



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di FOGGIA

<p>Proponente</p>	<p>WIND ENERGY LA ROCCA S.R.L.</p> <p>Sede Operativa Via Caravaggio, 125 - 65125 Pescara (PE) P.IVA 02276610686</p>				
<p>Progettazione e Coordinamento</p>	 <p>VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING Via delli Carri, 48 - 71121 Foggia - Tel. 0881.756251 - Fax 1784412324 mail: info@studiovega.org - website: www.studiovega.org</p>				
<p>Paesaggio e beni culturali</p>	<p>Arch. Antonio Demaio Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: info@studiovega.org</p>		<p>Progettazione elettrica</p>	<p>Dott. Ing. Francesco Gramazio Tel. 338.9722166 E-Mail: francesco.gramazio@carlomaresca.it</p>	
<p>Studio Geologico</p>	<p>Studio di Geologia Tecnica & Ambientale Dott.sa Geol. Giovanna Amedei Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (Fg) Tel./Fax 0884.965793 Cell. 347.6262259 E-Mail: giovannaamedei@tiscali.it</p>		<p>Studio Acustico</p>	<p>Arch. Marianna Denora Via Savona, 3 - 70022 Altamura (BA) Tel. Fax 080 3147468 E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it</p>	
<p>Studio Idraulico e elettrico</p>	<p>Ing. Antonella Laura Giordano & Ing. Michea Napoli Viale degli Aviatori, 73/F14 - 71122 - Foggia e-mail: micheanapoli@gmail.com</p>		<p>Studio Naturalistico</p>	<p>Dott. Forestale Luigi Lupo Corso Roma, 110 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it</p>	
<p>Studio Archeologico</p>			<p>Elaborazione e rilievi di campo</p>	<p>Geom. Nicola Laonigro E-Mail: nicola.laonigro@gmail.com</p>	
<p>Opera</p>	<p>Progetto di un impianto eolico composto da n. 10 Aerogeneratori nel Comune di Foggia (FG) alla località "La Stella - Duanera"</p>				
<p>Oggetto</p>	<p>Folder: PROGETTO - Parte C</p> <p>Nome Elaborato: U5U1VR6_ARCH_DOC.C09_Relazione Idraulica</p> <p>Descrizione Elaborato: Specialistica - Relazione Idraulica</p>				
<p>00</p>	<p>Gennaio 2020</p>	<p>Progetto definitivo</p>	<p>Giordano</p>	<p>Arch. A. Demaio</p>	<p>Wind Energy La Rocca</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala: varie</p>	<p>Codice Pratica U5U1VR6</p>				
<p>Formato:</p>	<p>Codice Pratica U5U1VR6</p>				

1	PREMESSA	2
2	STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO	3
2.1	Calcolo idrologico.....	3
2.2	Individuazione della sottozona omogenea di riferimento.....	4
2.2.1	Calcolo delle portate attese.....	7
2.3	Verifica idraulica.....	8
3	Applicazione del metodo	9
3.1.1	INTERFERENZA N.1 PAI	11
3.1.2	INTERFERENZA N.2 PAI – INTERFERENZA N.1 RETICOLO IDROGRAFICO	12
3.1.3	INTERFERENZA N.2 E N.3 RETICOLO IDROGRAFICO.....	14
3.1.4	INTERFERENZA N.3 PAI – INTERFERENZA N.4 RETICOLO IDROGRAFICO	15
3.1.5	INTERFERENZA N. 4, 5, 6 PAI – INTERFERENZA N.5 RETICOLO IDROGRAFICO	17
4	Considerazioni finali	20

1 PREMESSA

La presente relazione fa riferimento alla proposta di un impianto eolico della ditta WIND ENERGY LA ROCCA SRL (nel seguito anche SOCIETA') nel comune di Foggia in località "La Stella-Duanera" costituito da n. 10 aerogeneratori da 4.3 MW della potenza complessiva pari a 43 MW, avente diametro massimo di rotore pari a 145 m e altezza al mozzo massima pari a 107,5 m, comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed al funzionamento dell'impianto.

L'area interessata dalla realizzazione dell'aerogeneratore si colloca in località "La Stella-Duanera", nel Comune di Foggia, in provincia di Foggia.

L'impianto eolico è previsto nella valle del Torrente Vulgano, in un'area pianeggiante posta ad una altitudine di 50 m.s.l.m. circa e si trova a nord rispetto al centro abitato.



Figura 1: LAYOUT PROGETTUALE

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	$x(t, z) = 28.8 \cdot t^{[(0.720+0.00503 \cdot z)/3.178]}$
Zona 2	$x(t) = 22.23 \cdot t^{0.247}$
Zona 3	$x(t, z) = 25.325 \cdot t^{[(0.0696+0.00531 \cdot z)/3.178]}$
Zona 4	$x(t) = 24.70 \cdot t^{0.256}$
Zona 5	$x(t, z) = 28.2 \cdot t^{[(0.0628+0.0002 \cdot z)/3.178]}$
Zona 6	$x(t, z) = 33.7 \cdot t^{[(0.488+0.002 \cdot z)/3.178]}$

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 2", come riscontrabile dall'immagine seguente.



Figura 3: Individuazione Zona omogenea

Le equazioni che si applicano sono dunque:

- **CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA**

Zona 2

$$x(t) = 22.23 \cdot t^{0.247}$$

- **FATTORE DI CRESCITA**

Zona 2

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

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	22,23	13	41,89
2	26,38	14	42,66
3	29,16	15	43,39
4	31,31	16	44,09
5	33,08	17	44,76
6	34,61	18	45,39
7	35,95	19	46,00
8	37,15	20	46,59
9	38,25	21	47,15
10	39,26	22	47,70
11	40,19	23	48,23
12	41,07	24	48,74

