



COMUNE DI CANDELA
PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 23,482 MWp e sistema di accumulo di 10 MW sito nel Comune di Candela (FG) in zona industriale e relative opere di connessione

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idrologica-idraulica

COD. ID.		COD. AU.			
Livello prog.	Tipo documentazione			N. elaborato	Data
PD	Definitiva				05 / 2021

Nome file	
-----------	--

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	MAGGIO 2021	PRIMA EMISSIONE	A. L. Giordano		

COMMITTENTE:

BLUSOLAR CASTELFRENTANO SRL

Via Caravaggio, 125
65125 Pescara (PE) Italia

Timbro e firma

PROGETTAZIONE:



MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729



CONSULENTI:

Ing. Donata Sileo
e-mail: donata.sileo@gmail.com

Ing. Laura Giordano
e-mail: lauragiordano.ing@gmail.com



Dott. Geol. Antonio Falcone
e-mail: antonow.falcone@libero.it

Dott. Agronomo Armando Ursitti
e-mail: a.ursitti@epap.conafpec.it

1	PREMESSA	1
2	STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO	2
2.1	Calcolo idrologico.....	2
2.2	Individuazione della sottozona omogenea di riferimento.....	3
2.2.1	Calcolo delle portate attese.....	7
2.3	Verifica idraulica.....	8
3	Applicazione del metodo	9
3.1	INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO.....	11
3.1.1	INTERFERENZA N.1-2 RETICOLO IDROGRAFICO: PERCORSO CAVIDOTTO ESTERNO.....	11
3.1.2	INTERFERENZA N.3 RETICOLO IDROGRAFICO: PERCORSO CAVIDOTTO ESTERNO.....	12
3.1.3	INTERFERENZE N.4 RETICOLO IDROGRAFICO: PERCORSO CAVIDOTTO ESTERNO.....	13
3.2	GESTIONE DELLE INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO.....	14
3.2.1	INTERFERENZA N.1-2: PERCORSO CAVIDOTTO ESTERNO.....	14
3.2.2	INTERFERENZA N.3 CAVIDOTTO INTERRATO.....	17
3.2.3	INTERFERENZE N.4 RETICOLO IDROGRAFICO: CAVIDOTTO INTERRATO.....	18
4	Considerazioni finali	20

1 PREMESSA

Il presente studio di compatibilità idrologica-idraulica, fa riferimento al PROGETTO definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare della potenza nominale complessiva pari a 23,482 MWp (17,154 MW in immissione), risultante dalla somma delle potenze elettriche di n. 2 sottocampi, che la società **BLUSOLAR CASTELFRENTANO S.R.L.** intende installare in un'area industriale posta a nord del centro abitato di Candela (FG).

L'impianto prevede l'allacciamento alla rete elettrica nazionale tramite una stazione elettrica utente MT/AT, collegata alla stazione di rete Terna, situata nel territorio comunale di Candela (FG).

La soluzione di connessione alla RTN per l'impianto fotovoltaico di progetto prevede che l'impianto venga collegato in antenna alla Sezione a 150 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "Deliceto".

Si riporta di seguito il layout di impianto.



Figura 1: Layout proposta progettuale

La valutazione del progetto ha evidenziato l'interferenza di alcune opere previste dalla proposta progettuale con le aree disciplinate dalle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico e la necessità di redigere un adeguato "Studio di compatibilità idrologica e idraulica".

Il presente studio si pone come finalità la valutazione circa la sicurezza idraulica delle opere costituenti il progetto.

2 STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO

Lo studio, con riferimento all'area in oggetto, è stato condotto individuando le interferenze delle opere in progetto con il reticolo idrografico.

2.1 Calcolo idrologico

Ai fini dello studio idrologico, le stime effettuate su tali precipitazioni sono relative ad un periodo di ritorno duecentennale e fanno riferimento ai risultati ottenuti nell'ambito del Progetto VAPI (Valutazione delle Piene) Puglia, redatto a cura del GNDCI (Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche).

In pratica, la dipendenza dal periodo di ritorno è assegnata mediante la distribuzione del fattore di crescita KT, mentre i coefficienti della legge intensità-durata sono caratteristici della specifica zona in cui si trova il bacino.

La distribuzione del fattore di crescita è alla base della metodologia adottata nel progetto VAPI, che fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle piogge e delle portate al colmo.

Facendo riferimento all'informazione idrologica disponibile sul territorio, in termini di densità spaziale di stazioni di misura e di numerosità campionaria delle serie storiche, le altezze di precipitazione giornaliere, rilevate alle stazioni pluviometriche, il VAPI ha individuato 6 sottozone omogenee dal punto di vista pluviometrico.



