

Comune:  
**Bovino -Deliceto - Castelluccio dei Sauri**  
Località "Monte Livagni"

# PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE - 10 AEROGENERATORI -

Sezione 0:

## RELAZIONI GENERALI

Titolo elaborato:

**STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA - RELAZIONE IDRAULICA**

N. Elaborato: **0.6**

Scala: -

Committente

**WINDERG S.r.l.**

Via Trento, 64  
Vimercate (MB)  
P.IVA 04702520968

Amministratore Unico  
**Michele GIAMBELLI**

Progettazione



**sede legale e operativa**

San Giorgio Del Sannio (BN) via de Gasperi 61

**sede operativa**

Lucera (FG) S.S.17 loc. Vaccarella snc c/o Villaggio Don Bosco  
P.IVA 01465940623

**Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873**



Progettista

**Dott. Ing. Nicola FORTE**



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	OTTOBRE 2018	LR sigla	NF sigla	NF sigla	Emissione Progetto Definitivo

Nome File sorgente	GE.BOV01.PD.0.6.dwg	Nome file stampa	GE.BOV01.PD.0.6.pdf	Formato di stampa	A4
--------------------	---------------------	------------------	---------------------	-------------------	----

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO</b>	<b>10</b>
2.1.1	CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI AEROGENERATORI	11
2.1.2	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE STRADE DI CANTIERE E DA REALIZZARE	12
2.1.3	CARATTERISTICHE TECNICHE PIAZZOLE	14
2.1.4	CARATTERISTICHE TECNICHE FONDAZIONI	15
2.1.5	CARATTERISTICHE TECNICHE CABINA DI RACCOLTA	15
2.1.6	CARATTERISTICHE TECNICHE CAVIDOTTO MT	15
2.1.1	SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE	16
2.1.2	CARATTERISTICHE TECNICHE CAVIDOTTO AT	18
<b>3</b>	<b>AREA D'INTERVERTO E PERIMETRAZIONI DEL PAI DELL'ADB DELLA PUGLIA</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>SINTESI DELLE NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DELLE PAI DELL'ADB PUGLIA</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>INTERFERENZE DELLE OPERE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO INDIVIDUATO DALLA CARTA IGM 1:25000 E CARTA IDROGEMORFOLOGICA</b>	<b>20</b>
3.2.1	AEROGENERATORI	20
3.2.2	VIABILITÀ A SERVIZIO DEL PARCO EOLICO	21
3.2.3	LINEA ELETTRICA MT PER IL COLLEGAMENTO DEGLI AEROGENERATORI ALLA CABINA DI RACCOLTA (CAVIDOTTO MT INTERNO – IPOTESI DI PROGETTO)	22
3.2.4	LINEA ELETTRICA MT PER IL COLLEGAMENTO DEGLI AEROGENERATORI ALLA CABINA DI RACCOLTA (CAVIDOTTO MT INTERNO – IPOTESI ALTERNATIVA)	22
3.2.5	LINEA ELETTRICA MT PER IL COLLEGAMENTO DELLA CABINA DI RACCOLTA ALLA SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE (CAVIDOTTO MT ESTERNO - IPOTESI DI PROGETTO)	23
3.2.6	ULTERIORI CONSIDERAZIONI IN MERITO AL RETICOLO IDROGRAFICO PER LE OPERE RELATIVE ALLA PROPOSTA ALTERNATIVA	24
3.2.7	STAZIONE DI TRASFORMAZIONE A 150 kV E CAVIDOTTO AT	25
<b>4</b>	<b>COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>STIMA DELLA PIENA INDICE: MODELLO RAZIONALE</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>VALUTAZIONE DEL FATTORE PROBABILISTICO DI CRESCITA DELLE PORTATE</b>	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE PIENE INDICE E DELLE PORTATE DI PIENA DEI BACINI SOTTESI ALLE SEZIONI DI CALCOLO</b>	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>METODOLOGIA UTILIZZATA PER LE VERIFICHE IDRAULICHE</b>	<b>32</b>
<b>4.5</b>	<b>DESCRIZIONE INTERFERENZE E VERIFICHE IDRAULICHE</b>	<b>33</b>
4.5.1	VERIFICA IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO I1	34
4.5.2	VERIFICA IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO I2	35
4.5.3	VERIFICA IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO I3	36
4.5.4	VERIFICA IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO I4	38

4.5.5	VERIFICA IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO I5-I6	39
4.5.6	DESCRIZIONE MODALITÀ DI ATTRAVERSAMENTO I7	41
4.5.7	DESCRIZIONE MODALITÀ DI ATTRAVERSAMENTO I8	42
4.5.8	VERIFICA IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI I9-I10	43
4.5.9	VERIFICA IDRAULICA PARALLELISMO I11	45
4.5.10	VERIFICA IDRAULICA PARALLELISMO I15	47
<b>4.6</b>	<b>TRATTO DI POSA CAVIDOTTO INTERNO ED ESTERNO IN CORRISPONDENZA DELLE AREE TUTELATE CONNESSE A RETICOLI CARTOGRAFATI SU IGM - SCAVI CON TOC</b>	<b>48</b>
<b>4.7</b>	<b>CALCOLO EROSIONE</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>52</b>
	<b>ALLEGATO 1</b> - Layout di progetto su carta IGM 1:25000	
	<b>ALLEGATO 2</b> - Layout di progetto su carta IGM con individuazione dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica	
	<b>ALLEGATO 3</b> - Layout di progetto su carta IGM con individuazione dei bacini idrografici	
	<b>ALLEGATO 4</b> - Confronto tra carta IGM scala 1:25000, ortofoto e carta tecnica regionale al fine di evidenziare le discordanze del percorso del reticolo idrografico tra carta IGM e carta idrogeomorfologica	
	<b>ALLEGATO 5</b> - Layout di progetto su carta IGM con individuazione dell'alveo in modellamento attivo ed aree golenali e fasce di pertinenza fluviale dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM e carta idrogeomorfologica	
	<b>ALLEGATO 6</b> – Tabella coordinate aerogeneratori	
	<b>ALLEGATO 7</b> – Planimetria su CTR con l'individuazione delle aree allagabili determinate considerando un $Tr=200$ anni	
	<b>ALLEGATO 8</b> - Particolari dei punti di attraversamento dei reticoli idrografici con modalità di attraversamento e foto	
	<b>ALLEGATO 9</b> - Output dei risultati ottenuti con il software Hec-Ras con modellazione delle aree allagabili per ogni sezione di calcolo	
	<b>ALLEGATO 10</b> - Layout di progetto e individuazione delle aree allagabili determinate in regime di moto permanente con $Tr=200$ anni e individuazione delle sezioni di calcolo nel sistema UTM WGS 84 su supporto digitale (file dwg)	