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
ore	mm	mm	mm	mm
1	22,23	43,93	61,43	69,89
2	26,38	52,14	72,91	82,94
3	29,16	57,63	80,59	91,68
4	31,31	61,87	86,52	98,43
5	33,08	65,38	91,42	104,00
6	34,61	68,39	95,64	108,79
7	35,95	71,04	99,35	113,02
8	37,15	73,43	102,68	116,81
9	38,25	75,59	105,71	120,25
10	39,26	77,59	108,50	123,42
11	40,19	79,44	111,08	126,37
12	41,07	81,16	113,49	129,11
13	41,89	82,78	115,76	131,69
14	42,66	84,31	117,90	134,12
15	43,39	85,76	119,92	136,43
16	44,09	87,14	121,85	138,62
17	44,76	88,45	123,69	140,71
18	45,39	89,71	125,45	142,71
19	46,00	90,92	127,14	144,63
20	46,59	92,08	128,76	146,47
21	47,15	93,19	130,32	148,25
22	47,70	94,27	131,82	149,96
23	48,23	95,31	133,28	151,62
24	48,74	96,32	134,69	153,22

Si ottengono le seguenti curve di possibilità pluviometrica:

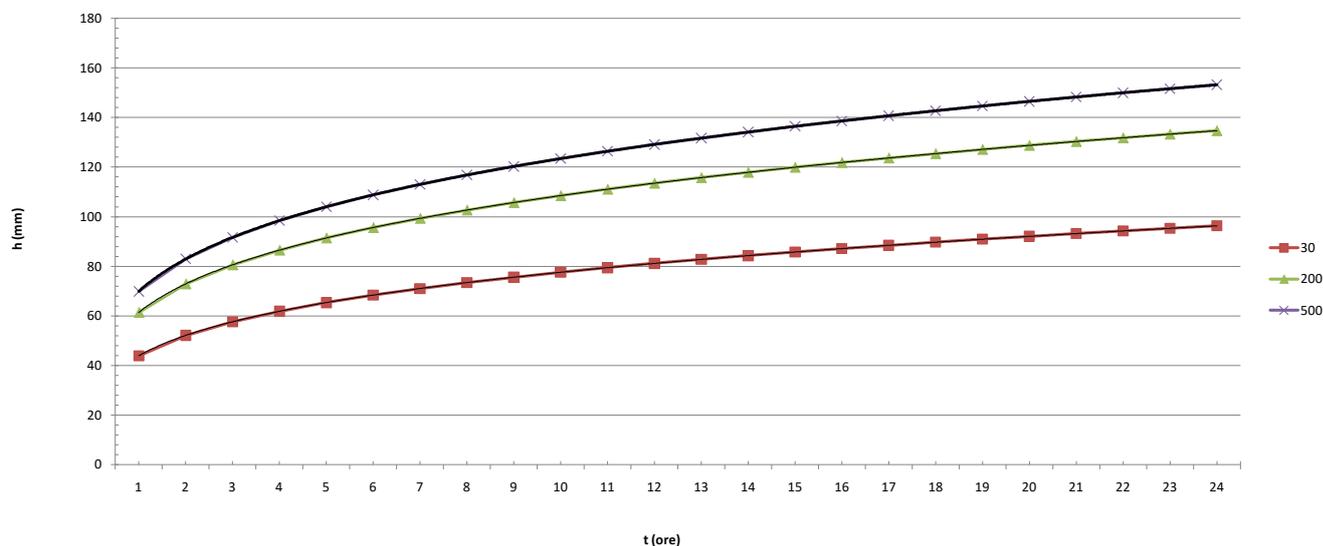


Figura 4: Curve di possibilità pluviometrica

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 0.143.

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

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

- $x(t_r) = 22.23 \cdot t_r^{0.247}$

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.

Nota 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 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 è 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.

È stata condotta una singola simulazione ($T=200$), considerando la portata per un tempo di ritorno pari a 200 anni.

3 Applicazione del metodo

Le considerazioni riportate sono alla base dello studio idrologico idraulico relativo alla proposta progettuale, in dettaglio, le finalità dello studio si riconducono nella valutazione del comportamento idraulico dei corpi idrici superficiali rispetto all'area oggetto di intervento.

Nel dettaglio, è possibile individuare le seguenti interferenze, relative al reticolo idrografico e al PAI.

INTERFERENZE CON IL PAI:

- CAVIDOTTO ESTERNO DI COLLEGAMENTO CON LA SSE: il cavidotto interrato interseca con le aree classificate nel PAI come aree a Bassa, Media e Alta pericolosità. (Interferenza denominato come interferenza n.1 e interferenza n.2).
- CAVIDOTTO INTERNO: il percorso del cavidotto interseca con aree classificate nel PAI come ad Alta pericolosità (Interferenza n.3, n.4, n.5, n.6).

INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO:

- CAVIDOTTO ESTERNO DI COLLEGAMENTO CON LA SSE: il cavidotto interrato interseca alcuni rami del reticolo idrografico (Interferenza n.1 Canale Stella, Intersezioni n.2 e n.3 con canali di deflusso, Interferenza n.4 con Torrente Vulgano, Interferenza n.5 con canale di deflusso).