Figura 2: Regione Puglia, zone omogenee dal punto di vista pluviometrico

Per ogni zona omogenea le curve di possibilità pluviometrica rispondono alla equazioni di seguito riportate:

ZONE OMOGENEE	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA
Zona 1	$x(t, z) = 28.66 \cdot t^{[(0.720+0.000503 \cdot z)/3.178]}$
Zona 2	$x(t) = 22.23 \cdot t^{0.247}$
Zona 3	$x(t, z) = 25.325 \cdot t^{[(0.696+0.000531 \cdot z)/3.178]}$
Zona 4	$x(t) = 24.70 \cdot t^{0.256}$
Zona 5	$x(t, z) = 28.2 \cdot t^{[(0.628+0.0002 \cdot z)/3.178]}$
Zona 6	$x(t, z) = 33.7 \cdot t^{[(0.488+0.0022 \cdot z)/3.178]}$

Per quanto concerne il fattore di crescita, per assegnato tempo di ritorno, per la sottozona omogenee n. 1-2-3-4 si applica la formula:

$$Kt = 0.5648 + 0.415 \cdot \ln T$$

mentre per le sottozona omogenea n. 5-6 si ha la seguente formula:

$$Kt = 0.1599 + 0.5166 \cdot \ln T$$

2.2 Individuazione della sottozona omogenea di riferimento

La proposta progettuale nella sua interezza, ricade nella sottozona omogenea "**Zona 3**", come riscontrabile dall'immagine seguente.



Figura 3: Individuazione Zona omogenea

Le equazioni che si applicano sono dunque:

- **CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA**

Zona 3
$$x(t, z) = 25.325 \cdot t^{[(0.0696 + 0.000531 \cdot z)/3.178]}$$

- **FATTORE DI CRESCITA**

Zona 3
$$Kt = 0.5648 + 0.415 \cdot \ln T$$

Applicando la relazione si procede con il calcolo delle piogge massime annuali $x(t)$ di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno:

t	h	t	h
ore	mm	ore	mm
1	25.33	13	89.71
2	35.64	14	93.04
3	43.53	15	96.26
4	50.17	16	99.38
5	56.00	17	102.39
6	61.27	18	105.32
7	66.11	19	108.16
8	70.61	20	110.93
9	74.83	21	113.64
10	78.82	22	116.27
11	82.61	23	118.85

12	86.23	24	121.37
-----------	-------	-----------	--------

Il fattore di crescita Kt , calcolato per tempi di ritorno T pari a 30, 200 e 500 anni assume i seguenti valori:

Tempo di ritorno	Fattore di Crescita
T	Kt
30	1.98
200	2.76
500	3.14

Applicando i valori ottenuti si ottiene:

t	h	h·Kt; T=30	h·Kt; T=200	h·Kt; T=500
<i>ore</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
1	25.33	50.05	69.99	79.62
2	35.64	70.44	98.50	112.06
3	43.53	86.03	120.31	136.86
4	50.17	99.14	138.64	157.72
5	56.00	110.68	154.77	176.06
6	61.27	121.09	169.32	192.62
7	66.11	130.65	182.70	207.83
8	70.61	139.54	195.13	221.98
9	74.83	147.88	206.80	235.25
10	78.82	155.77	217.83	247.80
11	82.61	163.27	228.31	259.72
12	86.23	170.42	238.32	271.11
13	89.71	177.28	247.91	282.02
14	93.04	183.88	257.14	292.52
15	96.26	190.24	266.03	302.64
16	99.38	196.40	274.64	312.42
17	102.39	202.36	282.97	321.90
18	105.32	208.14	291.06	331.11
19	108.16	213.76	298.92	340.05
20	110.93	219.24	306.58	348.76
21	113.64	224.58	314.04	357.25
22	116.27	229.79	321.33	365.54
23	118.85	234.88	328.45	373.64
24	121.37	239.86	335.42	381.57

Si ottengono le seguenti curve di possibilità pluviometrica:

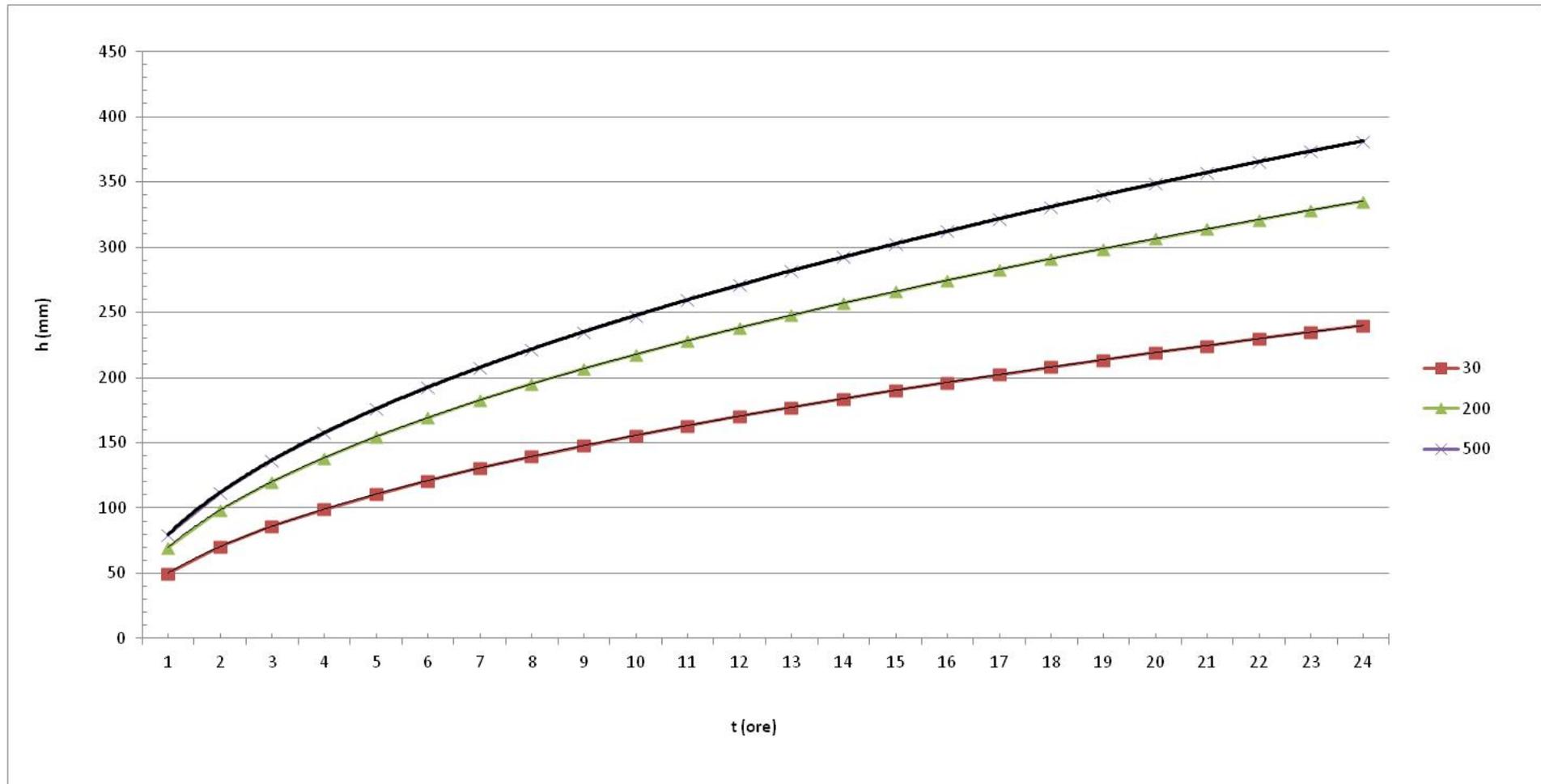


Figura 4: Curve di possibilità pluviometrica

2.2.1 Calcolo delle portate attese

2.2.1.1 Metodologia VAPI

La valutazione delle portate attese è stata condotta con riferimento al Progetto VAPI per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno, per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua della Puglia, con particolare riguardo ai bacini compresi tra il fiume Ofanto a sud e il torrente Candelaro a nord.

La sintesi fa riferimento ad indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, Valutazione delle Piene in Puglia [Copertino e Fiorentino, 1994].

In base al predetto studio, il valore di portata media annua ($m(Q)$) è funzione dell'altezza del pelo libero del corpo idrico superficiale, e del tempo di ritorno attraverso la seguente relazione:

$$m(Q) = \frac{C^* \cdot K_A(t_r) \cdot x(t_r) \cdot A}{3.6}$$

Dove:

- $C^* = 0.09 + 0.47 \cdot (1 - p.p.)$

Rappresenta il coefficiente di piena ed è funzione del p.p. = frazione ad elevata permeabilità del bacino, assunta, nel caso specifico a 0.54.

- $K_A(t_r) = 1 - (1 - \exp(-c_1 \cdot A)) \cdot \exp(-c_2 \cdot t_r^{c_3})$

Rappresenta il fattore di riduzione areale, funzione dell'area del bacino (A), della durata della pioggia, posta pari al tempo di ritardo del bacino, a da tre coefficienti adimensionali: $c_1 = 0.0021$; $c_2 = 0.53$; $c_3 = 0.25$

- $t_r = 0.344 \cdot \sqrt{A}$

Rappresenta il tempo di ritardo del bacino, funzione esclusivamente dell'area dello stesso

- $x(t, z) = 25.325 \cdot t_r^{[(0.696 + 0.000531 \cdot z)/3.178]}$

Rappresenta la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia valutato per una durata di pioggia pari al tempo di ritardo del bacino

- A

Area del bacino.

Noto il valore della portata media annua, è possibile quantificare il valore di portata per opportuni tempi di ritorno, moltiplicando la stessa per il coefficiente probabilistico di crescita K_T per le portate in Puglia.