## 1 PREMESSA

Obiettivo dell'iniziativa imprenditoriale a cui è legato il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico denominato "Valle Verde" costituito da n.10 aerogeneratori del tipo Vestas V136. Le torri da A1 ad A7 sono di potenza 3MW, le altre tre torri sono di potenza 3.45 MW per una potenza complessiva di 31.35 MW. Le turbine saranno installate nel comune di Bovino (FG) in località "Monte Livagni" e con opere di connessione ricadenti anche nei Comuni di Castelluccio dei Sauri (FG) e Deliceto (FG). Proponente dell'iniziativa è la società WINDERG Srl.

Il collegamento dell'impianto alla rete elettrica di trasmissione nazionale avviene mediante un cavidotto interrato in media tensione che si collegherà ad una sottostazione di trasformazione e consegna 30/150 KV. In progetto sono previste due ipotesi per il collegamento MT.

La soluzione di progetto prevede un collegamento elettrico interno tra gli aerogeneratori con cabina di raccolta ubicata in prossimità dell'aerogeneratore A10. Il cavidotto interno segue la viabilità esistente o di progetto. Il cavidotto esterno parte dalla cabina di raccolta, e per un primo tratto si sviluppa lungo la SP106, segue la SP104 per circa 4 km, dopo di che segue piste locali, percorre la SP120 per circa 600m, percorre la viabilità a servizio di impianti eolici esistenti, attraversa la strada comunale "Deliceto Ascoli Satriano" e segue la viabilità locale (contrada Piano d'Amendola) fino alla sottostazione.

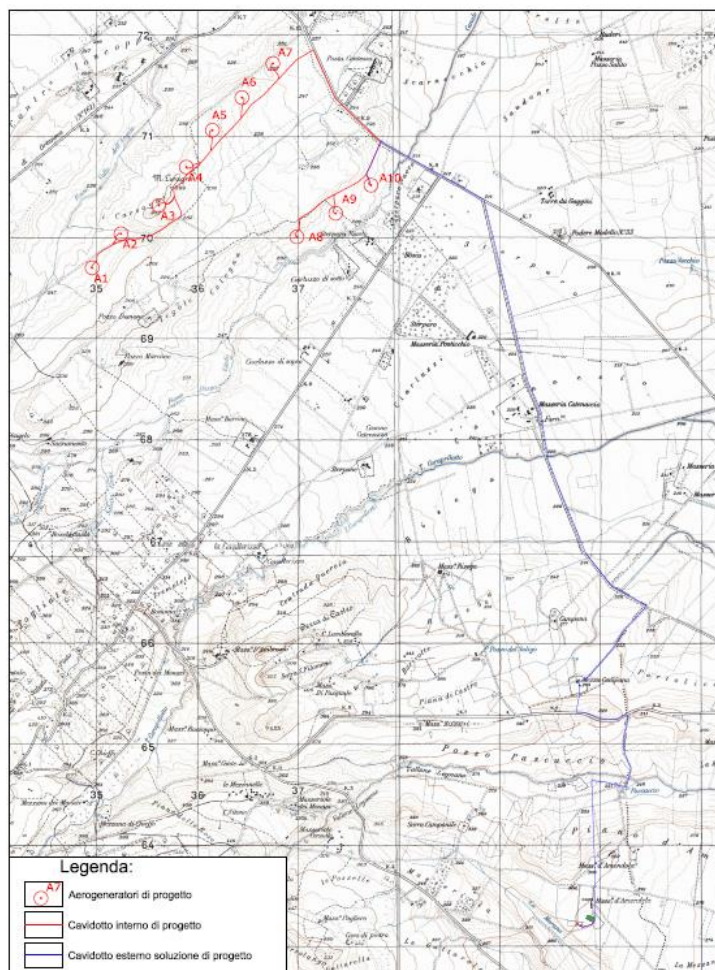
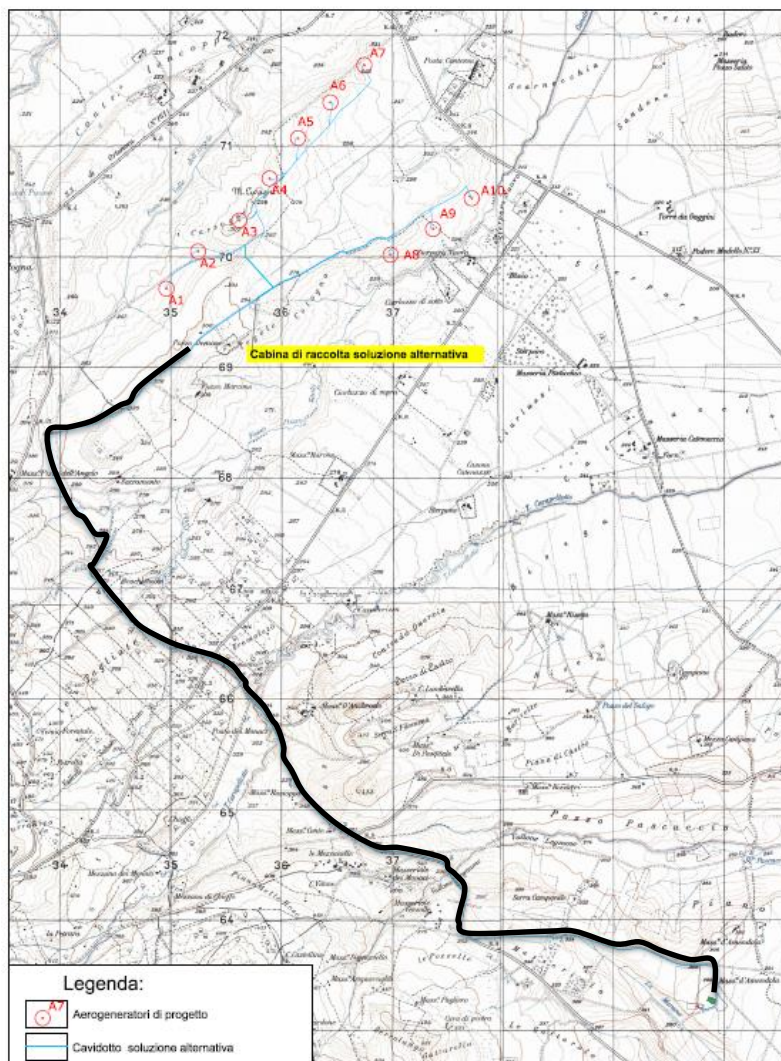