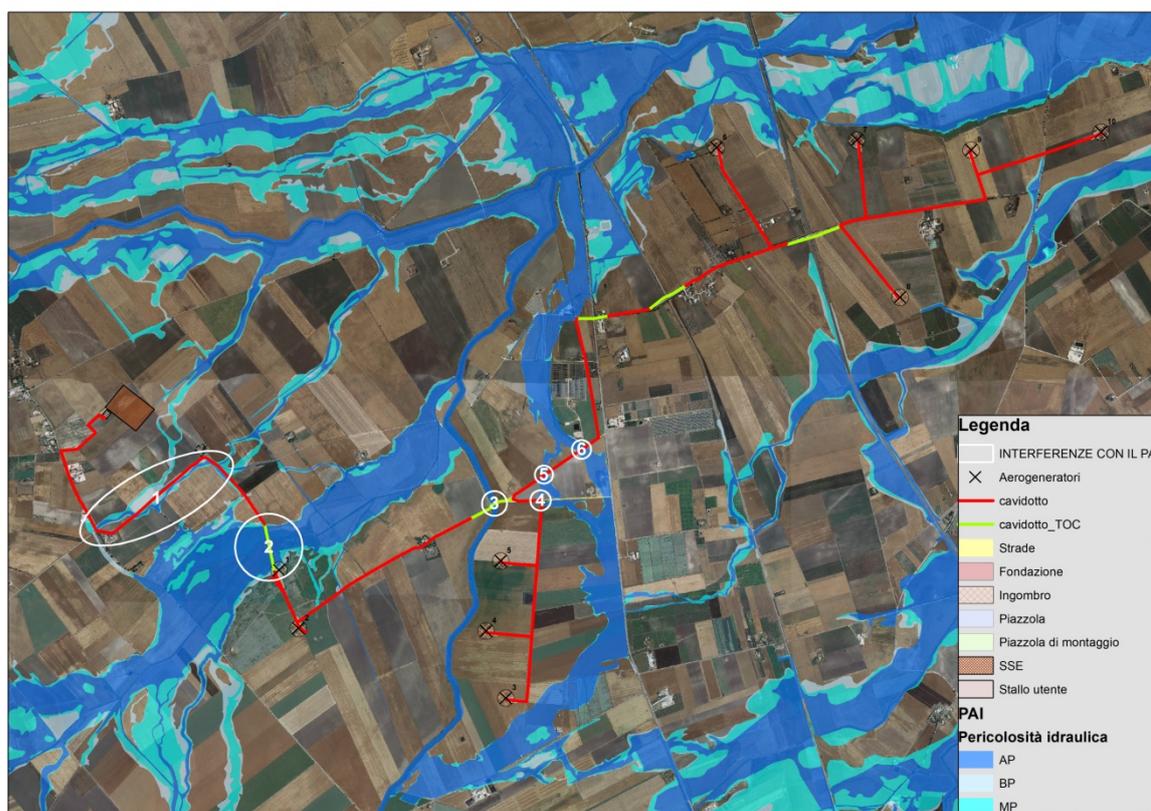


Figura 5: Interferenze con PAI

Studio di compatibilità idrologica-idraulica Progetto per di un parco eolico con potenza nominale di 43 MW da realizzarsi nel Comune di Foggia in località "La Stella-Duanera"

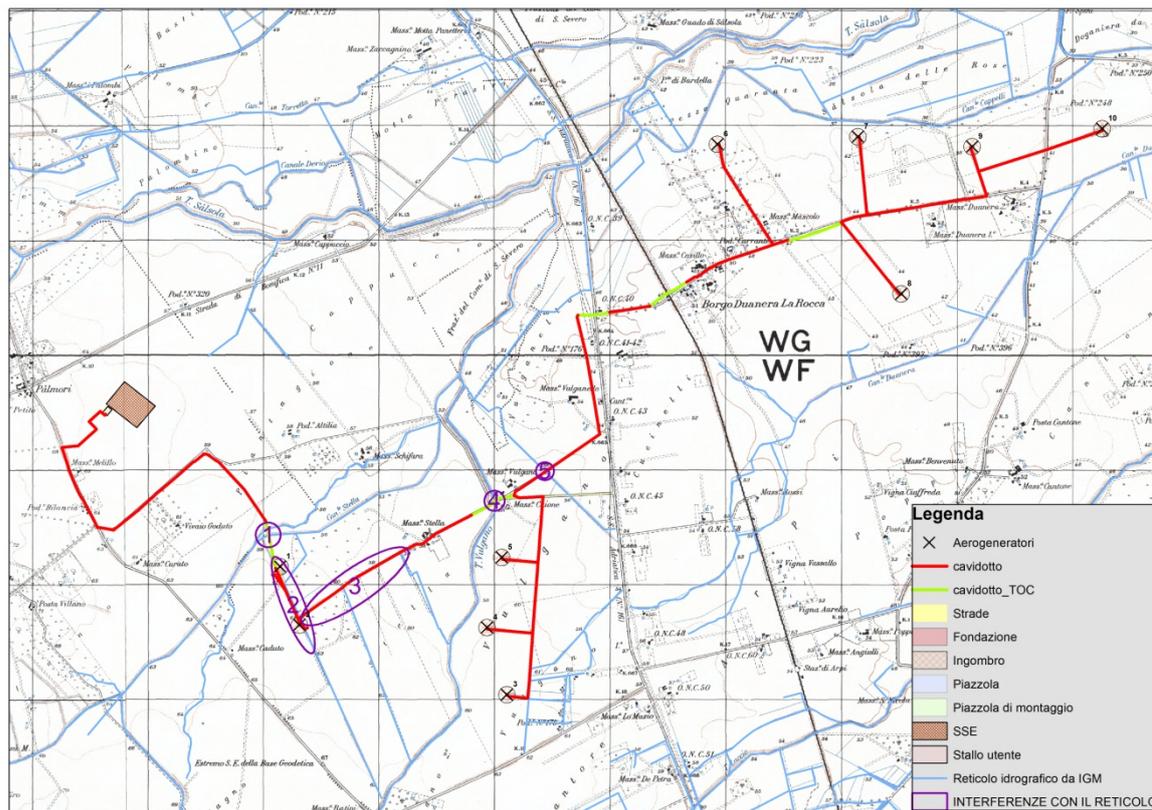


Figura 6: INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO

Analisi delle interferenze

3.1.1 INTERFERENZA N.1 PAI

Il percorso del cavidotto interseca con aree classificate a Bassa e Media pericolosità secondo il PAI. Tuttavia, le scelte progettuali sono tali da prevedere la posa del cavidotto sul ciglio delle infrastrutture viarie esistenti.

Nel dettaglio la posa in opera dei cavidotti interrati comporterà un impatto minimo per via della scelta del tracciato (in fregio alla viabilità), per il tipo di mezzo impiegato (escavatore a benna stretta) e per la minima quantità di terreno da portare a discarica, potendo essere in gran parte riutilizzato per il rinterro dello scavo a posa dei cavi avvenuta.

La costruzione del cavidotto avverrà senza comportare arature profonde e/o movimenti di terra che possano alterare in modo sostanziale e/o stabilmente il profilo del terreno, modificando l'aspetto esteriore o lo stato fisico dei luoghi rispetto alla situazione ante operam. Per quanto attiene la posa di cavi MT interrati a margine di strade esistenti si precisa che, al termine dell'esecuzione dei lavori si provvederà al ripristino dell'attuale situazione delle carreggiate stradali; perciò gli interventi previsti avverranno senza comportare interventi di rilevante trasformazione, né arature profonde e/o movimenti di terra che possano alterare in modo sostanziale e/o stabilmente il profilo del terreno. Tale modalità di posa non determinerà dunque alcuna modifica anche all'assetto idrogeologico e idraulico dell'area interessata dall'intervento.



