d'acqua sono interessati da un attraversamento del sistema di cavi interrati 36 KV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza con collocazione su manufatto esistente.

Nello specifico si tratta di attraversamenti su manufatto esistente in quanto attraversano dei piccoli ponticelli. Per tali attraversamenti verificata la compatibilità idraulica dell'attraversamento ed accertato che lo stesso non modifichi né riduca la sezione libera di deflusso del corso d'acqua si prevede ad esempio di realizzare il cavidotto posato su mensole installate lungo la strada esistente, oppure interrandolo sul terreno adiacente alla strada. Ove ciò non fosse possibile, si prevede l'utilizzo della tecnica T.O.C. (perforazione orizzontale teleguidata).



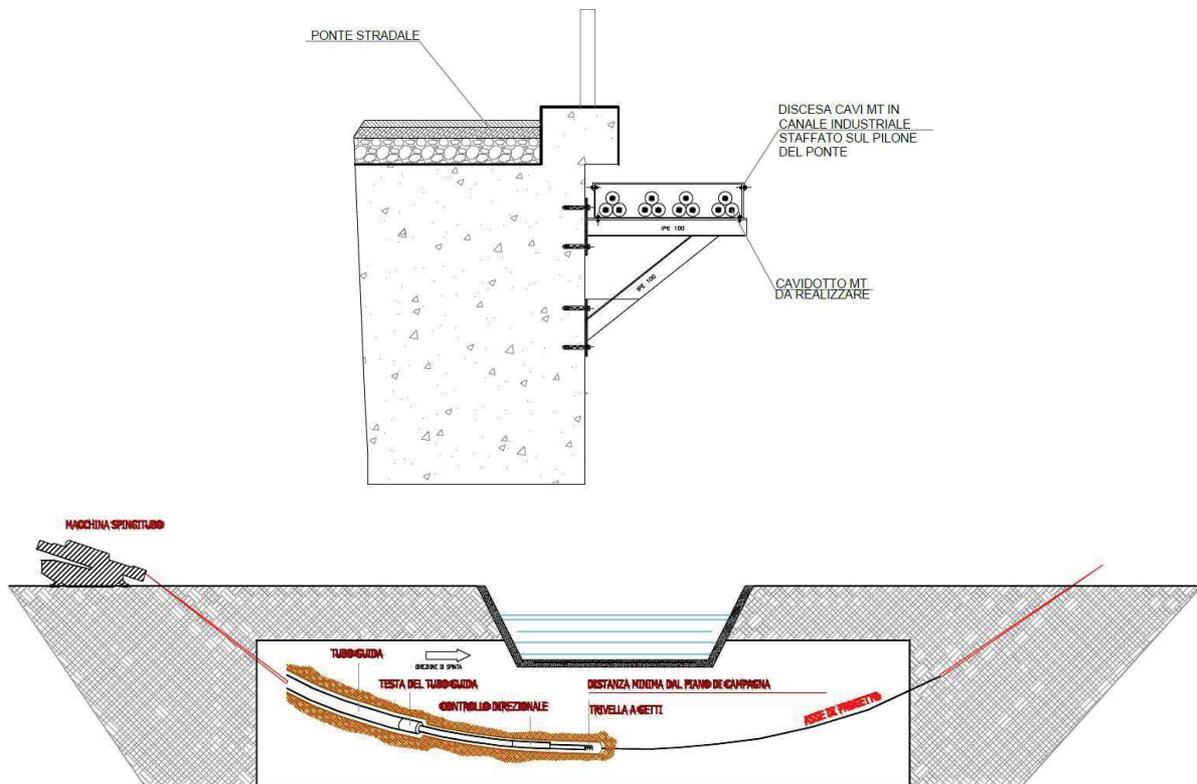


Fig.5.3.5 – Risoluzione interferenza attraversamento con collocazione su manufatto esistente

6. Conclusioni

Il presente elaborato dimostra come l'intervento proposto per l'installazione dell'impianto agrivoltaiico "F-Chori" non interferirà con il reticolo idrografico individuato nella CTR 2012-2013 relativamente ai bacini idrografici di appartenenza.

Quanto sopra è stato dimostrato a valle di uno studio idrologico condotto per due diversi tempi di ritorno pari a 5 ed a 100 anni.

In ossequio al D.S.G. n. 189 del 09/09/2020, è stata determinata l'ampiezza dell'alveo e dunque della fascia di pertinenza fluviale, facendo riferimento ad eventi di piena corrispondenti ad un tempo di ritorno "Tr" pari a 100 anni.

A seguito pubblicazione, da parte dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, del DSG n. 119 del 09/05/2022 la corrispondente fascia di pertinenza fluviale, è stata anche ricavata facendo riferimento ad eventi di piena corrispondenti ad un tempo di ritorno "Tr" pari a 5 anni.

Infatti, il DSG n. 119 del 09/05/2022 stabilisce che ai fini della determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. 523/1904) debba farsi riferimento al concetto di "demanio idrico" che, laddove non espressamente rappresentato nelle planimetrie catastali ovvero laddove quanto eventualmente

rappresentato nelle mappe catastali non corrisponda alla reale ubicazione dell'alveo, coincide con l'alveo di piena ordinaria e cioè con la parte di terreno che risulti occupato dall'acqua in caso di eventi di piena corrispondenti ad un tempo di ritorno $Tr = 5$ anni.

Pertanto con lo studio idrologico è stato possibile determinare l'ampiezza dell'alveo e delle fasce di pertinenza fluviale di cui all'art. 96, comma f, del R. D. 523/1904, individuate secondo quanto disposto dal D.S.G. n.189 del 09/09/2020 (eventi di piena corrispondenti ad un tempo di ritorno "Tr" pari a 100 anni) e dal DSG n.119 del 09/05/2022 (eventi di piena corrispondenti ad un tempo di ritorno "Tr" pari a 5 anni) in corrispondenza delle sezioni cui il sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza attraversa indirettamente i corsi d'acqua.

Dai risultati ottenuti dallo studio idrologico si può difatti concludere che le opere da realizzare per l'installazione dell'impianto agrivoltaico "F-Chori" non rientrano tra i lavori ed atti vietati individuati nell'art. 96 del R.D. 523/1904, avendo verificato la compatibilità dell'attraversamento ai sensi del punto 4) del D.S.G. 187/2022, in quanto la realizzazione del sistema di cavi interrati 36 kV in un'unica sezione di scavo costituente l'impianto di utenza non modifica né riduce la sezione libera di deflusso dei corsi d'acqua non direttamente interessati dallo sviluppo del suddetto sistema di cavi interrati.