Figura 1 - Layout con ipotesi di progetto del cavidotto: in rosso il cavidotto interno; in blu il cavidotto esterno

E' prevista una soluzione alternativa che è costituita da un collegamento elettrico interno tra gli aerogeneratori con cabina di raccolta ubicata come in figura.

La soluzione alternativa diventerà unica soluzione di progetto solo a seguito della stipula di un accordo tra la società WINDERG Srl e la società proprietaria del cavo esistente.



**Figura 2** - Layout con ipotesi alternativa del cavidotto: in ciano il cavidotto da realizzare; in nero il tratto di cavidotto esistente di proprietà di altra società.


La sottostazione di trasformazione è prevista in prossimità della stazione elettrica RTN "Deliceto" esistente e, tramite un cavidotto interrato in alta tensione, si collegherà allo stallo condiviso previsto all'interno della sottostazione di trasformazione della società ATS ENERGIA PE SANT'AGATA srl (attualmente in iter autorizzativo). In alternativa è previsto il collegamento AT diretto tra la stazione di trasformazione e il futuro ampliamento della stazione RTN "Deliceto".

Per il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica, non sono state verificate le interferenze del tratto di cavidotto MT esistente previsto nella soluzione alternativa (tratto in nero in figura 2) in quanto, essendo già realizzato, non necessita di autorizzazioni.

Tutte le verifiche sono state eseguite in condizione di moto permanente.

Di seguito sono dapprima descritte le varie fasi del lavoro di ricostruzione del quadro conoscitivo, con



	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 5 di 52
---	---	---	--

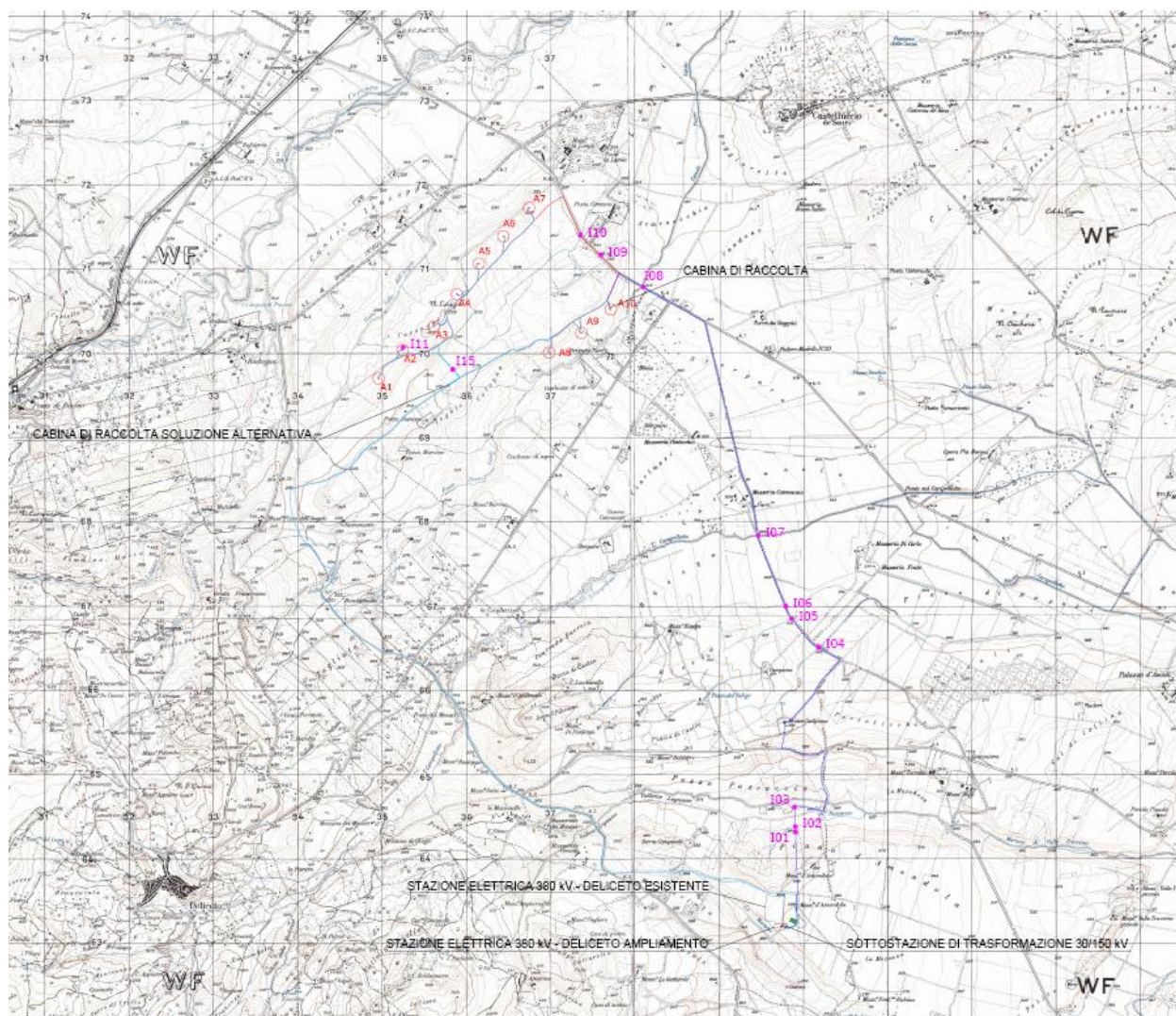
particolare riferimento all'uso del suolo, alla permeabilità e alla determinazione dei bacini idraulici afferenti le sezioni di chiusura in corrispondenza degli attraversamenti per la valutazione delle relative portate e quindi della verifica degli stessi.