Figura 7: INTERFERENZA N.1 PAI

L'eliminazione dell'interferenza sarà quindi garantita da una leggera traslazione della piazzola definitiva prevista, la scelta progettuale sarà tale da non determinare alcuna modifica né all'ubicazione dell'aerogeneratore né, tantomeno, al percorso del cavidotto interrato.

3.1.2 INTERFERENZA N.2 PAI – INTERFERENZA N.1 RETICOLO IDROGRAFICO

L'interferenza n.2 con il PAI coincide con l'interferenza n.1 del reticolo idrografico.

Il percorso del cavidotto esterno interseca area a Media e Alta pericolosità per il Pai, oltre ad interferire con il Canale Stella e con il Canale immediatamente a monte dello stesso, individuati nella carta idrogeomorfologica 1:25.000.

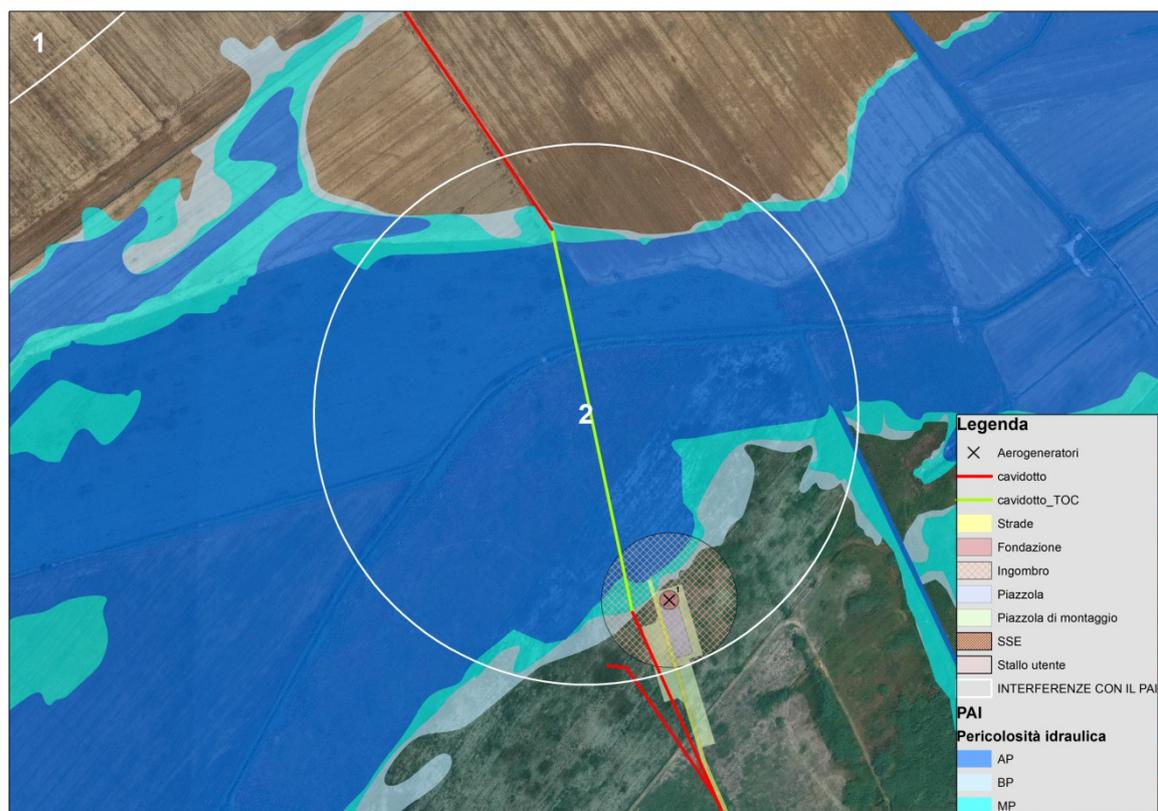


Figura 8: INTERFERENZA N.2 PAI

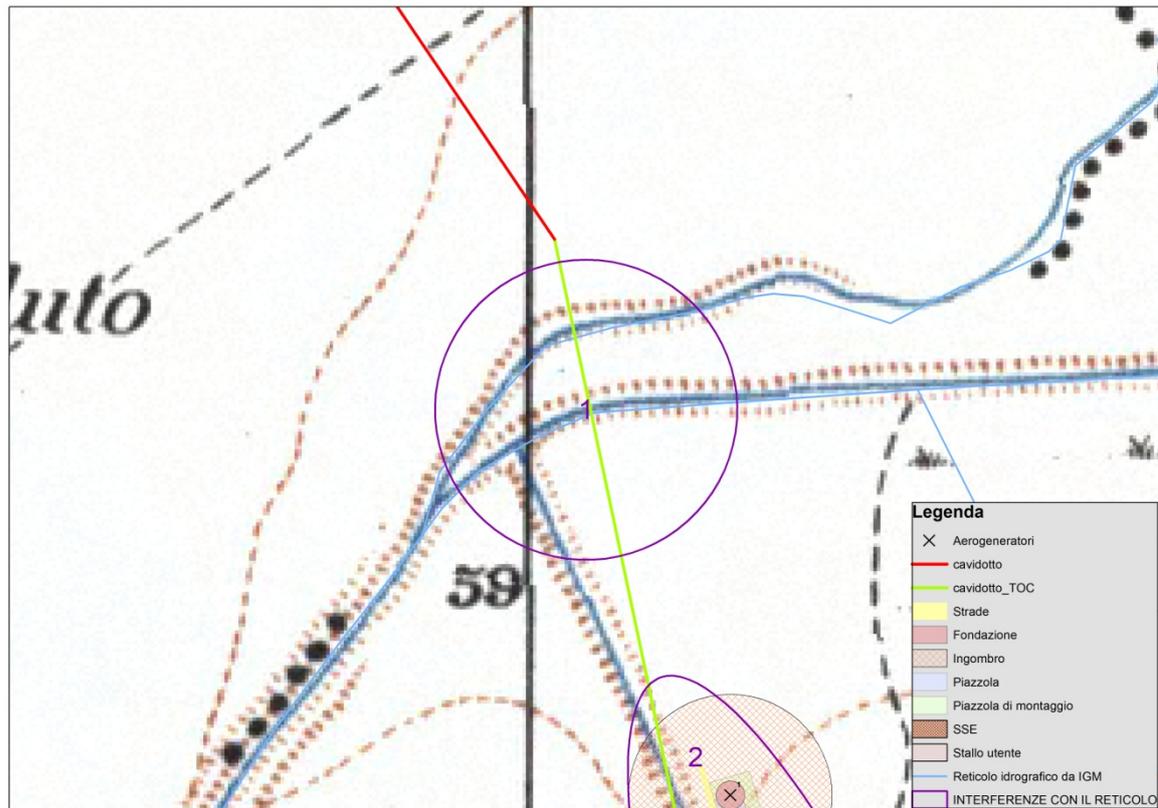


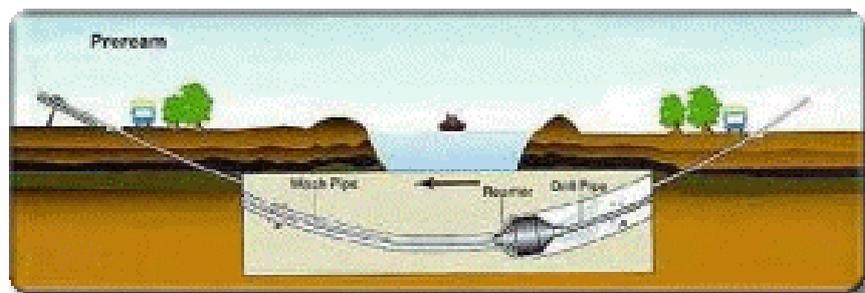
Figura 9: INTERFERENZA N.1 RETICOLO IDROGRAFICO

Come riportato negli elaborati costituenti il progetto, tali interferenze verranno gestite sfruttando tecnologie innovative di posa in opera del cavidotto interrato in sub-alveo, consistenti nella Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).

La soluzione consente di non determinare alcuna interferenza con il corpo idrico.

In merito ai punti di ingresso e di uscita della trivellazione, gli stessi saranno ubicati all'esterno delle aree classificate a pericolosità idraulica, garantendo la sicurezza dell'attraversamento.

Per la sezione di attraversamento in esame si è fissata una profondità di posa in opera del cavidotto interrato pari a 2,00 m, misurata rispetto alla quota del fondo dell'alveo del corso d'acqua; tale profondità di posa in opera risulta ampiamente cautelativa per il tipo di corso d'acqua intercettato.



3.1.3 INTERFERENZA N.2 E N.3 RETICOLO IDROGRAFICO

Le interferenze si riferiscono all'intersezione del cavidotto interno con alcuni canali di deflusso presenti nell'area.