Per un tempo di ritorno pari a $T = 200$ anni, il valore del fattore di crescita è pari a: $K_{t_{200}} = 4,39$

2.3 Verifica idraulica

Determinato il valore di portata per un tempo di ritorno T pari a 200 anni, è possibile procedere con la verifica idraulica attraverso l'ausilio del software HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineers grazie al quale è possibile effettuare la simulazione idrodinamica in moto permanente.

HEC-RAS è il sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America, analizza le reti di canali naturali ed artificiali, calcolando i profili del pelo libero basandosi su di un'analisi a moto permanente e/o motovario monodimensionale.

La simulazione viene generalmente condotta riportando, nel software suddetto, le sezioni rappresentative del bacino investigato. Tali sezioni vengono inserite partendo da valle e procedendo verso monte numerandole in senso crescente.

Inserendo nel software i valori di portata calcolato è possibile, impostando le condizioni di moto permanente monodimensionale, procedere alla verifica idraulica.

La stessa viene stata condotta impostando le condizioni di "Normal Depth" sia a monte che a valle del tratto considerato; per quanto concerne il coefficiente di Manning, si è assunto il valore **0.035** sia per le aree golenali, sia per il canale principale.

Nello studio specifico, la presenza di infrastrutture esistenti nell'area e grazie alla scelta di moderne tecniche ingegneristiche, non si rende necessario procedere con una simulazione puntuale del comportamento idraulico dei corpi idrici interessati dall'intervento.

3 Applicazione del metodo

Nell'applicazione del metodo, si è provveduto ad effettuare una approfondita analisi del progetto individuando le interferenze dello stesso con il reticolo idrografico e la tipologia delle stesse, e le interferenze con la nuova perimetrazione del PAI.

Per una più agevole lettura del caso studio, si riportano di seguito due immagini rappresentative del progetto con l'individuazione delle interferenze con il reticolo idrografico e con il Piano di Assetto Idrogeologico.

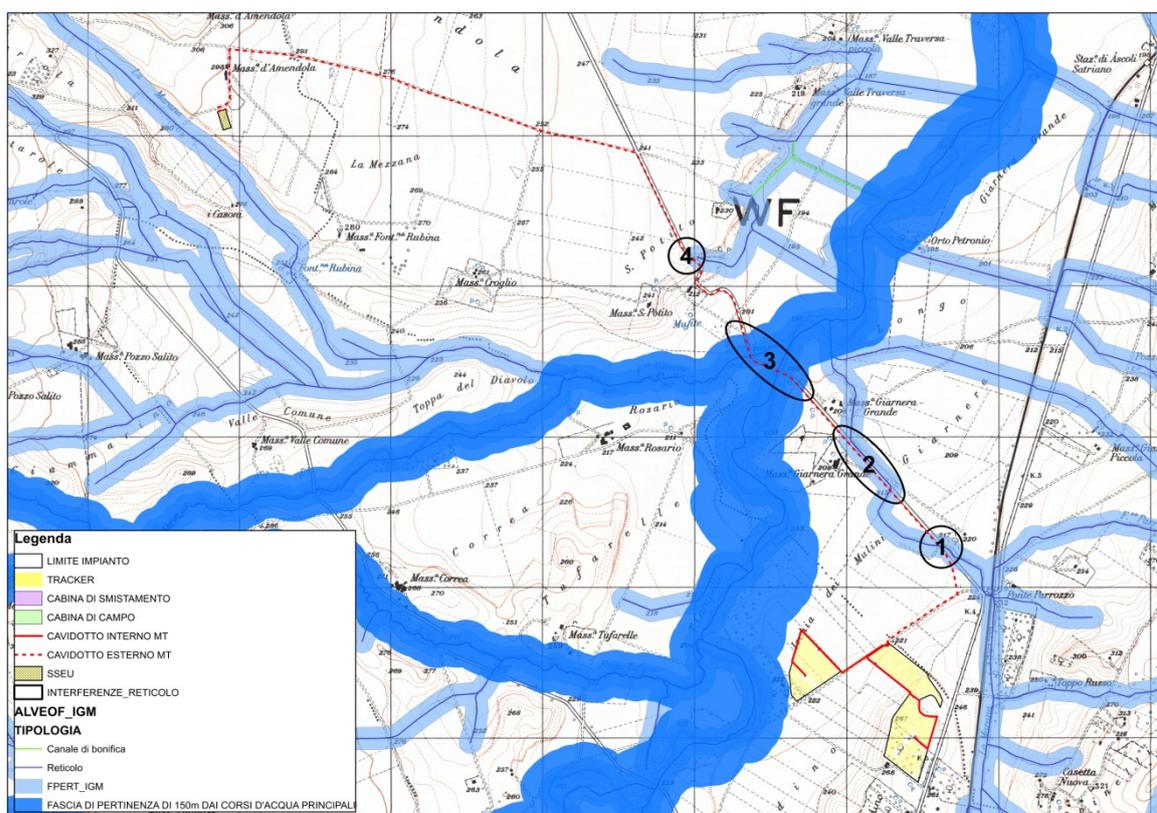


Figura 5: Individuazione interferenze con RETICOLO IDROGRAFICO

Come si evince dall'immagine precedente, risultano n.4 interferenze con il reticolo idrografico.