In particolare, si forniranno approfondimenti utili a chiarire alcuni aspetti progettuali in rapporto all'assetto idraulico del territorio, come l'insistenza di alcune opere nelle aree golenali e nelle fasce di pertinenza fluviale del reticolo idrografico e si descriveranno le modalità di attraversamento.

In fase di impostazione dello studio, per l'individuazione dei reticoli idrografici si è fatto riferimento alla cartografia I.G.M. 1:25000. Successivamente per meglio definire la morfologia delle aree interessate dalle opere in progetto e dei reticoli idrografici individuati, sono state prese in considerazione la Carta idrogeomorfologica dell'AdB Puglia e la Carta tecnica Regione Puglia, in quanto rappresentano meglio lo stato dei luoghi.

Gli studi idraulici eseguiti con tempo di ritorno di 200 anni in regime di moto permanente, sono volti a caratterizzare le relazioni che si possono stabilire tra le opere in progetto e l'assetto idraulico delle aree, in modo da poter valutare la sussistenza delle condizioni di "sicurezza idraulica" prescritte dalle NTA del PAI dell'AdB Puglia.

L'immagine a seguire mostra l'inquadramento delle opere in progetto su cartografia IGM 1:25000 dove in blu sono individuati i reticoli idrografici e con l'indicazione **Ixx** i punti di interferenza. Si fa presente che le interferenze da I01 a I11 riguardano la soluzione di progetto. L'interferenza I15 riguarda esclusivamente la soluzione alternativa, che viene calcolata in quanto non interessa il tratto di cavidotto esistente, che come indicato in precedenza non è valutato ai fini idraulici essendo di fatto esistente.

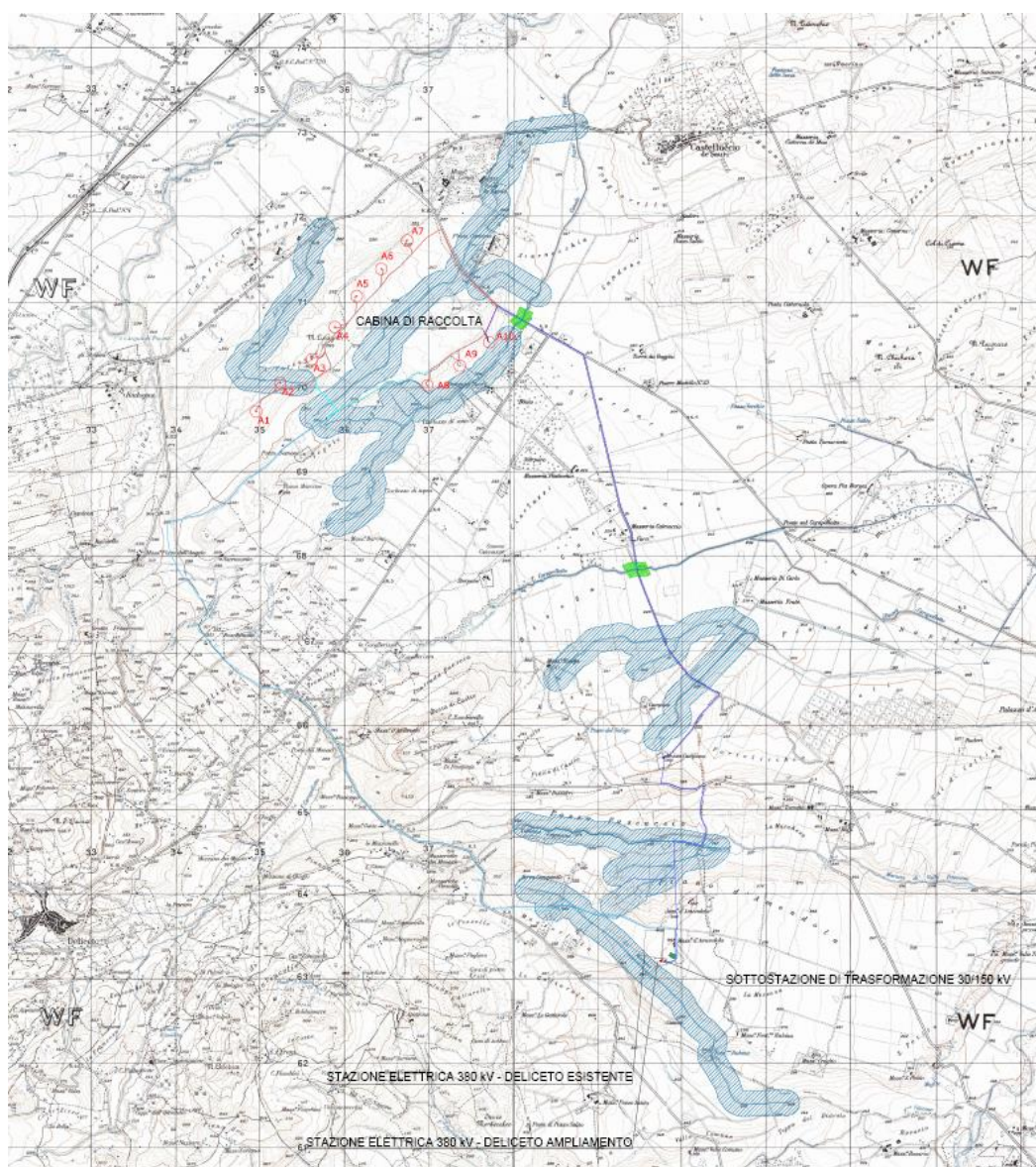

**LEGENDA**










- |   |  |
|---|--|
|  | AEROGENERATORI DI PROGETTO               |
|  | CAVIDOTTO INTERNO                        |
|  | CAVIDOTTO ESTERNO                        |
|  | STRADA DA REALIZZARE                     |
|  | STRADA DA ESISTENTE DA ADEGUARE          |
|  | PIAZZOLA DEFINITIVA                      |
|  | PIAZZOLA DI STOCCAGGIO                   |
|  | RETICOLO IDROGRAFICO IGM SERIE 25K       |
|  | PUNTI DI INTERFERENZA RETICO IDROGRAFICO |

**Figura 3** - Individuazione del layout di progetto su carta IGM 1:25000 e individuazione dei punti d'interferenza delle opere in progetto con il reticolo idrografico

La figura 3 mostra il layout di progetto su carta IGM con individuazione dell'alveo in modellamento attivo ed aree golenali e delle fasce di pertinenza fluviale dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM scala 1:25000 e da carta idrogeomorfologica.