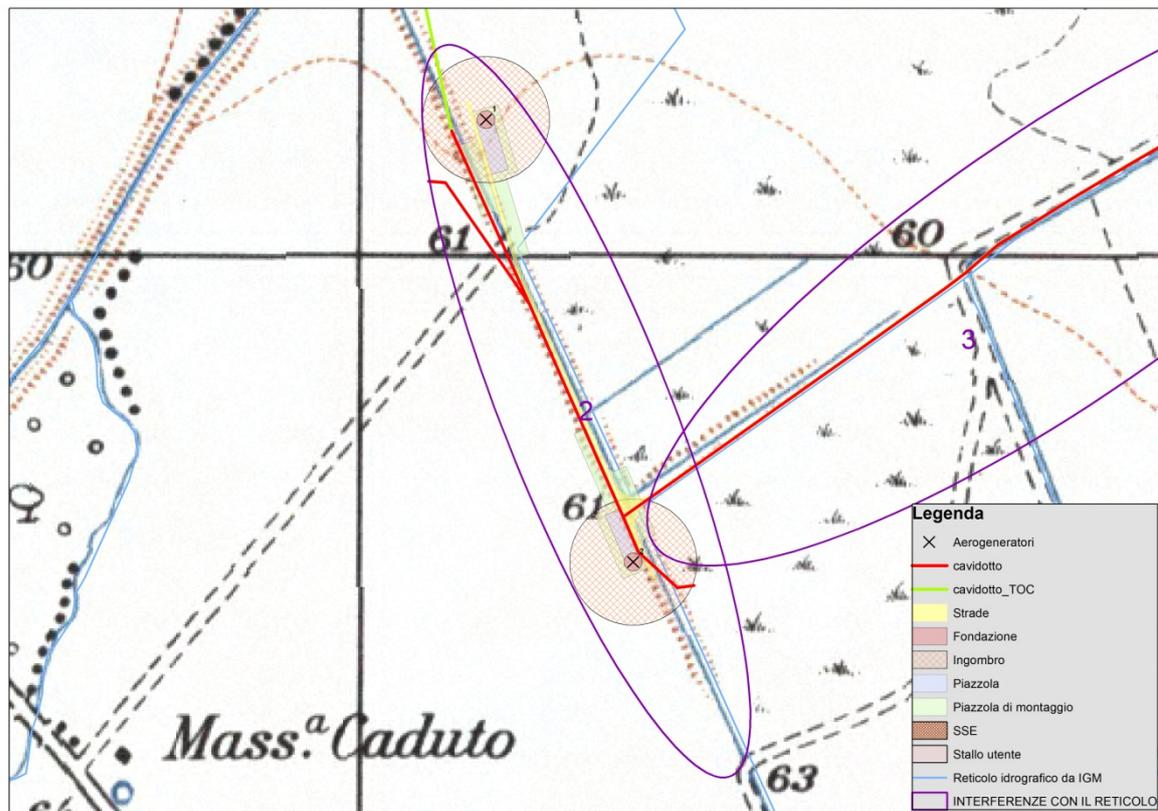


Figura 10: Interferenza n.2 con reticolo idrografico

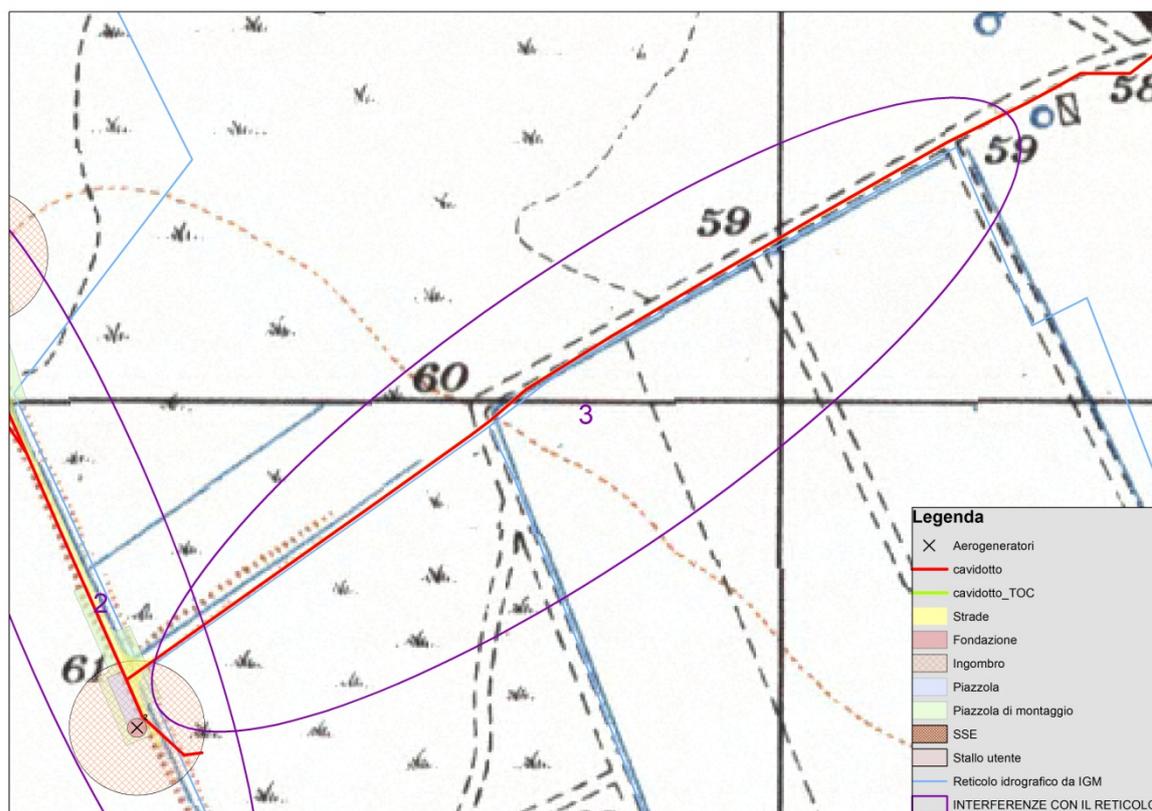


Figura 11: Interferenza n.3 con reticolo idrografico

Tali canali non vengono trattati alla stregua degli altri corpi idrici, perché hanno l'unico fine di far defluire le acque provenienti dai rami del reticolo idrografico, difatti sono privi di un bacino idrografico afferente. Per tali considerazioni, le uniche interferenze si riferiscono all'attraversamento del cavidotto che, anche in questo caso, verrà effettuato sfruttando il ciglio dell'attuale infrastruttura viaria, in modo del tutto simile a quanto enunciato nel paragrafo 3.1.1.