Studio di compatibilità idrologica-idraulica
Impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica sito nel Comune di Candela (FG) per una potenza complessiva di 23,482 MWp



Figura 6: Individuazione interferenze con PAI

Come si evince dall'immagine precedente, non vi è alcuna interferenza con le aree classificate dal PAI come a pericolosità di inondazione.

3.1 INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

3.1.1 INTERFERENZA N.1-2: RETICOLO IDROGRAFICO: PERCORSO CAVIDOTTO ESTERNO

L'interferenza è relativa al percorso del cavidotto interrato esterno di collegamento dell'impianto alla Sotto Stazione Elettrica Utente con un corpo idrico affluente del Torrente Carapelle.



Figura 7: Interferenza n.1 - reticolo idrografico



Figura 8: Interferenza n.1 - reticolo idrografico

3.1.2 INTERFERENZA N.3: RETICOLO IDROGRAFICO: PERCORSO CAVIDOTTO ESTERNO

L'interferenza è relativa al percorso del cavidotto interrato esterno di collegamento dell'impianto alla Sotto Stazione Elettrica Utente con due corpi idrico: Torrente Carapelle e Fosso Viticone.

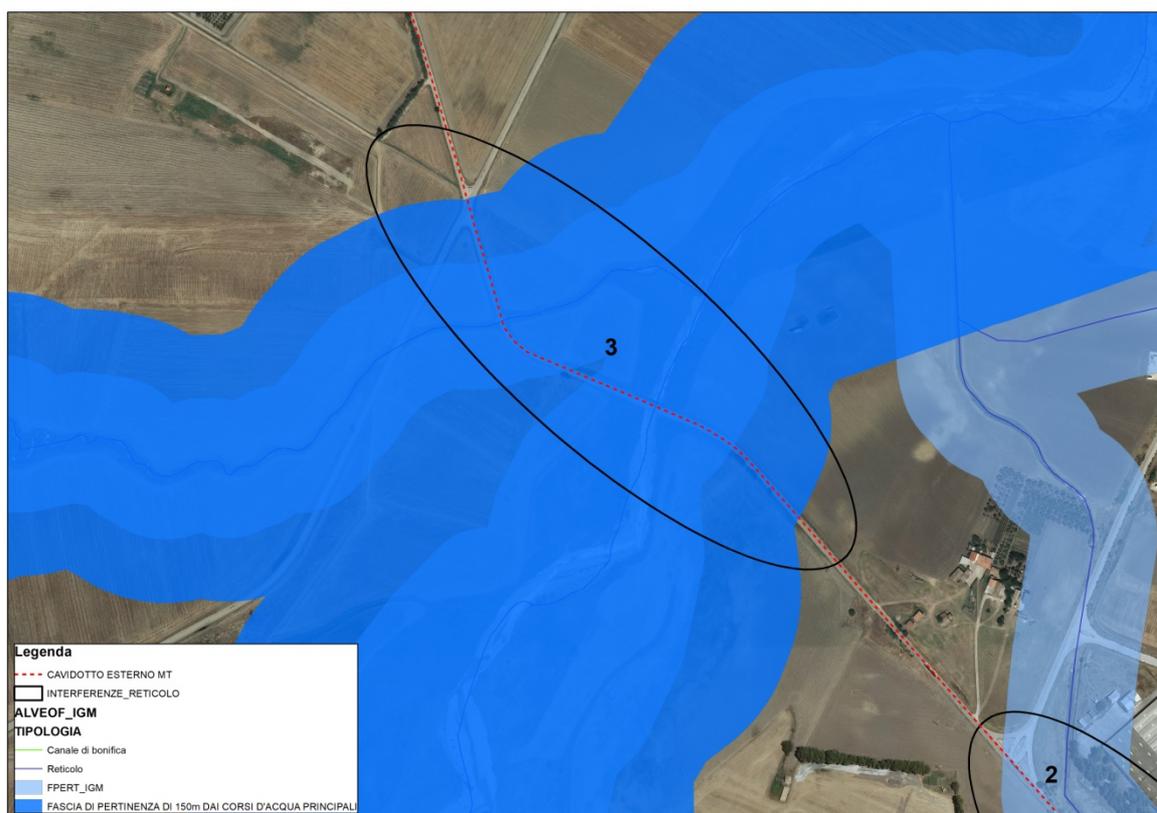


Figura 9: Interferenza n.3 - reticolo idrografico

3.1.3 INTERFERENZE N.4: RETICOLO IDROGRAFICO: PERCORSO CAVIDOTTO ESTERNO

L'interferenza è relativa al percorso del cavidotto interrato esterno di collegamento dell'impianto alla Sotto Stazione Elettrica Utente con un corpo idrico affluente del Torrente Carapelle.