**LEGENDA**

- |   |  |
|---|--|
|  | AEROGENERATORI DI PROGETTO                               |
|  | CAVIDOTTO INTERNO  |
|  | CAVIDOTTO ESTERNO  |
|  | STRADA DA REALIZZARE                                     |
|  | STRADA ESISTENTE DA ADEGUARE                             |
|  | PIAZZOLA DEFINITIVA                                      |
|  | RETICOLO IDROGRAFICO                                     |
|  | ALVEO IN MODELLAMENTO ATTIVO 75m BUFFER DA AREE GOLENALI |
|  | BUFFER 150mt RETICOLO IDROGRAFICO                        |

**Figura 4** - Layout delle opere in progetto su IGM scala 1:25000 con individuazione dell'alveo in modellamento attivo e della fascia di pertinenza fluviale buffer in ciano Individuata con 150 metri contermini all'area golennale morfologicamente individuata artt. 6 e 10.



 <b>TENPROJECT</b>	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 8 di 52
---	---	---	--

Di seguito sono dapprima descritte le varie fasi del lavoro di ricostruzione del quadro conoscitivo, con particolare riferimento all'uso del suolo, alla permeabilità e alla determinazione dei bacini idraulici afferenti le sezioni di chiusura in corrispondenza degli attraversamenti per la valutazione delle relative portate e quindi della verifica degli stessi.

In particolare, si forniranno approfondimenti utili a chiarire alcuni aspetti progettuali in rapporto all'assetto idraulico del territorio, come l'insistenza di alcune opere nelle aree golenali e nelle fasce di pertinenza fluviale del reticolo idrografico e si descriveranno le modalità di attraversamento.

In fase di impostazione dello studio, per l'individuazione dei reticoli idrografici si è fatto riferimento alla cartografia I.G.M. 1:25000. Successivamente per meglio definire la morfologia delle aree interessate dalle opere in progetto e dei reticoli idrografici individuati, sono state prese in considerazione la Carta idrogeomorfologica dell'AdB Puglia e la Carta tecnica Regione Puglia, in quanto rappresentano meglio lo stato dei luoghi.

Gli studi idraulici eseguiti con tempo di ritorno di 200 anni in regime di moto permanente, sono volti a caratterizzare le relazioni che si possono stabilire tra le opere in progetto e l'assetto idraulico delle aree, in modo da poter valutare la sussistenza delle condizioni di "sicurezza idraulica" prescritte dalle NTA del PAI dell'AdB Puglia..

## 2 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO

### 2.1 Generalità

Obiettivo dell'iniziativa imprenditoriale a cui è legato il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico denominato "Valle Verde" costituito da n.10 aerogeneratori del tipo Vestas V136. Le torri da A1 ad A7 sono di potenza 3MW, le altre tre torri sono di potenza 3.45 MW per una potenza complessiva di 31.35 MW. Le turbine saranno installate nel comune di Bovino (FG) in località "Monte Livagni" e con opere di connessione ricadenti anche nei Comuni di Castelluccio dei Sauri (FG) e Deliceto (FG). Proponente dell'iniziativa è la società WINDERG Srl.

Nell'area strettamente interessata dall'impianto i terreni sono esclusivamente di tipo agricolo con l'assoluta prevalenza di colture di cereali. Al fine di rendere immediata l'individuazione dell'assetto idraulico che abbia validità formale, negli elaborati grafici allegati al presente studio le opere in progetto sono state ubicate su cartografia I.G.M. in modo da verificare le interferenze con il reticolo idrografico presente su carta IGM e carta idrogeomorfologica.

### 2.2 Ubicazione

Gli aerogeneratori di progetto ricadono tutti sul territorio comunale di Bovino in località Monte Livagni, su un'area posta a Nord-Est del centro urbano ad una distanza di circa 8 km in linea d'aria. Il tracciato del cavidotto esterno attraversa il territorio di Bovino, Castelluccio dei Sauri e Deliceto, sviluppandosi per alcuni tratti in prossimità del confine con il territorio di Ascoli Satriano.

La sottostazione di trasformazione ricade sul territorio di Deliceto.

Dal punto di vista cartografico l'intervento nella sua complessità (soluzione di progetto ed alternativa) si inquadra sui seguenti fogli IGM in scala 1:25000:


- 174-I-NE (Bovino)
- 174 I-SE (Deliceto)
- 175 IV-NO (Castelluccio dei Sauri)
- 175 IV-SO (Ascoli Satriano)

Rispetto alla cartografia dell'IGM in scala 1:50000, l'intervento si inquadra sul foglio:

- 421 Ascoli Satriano

Dal punto di vista catastale, la base degli aerogeneratori ricade sulle seguenti particelle del comune di Bovino:

- Aerogeneratore A1 foglio 13 p.34
- Aerogeneratore A2 foglio 13 p. 380
- Aerogeneratore A3 foglio 12 p. 9 e 21
- Aerogeneratore A4 foglio 12 p. 32 e 31
- Aerogeneratore A5 foglio 12 p. 165
- Aerogeneratore A6 foglio 12 p. 165
- Aerogeneratore A7 foglio 12 p. 121

 <b>TENPROJECT</b>	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 10 di 52
---	---	---	---

- Aerogeneratore A8 foglio 14 p. 13
- Aerogeneratore A9 foglio 14 p. 138
- Aerogeneratore A10 foglio 14 p. 38
- Aerogeneratore A11 foglio 14 p. 118 e 142
- Aerogeneratore A12 foglio 14 p. 136

Il cavidotto esterno nell'ipotesi di progetto attraversa i seguenti fogli catastali:

- Comune di Bovino: foglio 14
- Comune di Castelluccio dei Sauri: foglio 18
- Comune di Deliceto: fogli 3 – 4 – 28 - 42

La sottostazione di trasformazione ricade su foglio 42 particella 533 del comune di Deliceto.