3.1.4 INTERFERENZA N.3 PAI – INTERFERENZA N.4 RETICOLO IDROGRAFICO

L'interferenza fa riferimento alle intersezioni con il percorso del cavidotto con aree individuate a pericolosità idraulica del PAI e con il Torrente Vulgano.

Studio di compatibilità idrologica-idraulica Progetto per di un parco eolico con potenza nominale di 43 MW da realizzarsi nel Comune di Foggia in località "La Stella-Duanera"



Figura 12: INTERFERENZA N.3 PAI

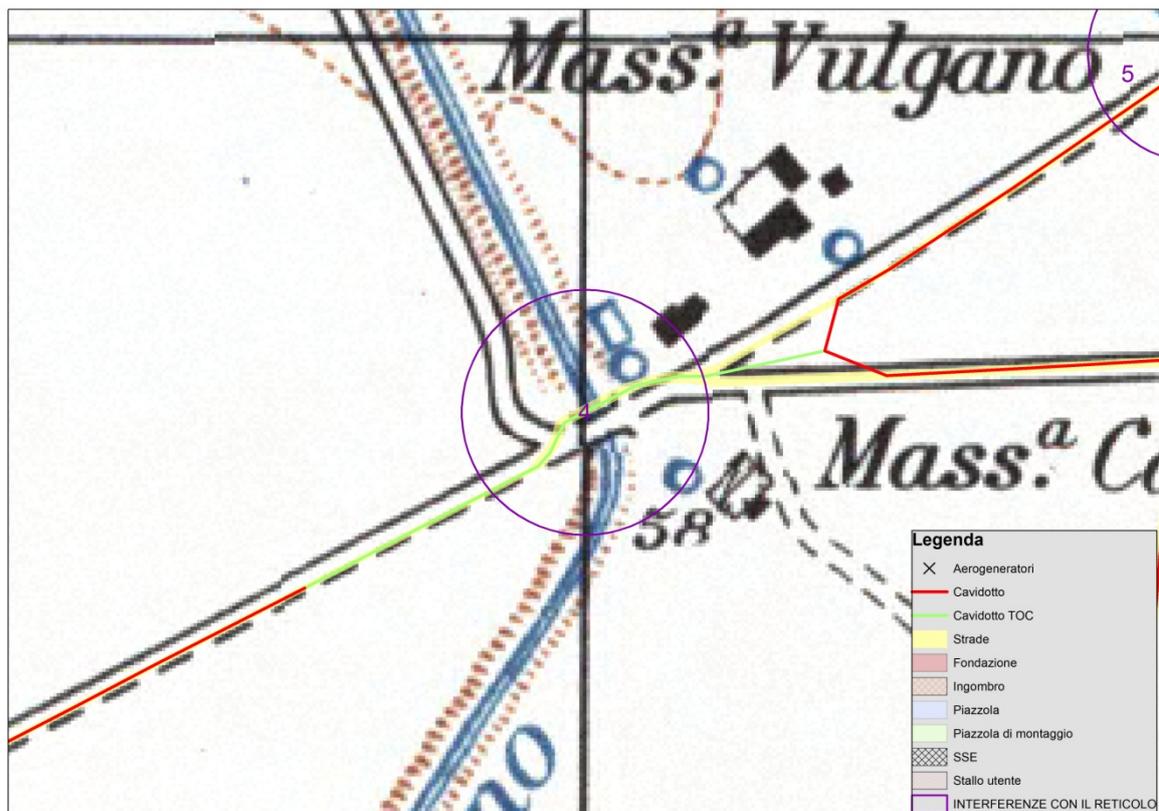


Figura 13: INTERFERENZA N.4 RETICOLO IDROGRAFICO

Per la gestione di tali interferenze, il proponente ha previsto, anche in questo caso, l'utilizzo della trivellazione orizzontale controllata per l'attraversamento del corpo idrico.