Figura 10: Interferenza n.4 - reticolo idrografico

3.2 GESTIONE DELLE INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

In riferimento alle interferenze individuate, si procede analizzando le modalità di gestione di ciascuna di essa.

3.2.1 INTERFERENZA N.1-2: PERCORSO CAVIDOTTO ESTERNO

L'interferenza è correlata all'area di impianto all'interno della quale verranno collocati i moduli fotovoltaici e la cabina di campo, il percorso del cavidotto interrato, la strada e la recinzione da apporre attorno all'area di impianto in corrispondenza di un corpo idrico affluente del "Canale "Rio Salso", invadendo le fasce di rispetto del corpo idrico.

Il percorso del cavidotto interrato è previsto lungo un percorso su strade pubbliche e parzialmente su strade private. Tali scelte progettuali adottate dai progettisti per l'ubicazione del cavidotto prevedono, oculatamente, il posizionamento dello stesso sul ciglio delle infrastrutture esistenti. Nello specifico, nei casi delle interferenze n.1 e n.2, la soluzione adottata sarà la medesima, sfruttando dunque la rete stradale esistente e ponendo il cavidotto sul ciglio della strada.

Tale soluzione consentirà, dunque la posa del cavidotto senza in alcun modo realizzare opere ex novo, ma sfruttando lo stato attuale delle cose e le opere dell'arte già in essere, senza alterare il comportamento del corpo idrico e senza realizzare nuove opere di supporto.

Si riportano di seguito delle immagini di dettaglio sugli attraversamenti:



Figura 11: Interferenza 1 (immagine estrapolata da Google Earth)

Come riscontrabile dall'immagine, la presenza di un tombino a servizio della rete stradale, garantisce l'attraversamento che determina l'interferenza 1. Ponendo il cavidotto interrato solidale con la rete stradale, l'interferenza risulta gestita senza la necessità di apportare nuove opere fuori terra e senza alterare il comportamento naturale del corpo idrico.

In modo simile, anche l'interferenza n.2 presenta caratteristiche tali da garantire il superamento dell'intersezione, avvalendosi della rete stradale e del tombino esistente.



Figura 12: Interferenza 2 (immagine estrapolata da Google Earth)

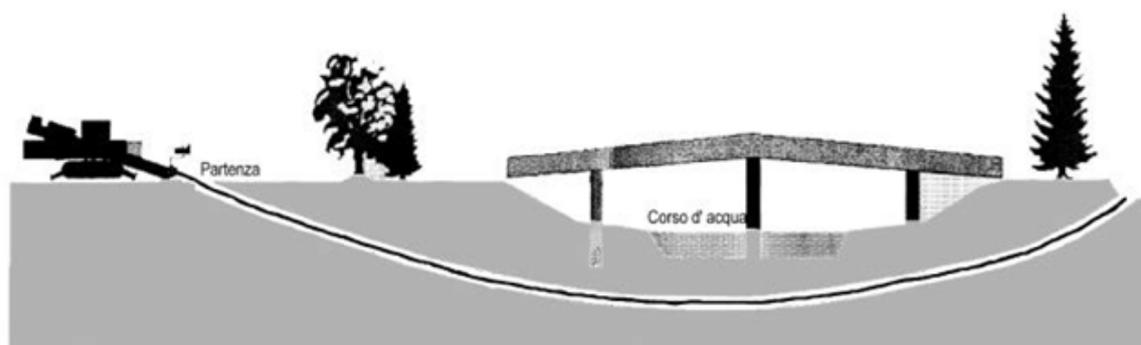
Tale interferenza, oltre all'intersezione del percorso del cavidotto con il corpo idrico, è caratterizzata anche da un parallelismo, che si verifica a valle dell'intersezione, tra il percorso del cavidotto e l'alveo del corpo idrico superficiale.

Anche in questo caso, la posa del cavidotto, da realizzare in forma interrata e sul ciglio della strada, non determina alterazioni con il naturale comportamento del corpo idrico e non necessita di opere fuori terra. Come anticipato, tuttavia, si ritiene a necessario prevedere la posa del cavidotto in un bauletto di c.a. per una lunghezza pari alla porzione di cavidotto interferente con la fascia di rispetto del corpo idrico.

3.2.2 INTERFERENZA N.3: CAVIDOTTO INTERRATO

L'interferenza, in questo caso, è correlata all'intersezione di due corpi idrici non trascurabili per dimensioni e importanza, il Torrente Carapelle e Fosso Viticone. L'interferenza si verifica immediatamente a monte dell'affluenza del Fosso Viticone nel Torrente Carapelle.

Il percorso, anche in questo caso, è caratterizzato dall'infrastruttura viaria insistente l'area di interesse ma, per quanto esposto in precedenza, si ritiene opportuno superare l'interferenza adottando la **Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)**.