L'elenco completo delle particelle interessate dalle opere e dalla relative fasce di asservimento è riportato nel Piano Particellare di Esproprio allegato al progetto.


## 2.3 Caratteristiche tecniche dell'impianto

L'impianto eolico di Bovino, denominato "Valle Verde", è costituito da 10 aerogeneratori del tipo Vestas V136. Le torri da A1 ad A7 sono di potenza 3MW, le altre tre torri sono di potenza 3.45 MW.

Nel dettaglio, il progetto prevede la realizzazione/installazione di:

- 10 aerogeneratori;
- 10 cabine di trasformazione poste all'interno della torre di ogni aerogeneratore;
- Opere di fondazione degli aerogeneratori;
- 10 piazzole di montaggio con adiacenti piazzole di stoccaggio;
- Opere temporanee per il montaggio del braccio gru;
- Due aree temporanee di cantiere e manovra;
- Nuova viabilità per una lunghezza complessiva di circa 3410 m;
- Viabilità esistente da adeguare per una lunghezza complessiva di 8285 m
- Una cabina di raccolta che nell'ipotesi di progetto è prevista in prossimità della torre A10 mentre nell'ipotesi alternativa è prevista in prossimità della strada comunale "Tratturo di Tegola" parallelamente all'aerogeneratore A3;
- Un cavidotto interrato interno in media tensione per il trasferimento dell'energia prodotta dagli aerogeneratori alla cabina di raccolta (il cavidotto interno nell'ipotesi progettuale presenta una lunghezza di 7430 m mentre nell'ipotesi alternativa una lunghezza di 7655 m);
- Un cavidotto interrato esterno in media tensione per il trasferimento dell'energia prodotta dalla cabina di raccolta alla stazione di trasformazione di utenza 30/150 kV da realizzarsi nel comune di Deliceto (FG) (il cavidotto esterno nell'ipotesi progettuale presenta una lunghezza di circa 10615 m mentre nella soluzione alternativa presenta una lunghezza di circa 11765 m)
- Una sottostazione di trasformazione da realizzarsi in prossimità della Stazione RTN "Deliceto";
- Un cavidotto interrato AT a 150 kV lungo 250 m per il collegamento della sottostazione di trasformazione allo stallo condiviso previsto nella sottostazione di trasformazione della società ATS ENERGIA PE SANT'AGATA srl (attualmente in iter autorizzativo). In alternativa è previsto il



	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 11 di 52
---	---	---	---

collegamento AT diretto tra la stazione di trasformazione e il futuro ampliamento della stazione RTN "Deliceto" (lunghezza cavo interrato 30 m).

L'energia elettrica viene prodotta da ogni singolo aerogeneratore a bassa tensione trasmessa attraverso una linea in cavo alla cabina MT/BT posta alla base della torre stessa, dove è trasformata a 30kV. Le linee MT in cavo interrato collegheranno fra loro i gruppi di cabine MT/BT e quindi proseguiranno dapprima alla cabina di raccolta ed in seguito alla stazione di Trasformazione 30/150 kV (di utenza) da realizzare.

Secondo la soluzione di progetto, il cavidotto MT per il collegamento del parco eolico alla cabina di raccolta segue la viabilità esistente e la viabilità di progetto. La viabilità esistente interessata dal tracciato del cavidotto MT è costituita dalla strada comunale "Tratturo di Cologna", dalla strada comunale "Tratturo di Tegola", e da un tratto della SP106. Il cavidotto esterno parte dalla cabina di raccolta, prevista in prossimità della torre A10, e per un primo tratto si sviluppa lungo la SP106, poi segue la SP104 per circa 4 km, dopo di che attraversa terreni, segue piste locali, e giunge sulla SP120 sulla quale è prevista una percorrenza di circa 600m. Successivamente, il cavidotto percorre la viabilità a servizio di impianti eolici esistenti, attraversa la strada comunale "Deliceto Ascoli Satriano" e segue la viabilità locale (contrada Piano d'Amendola) che si raccorda alla SP102.

L'immagine a seguire riporta il layout d'impianto con l'ipotesi di progetto per il collegamento MT.

### 2.1.1 Caratteristiche tecniche degli aerogeneratori

L'aerogeneratore è una macchina rotante che trasforma l'energia cinetica del vento in energia elettrica ed è essenzialmente costituito da una torre, dalla navicella e dal rotore.

Nel dettaglio, le pale sono fissate su un mozzo, e nell'insieme costituiscono il rotore; il mozzo, a sua volta, è collegato alla trasmissione attraverso un supporto in acciaio con cuscinetti a rulli a lubrificazione continua. La trasmissione è collegata al generatore elettrico con l'interposizione di un freno di arresto.

Tutti i componenti sopra menzionati, ad eccezione, del rotore e del mozzo, sono ubicati entro una cabina, detta navicella, in carpenteria metallica di ghisa-acciaio ricoperta in vetroresina la quale, a sua volta, è sistemata su un supporto-cuscinetto, in maniera da essere facilmente orientata secondo la direzione del vento. Oltre ai componenti su elencati, vi è un sistema di controllo che esegue, il controllo della potenza ruotando le pale intorno al loro asse principale, ed il controllo dell'orientamento della navicella, detto controllo dell'imbardata, che permette l'allineamento della macchina rispetto alla direzione del vento.

Il rotore è tripala a passo variabile in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro di diametro pari a 136 metri, posto sopravvento al sostegno, con mozzo rigido in acciaio. Altre caratteristiche salienti sono riassunte nella tabella a seguire.

La torre è di forma tubolare tronco conico in acciaio. L'altezza al mozzo è pari a 112 metri. La struttura internamente è rivestita in materiale plastico ed è provvista di scala a pioli in alluminio per la salita.