A differenza di quanto riportato nel paragrafo 3.1.2, considerando le caratteristiche del corpo idrico di riferimento, per la sezione di attraversamento in esame si è fissata una profondità di posa in opera del cavidotto interrato pari a 4,00 m, misurata rispetto alla quota del fondo dell'alveo del corso d'acqua.

Si ritiene tale profondità di posa in opera ampiamente cautelativa per il tipo di corso d'acqua intercettato.

Anche in questo caso, i punti di ingresso e di uscita della TOC saranno ubicati all'esterno delle aree classificate dal PAI come a pericolosità idraulica.

3.1.5 INTERFERENZA N. 4, 5, 6 PAI – INTERFERENZA N.5 RETICOLO IDROGRAFICO

La gestione di tali interferenza avrà luogo sfruttando le strade esistenti.

Come indicato in precedenza, anche in questa parte dell'area dell'impianto, la posa del cavidotto interrato avrà luogo sfruttando il ciglio della rete stradale in essere, senza determinare alcuna modifica alle attuali caratteristiche idrogeologiche dell'area oggetto di studio.

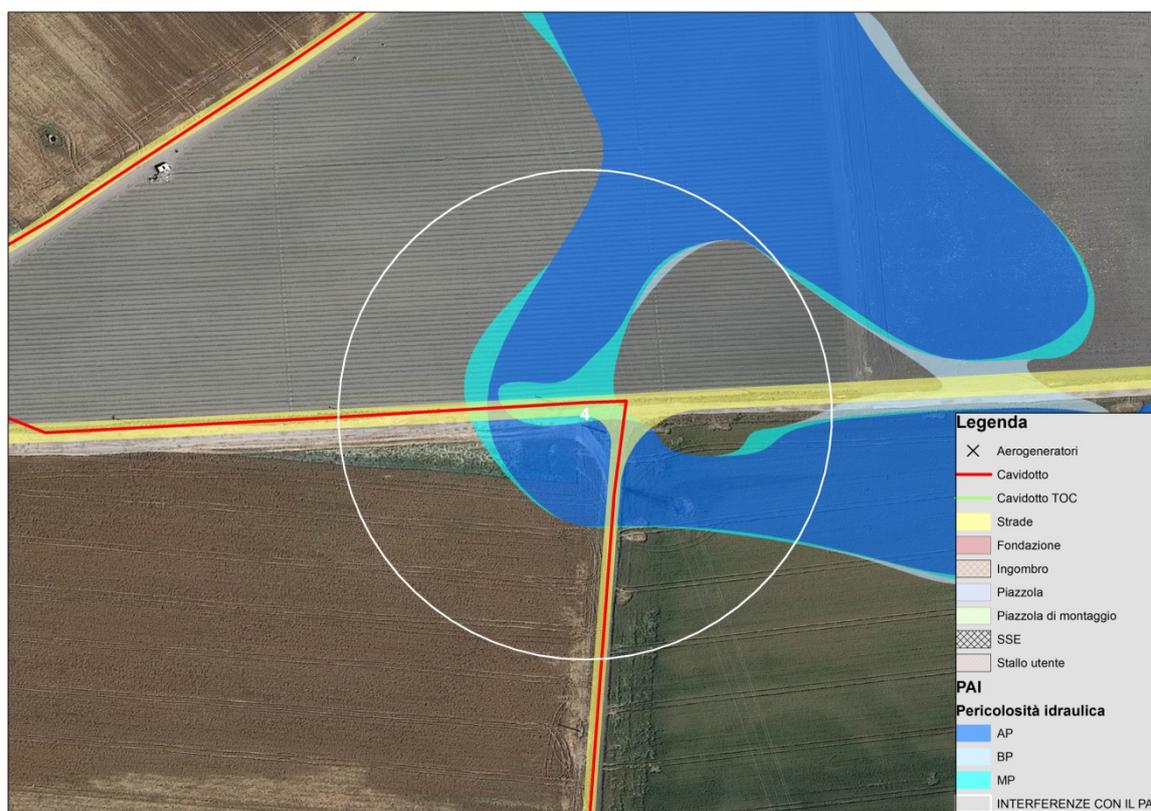


Figura 14: INTERFERENZA N.4 PAI

Studio di compatibilità idrologica-idraulica Progetto per di un parco eolico con potenza nominale di 43 MW da realizzarsi nel Comune di Foggia in località "La Stella-Duanera"