N.B.: I tubi che vengono abitualmente posati, compatibilmente alla tecnologia intrinseca della T.O.C., sono classificati PEAD UNI 7611-76 tipo 312. Questi tubi, in modo particolare per quanto riguarda la resistenza alle sollecitazioni meccaniche, non costituiscono protezione meccanica supplementare ai sensi delle Norme CEI 11-17 e di conseguenza devono essere posati ad una profondità minima di 1,7 m. Il colore deve essere diverso da arancio, giallo, rosso, nero e nero a bande blu.

Tale scelta tecnica, consentirà di superare le interferenze relative al reticolo idrografico ed alla conseguente fascia di pertinenza che caratterizzano tali interferenze. La soluzione consente di non determinare alcuna interferenza con il corpo idrico. Per la sezione di attraversamento in esame si è fissata una profondità di posa in opera del cavidotto interrato pari a 2,00 m (maggiore rispetto alla profondità minima comunemente utilizzata pari a 1,70 m) misurata rispetto alla quota del fondo dell'alveo del corso d'acqua con profondità maggiore; tale quota di posa in opera risulta ampiamente cautelativa per il tipo di corso d'acqua intercettato. I punti di ingresso e di uscita della TOC, sono stati individuati all'esterno delle fasce di rispetto dei due corpi idrici interessati, ad una distanza di 5 metri a monte della fascia di rispetto del Fosso Viticone 5 metri a valle della fascia di rispetto del Torrente Carapelle.

L'immagine seguente consente di meglio individuare l'intervento.

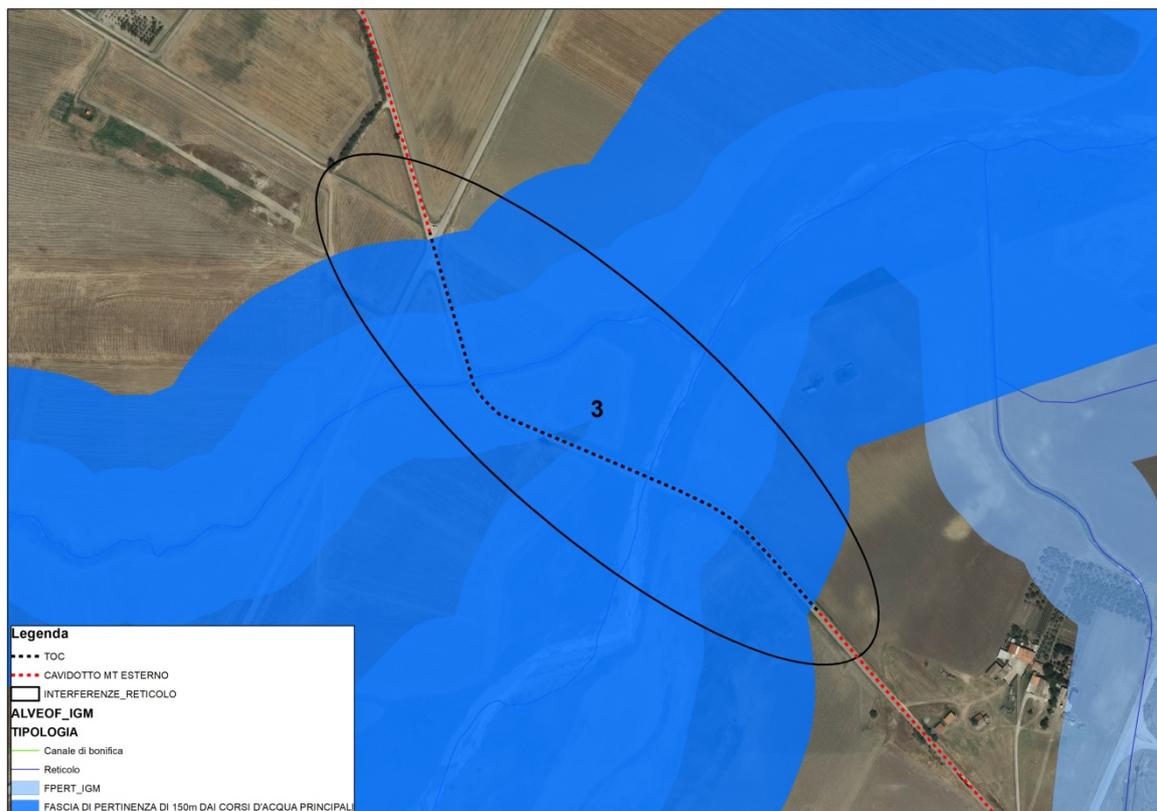


Figura 13: Attraversamento del cavidotto in TOC

3.2.3 INTERFERENZE N.4: RETICOLO IDROGRAFICO: CAVIDOTTO INTERRATO

Come descritto in precedenza, l'interferenza è relativa esclusivamente alla fascia di rispetto del corpo idrico nei pressi della rete stradale.