Figura 15: INTERFERENZA N.5 PAI

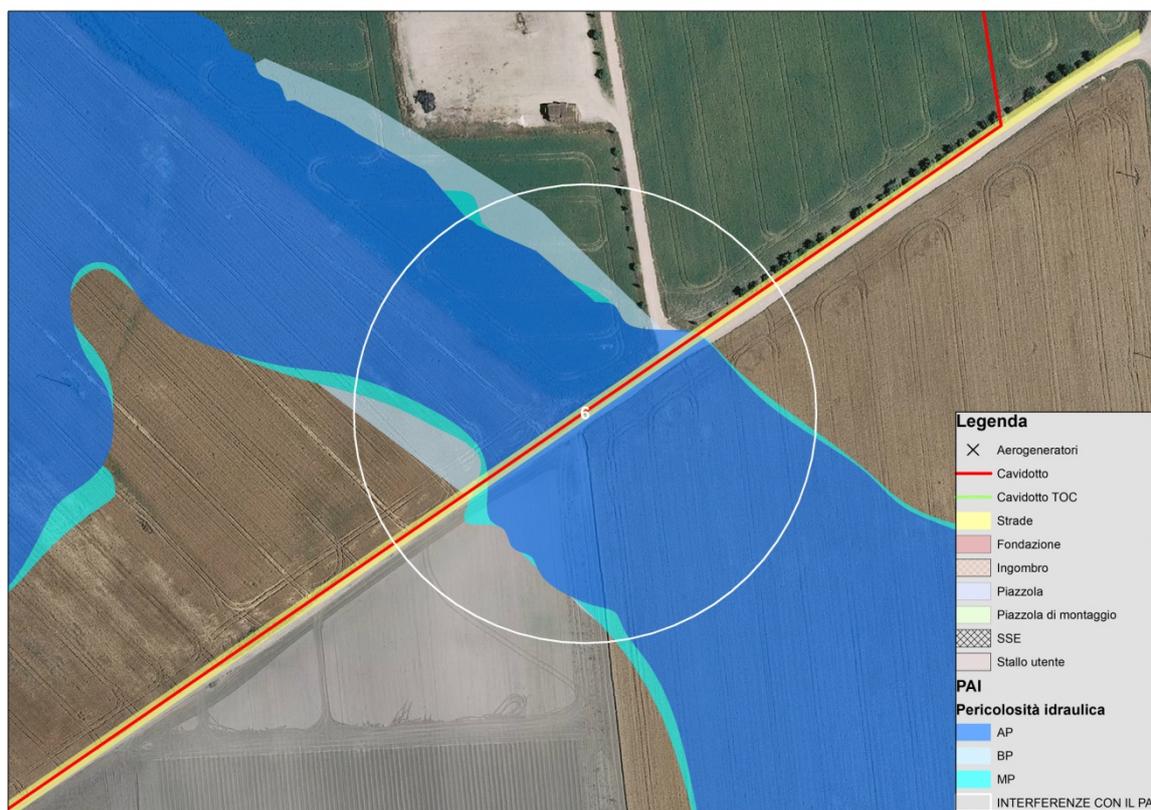


Figura 16: INTERFERENZA N.6 PAI

Studio di compatibilità idrologica-idraulica Progetto per di un parco eolico con potenza nominale di 43 MW da realizzarsi nel Comune di Foggia in località "La Stella-Duanera"

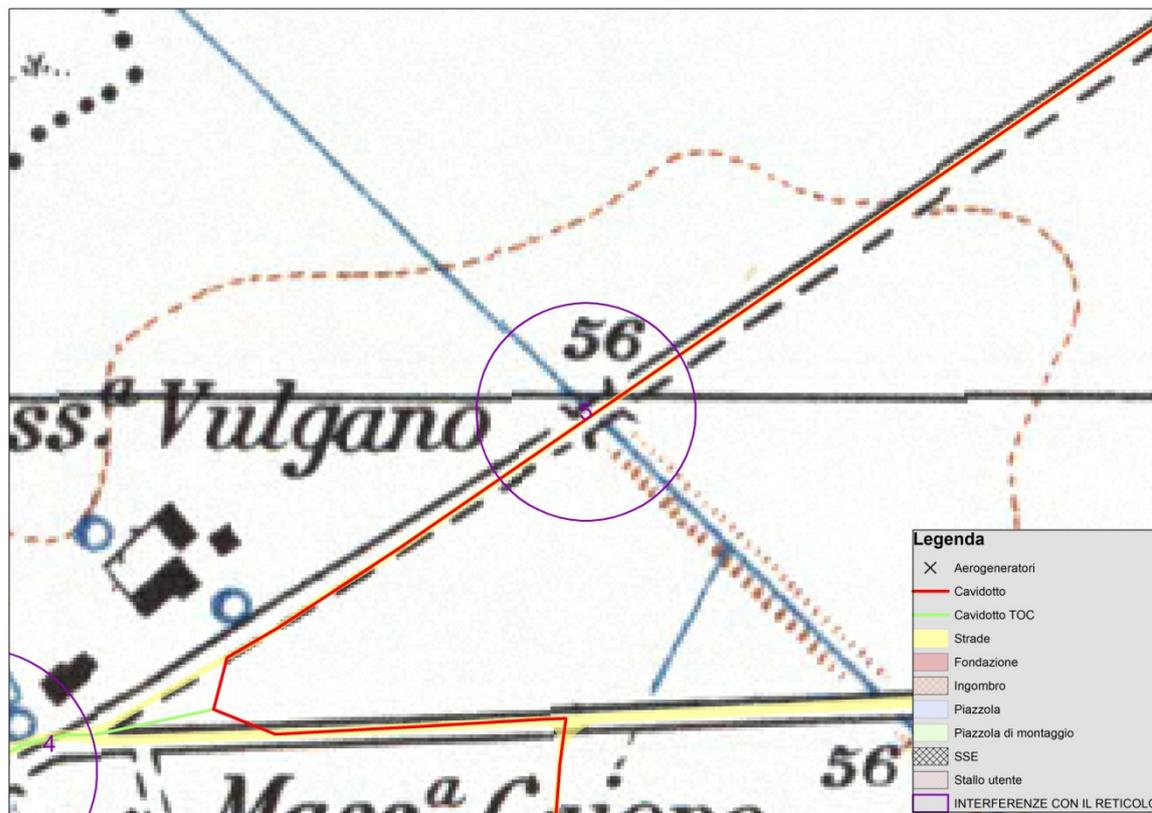


Figura 17: INTERFERENZA N.5 RETICOLO IDROGRAFICO

4 Considerazioni finali

Lo studio si rende necessario per verificare gli effetti sul regime idraulico indotti dalla proposta progettuale suddetta che si riconduce nella realizzazione di una wind farm costituita da n. 10 aerogeneratori da 4.3 MW della potenza complessiva pari a 43 MW, e delle relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed al funzionamento dell'impianto.

Lo studio ha provveduto all'individuazione delle interferenze con le aree definite a pericolosità idraulica dal PAI e alle interferenze connesse al reticolo idrografico.

Da tale studio è emerso come le interferenze sono correlate al percorso del cavidotto interrato interno ed esterno alla wind farm.

Le scelte progettuali adottate sono però tali da gestire tali interferenze in modo ottimale sia sfruttando l'esistente rete viaria per la posa del cavidotto sia attraverso l'adozione di soluzioni come la Trivellazione Orizzontale Controllata. In entrambi i casi, senza determinare modifiche allo stato dei luoghi e senza alterare le caratteristiche idrogeologiche attualmente presenti e all'esterno dalle aree classificate a pericolosità idraulica nel PAI.

Per tali considerazioni, si ritiene l'intervento compatibile da un punto di vista idraulico idrologico.

Foggia, 16 marzo 2020



Il tecnico

Ing. Antonella Laura Giordano