Tale interferenza può essere considerata più di "forma" che di "sostanza", così come evidenziato dallo studio orografico del punto di interesse.

Studio di compatibilità idrologica-idraulica
Impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica sito nel Comune di Candela (FG) per una potenza complessiva di 23,482 MWp

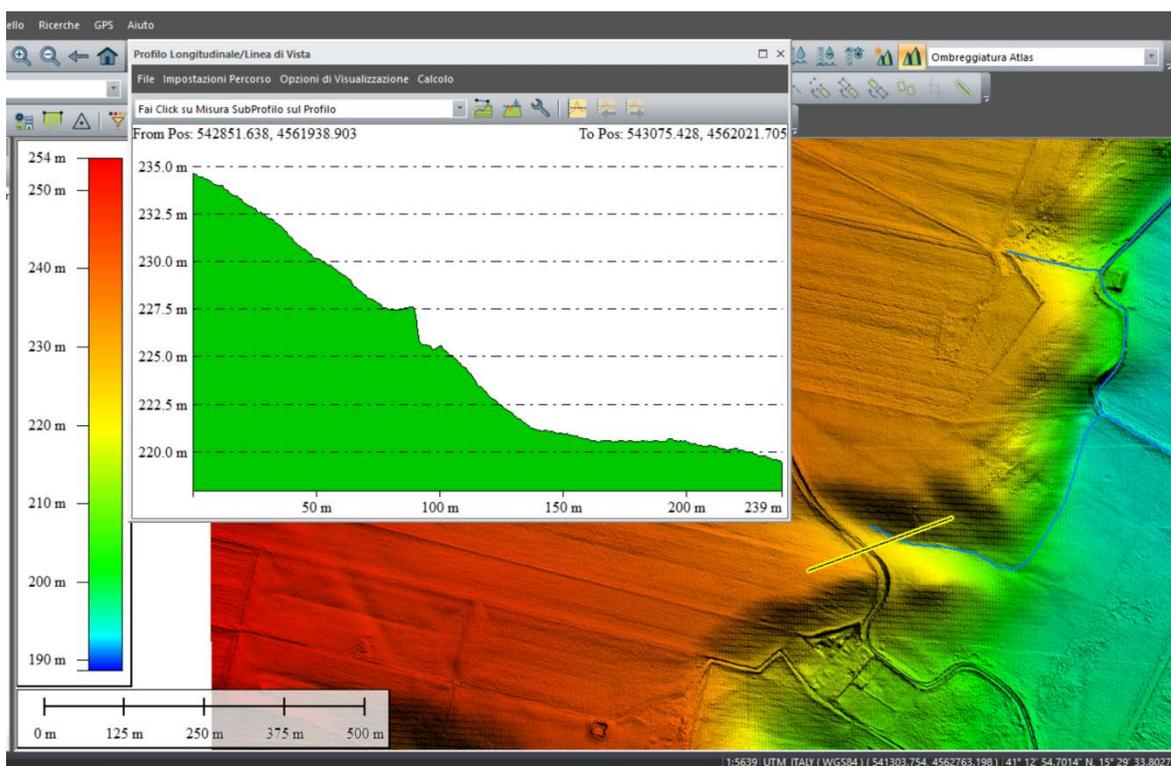


Figura 14: Profilo altimetrico in corrispondenza dell'interferenza n. 4

Come desumibile dall'andamento dell'altimetria dell'area, in riferimento ad una sezione generica intersecante sia il tratto stradale (e quindi il cavidotto) sia il corpo idrico, si evidenzia come il corpo idrico sia sottoposto al piano stradale, condizione che determina l'estraneità del cavidotto di progetto con eventuali fenomeni di allagamento.

Tale condizione assicura la risoluzione dell'interferenza n.4.

4 Considerazioni finali

Il presente studio di compatibilità idrologica-idraulica, fa riferimento al PROGETTO definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare della potenza nominale complessiva pari a 23,482 MWp (17,154 MW in immissione), risultante dalla somma delle potenze elettriche di n. 2 sottocampi, che la società **BLUSOLAR CASTELFRENTANO S.R.L.** intende installare in un'area industriale posta a nord del centro abitato di Candela (FG).

L'impianto prevede l'allacciamento alla rete elettrica nazionale tramite una stazione elettrica utente MT/AT, collegata alla stazione di rete Terna, situata nel territorio comunale di Candela (FG).

La soluzione di connessione alla RTN per l'impianto fotovoltaico di progetto prevede che l'impianto venga collegato in antenna alla Sezione a 150 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "Deliceto".

Sono state analizzate le singole interferenze e, per ciascuna di essa, individuate le modalità operative per la gestione delle stesse.

Con le scelte progettuali esposte e le considerazioni riportate, si ritiene l'opera in sicurezza idraulica.

Foggia, 28 maggio 2021

Il tecnico

Ing. Antonella Laura Giordano