***Ribadiamo che le indicazioni tecniche dell'aerogeneratore descritto sono indicative ad una sola tipologia di prodotto in commercio e pertanto sono da intendersi qualitativamente. Fermo restando gli impatti ambientali è possibile che sia scelto per l'esecuzione dell'opera una tecnologia differente.***

La tabella a seguire riporta le principali caratteristiche dell'aerogeneratore previsto in progetto.

## Technical Specifications

### OPERATIONAL DATA

Rated power	3000-3300MW
Cut-in wind speed	3 m/s
Cut-out wind speed	22.5 m/s
Re cut-in wind speed	20 m/s
Wind class	IEC IIIA/IEC IIB
Standard operating temperature range	from -20°C to +45°C with de-rating above 30°C*

### SOUND POWER

(Noise modes dependent on site and country)

### ROTOR

Rotor diameter	136 m
Swept area	14,527 m <sup>2</sup>
Air brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders

### ELECTRICAL

Frequency	50/60 Hz
Converter	full scale

### GEARBOX

Type	two planetary stages and one helical stage
------	--

### TOWER

Hub heights	82 m (IEC IIIA), 112 m (IEC IIIA), 132 m (IEC IIIA/DIBt2) and 149m (DIBt5)
-------------	---

### NACELLE DIMENSIONS

Height for transport	3.4 m
Height installed (incl. CoolerTop*)	6.9 m
Length	12.8 m
Width	4.2 m

### HUB DIMENSIONS

Max. transport height	3.8 m
Max. transport width	3.8 m
Max. transport length	5.5 m

### BLADE DIMENSIONS

Length	66.7 m
Max. chord	4.1 m
Max. weight per unit for transportation	70 metric tonnes

### 2.1.2 Caratteristiche tecniche delle strade di cantiere e da realizzare

La viabilità esistente presente sull'area d'impianto e che verrà utilizzata anche per la realizzazione e la gestione dell'impianto eolico è costituita dalla strada comunale "Tratturo di Cologna" e dalla strada comunale "Tratturo di Tegola". Entrambe le strade comunali presentano un buon fondo anche se attualmente non sono interamente percorribili dato lo stato di conservazione della sede stradale.

Pertanto, ai fini della realizzazione dell'impianto si renderanno necessari interventi di adeguamento consistenti in: sistemazione del fondo viario, adeguamento della sezione stradale e dei raggi di curvatura, ripristino della pavimentazione stradale con finitura in stabilizzato ripristinando la configurazione originaria delle strade.

La viabilità esistente sarà integrata con piste di nuova realizzazione. I nuovi tracciati si svilupperanno per quanto possibile al margine dei confine catastali, ed avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire la morfologia propria del terreno evitando eccessive opere di scavo o di riporto.

In particolare, per accedere alle torri A03 – A04 – A05 – A06 – A07 è prevista l'apertura di un imbocco a

partire dalla SP106. Le torri dalla A07 alla A03 che si dispongono lungo la linea di crinale, saranno servite da una pista di nuova realizzazione. A partire dalla torre A03 è previsto un collegamento diretto alla strada comunale "Tratturo di Cologna", dalla quale sono previsti gli accessi diretti alle torri A01 e A02. Gli adeguamenti sulla strada comunale "Tratturo di Cologna" riguardano il tratto compreso tra la torre A1 e il collegamento alla torre A3, per una lunghezza complessiva di 950 m circa.

Gli aerogeneratori denominati A08-A09-A10 si dispongono parallelamente alla strada comunale "Tratturo di Tegola" a partire dalla quale sono previsti gli accessi per ogni turbina. In progetto si prevederà di adeguare l'intera strada comunale "Tratturo di Tegola" (lunghezza circa 7332 m) ed i relativi accessi dalla strada SP106 che dalla SR01.

La sezione stradale, con larghezza medie di 5,00 m, sarà in massiciata tipo "Mac Adam" similmente alle carrarecce esistenti e ricoperta da stabilizzato ecologico del tipo "Diogene", realizzato con granulometrie fini composte da frantumato di cava. Per ottimizzare l'intervento e limitare i ripristini dei terreni interessati si fa coincidere la viabilità di cantiere con quella definitiva di esercizio.

Le strade durante la fase di cantiere sono state previste con una fondazione stradale dello spessore di spessore di 40 cm e uno strato di finitura di circa 10 cm. Inoltre le livellette seguono quasi fedelmente le pendenze attuali del terreno ed il tracciato avrà un raggio planimetrico di curvatura minimo di 45,00 m.l.

In questa fase la sezione stradale, avrà larghezza variabile, al fine di permettere senza intralcio il transito dei mezzi di trasporto e di montaggio necessari al tipo di attività che si svolgeranno in cantiere.

La viabilità dovrà comunque essere capace di permettere il transito nella fase di cantiere delle autogru necessarie ai sollevamenti ed ai montaggi dei vari componenti dell'aerogeneratore, oltre che dei mezzi di trasporto dei componenti stessi dell'aerogeneratore.

L'adeguamento o la costruzione ex-novo della viabilità di cantiere deve obbligatoriamente essere tale da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali o artificiali oggi esistenti in loco.

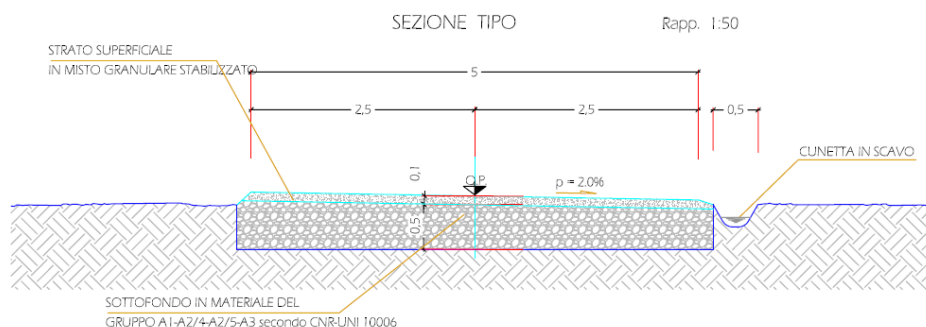
Riassumendo le opere connesse alla viabilità di cantiere saranno costituite dalle seguenti attività:

- Tracciamento stradale: pulizia del terreno consistente nello scoticamento per uno spessore medio di 50 cm;
- Formazione della sezione stradale: comprende opere di scavo e rilevati nonché opere di consolidamento delle scarpate e dei rilevati nelle zone di maggiore pendenza;
- Formazione del sottofondo: è costituito dal terreno, naturale o di riporto, sul quale viene messa in opera la soprastruttura, a sua volta costituita dallo strato di fondazione e dallo strato di finitura;
- Realizzazione dello strato di fondazione: è il primo livello della soprastruttura, ed ha la funzione di distribuire i carichi sul sottofondo. Lo strato di fondazione, costituito da un opportuno misto granulare di pezzatura fino a 15 cm, deve essere messo in opera in modo tale da ottenere a costipamento avvenuto uno spessore di circa 40 cm.
- Realizzazione dello strato di finitura: costituisce lo strato a diretto contatto con le ruote dei veicoli poiché non è previsto il manto bituminoso, al di sopra dello strato di base deve essere messo in opera uno strato di finitura per uno spessore finito di circa 10 cm, che si distingue dallo strato di base in quanto caratterizzato da una pezzatura con diametro massimo di 3 cm, mentre natura e caratteristiche del misto, modalità di stesa e di costipamento, rimangono gli stessi definiti per lo



strato di fondazione.

## STRADE DI NUOVA REALIZZAZIONE



**Figura 5 - Sezione tipo della strada**

### 2.1.3 Caratteristiche tecniche piazzole


Per consentire il montaggio dell'aerogeneratore è prevista la realizzazione di una piazzola di montaggio di dimensioni 45 m x 60 m con adiacente piazzola di stoccaggio di dimensioni 10 m x 60 m. Inoltre, per ogni torre, è prevista la realizzazione delle opere temporanee per il montaggio del braccio gru, costituite da due piazzole ausiliare dove si posizioneranno le gru di supporto e una pista lungo la quale verrà montato il braccio della gru principale.

Le piazzole di stoccaggio e i bracci per il montaggio gru in fase di cantiere saranno costituiti da terreno battuto e livellato, mentre a impianto ultimato saranno completamente restituiti ai precedenti usi agricoli.

La realizzazione della piazzola di montaggio avverrà secondo le seguenti fasi:

- Asportazione di un primo strato di terreno dello spessore di circa 50 cm che rappresenta l'asportazione dello strato di terreno vegetale;
- Asportazione dello strato inferiore di terreno fino al raggiungimento della quota del piano di posa della massicciata stradale;
- Qualora la quota di terreno scoticato sia ad una quota inferiore a quella del piano di posa della massicciata stradale, si prevede la realizzazione di un rilevato con materiale proveniente da cave di prestito o con materiale di risulta del cantiere;
- Compattazione del piano di posa della massicciata;
- Realizzazione dello strato di fondazione o massicciata di tipo stradale, costituito da misto granulare di pezzatura fino a 15 cm, che dovrà essere messo in opera in modo tale da ottenere a costipamento avvenuto uno spessore di circa 40 cm.
- Realizzazione dello strato di finitura: costituisce lo strato a diretto contatto con le ruote dei veicoli, al di sopra dello strato di base deve essere messo in opera uno strato di finitura per uno spessore finito di circa 10 cm, che si distingue dallo strato di base in quanto caratterizzato da una pezzatura con diametro massimo di 3 cm.

Una procedura simile verrà seguita anche per la realizzazione delle piazzoline ausiliari. Al termine dei lavori

 <b>TENPROJECT</b>	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 15 di 52
---	---	---	---

la piazzola di montaggio verrà mantenuta anche per la gestione dell'impianto mentre le piazzoline montaggio gru verranno totalmente dismesse e le aree verranno restituite ai precedenti usi agricoli.

#### **2.1.4 Caratteristiche tecniche fondazioni**

Il plinto scelto in via preliminare per la fondazione è un elemento fondale diretto di pianta circolare di diametro 23,00 m caratterizzato da nervature armate di spessore 0,50 m; l'altezza totale del plinto è di 3,00 m, con la piastra di base spessa 0,50 m e le nervature a sezione variabile (profilo triangolare con altezza variabile tra 0 e 2,2 m). Si rimanda in ogni caso al progetto esecutivo per maggiori dettagli e per la definizione precisa della forma e della tipologia di fondazione per ogni torre.

#### **2.1.5 Caratteristiche tecniche cabina di raccolta**

La cabina di raccolta si pone come interfaccia tra l'impianto eolico e la sottostazione. Il progetto prevede una cabina di raccolta di dimensioni 10.16 x 4.16 x 3,14 m. Secondo la soluzione di progetto la cabina è prevista in prossimità della torre A12.

Ogni cabina dovrà essere prefabbricata, e dovrà essere realizzata mediante una struttura monolitica in calcestruzzo armato vibrato autoportante completa di porta di accesso e griglie di aerazione.

Le pareti sia interne che esterne, di spessore non inferiore a 7-8 cm, dovranno essere trattate con intonaco murale plastico. Il tetto di spessore non inferiore 6-7 cm, dovrà essere a corpo unico con il resto della struttura, dovrà essere impermeabilizzato con guaina bituminosa elastomerica applicata a caldo per uno spessore non inferiore a 4 mm e successivamente protetta. Il pavimento dovrà essere dimensionato per sopportare un carico concentrato di 50 kN/m<sup>2</sup> ed un carico uniformemente distribuito non inferiore a 5 kN/m<sup>2</sup>.

Sul pavimento dovranno essere predisposte apposite finestre per il passaggio dei cavi MT e BT, completo di botola di accesso al vano cavi.


L'armatura interna del monoblocco dovrà essere elettricamente collegata all'impianto di terra, in maniera tale da formare una rete equipotenziale uniformemente distribuita su tutta la superficie del chiosco.

Le porte dovranno avere dimensioni 1200x2500 (H) mm, dovranno essere dotate di serratura di sicurezza interbloccabile alla cella MT, e le griglie di aerazione saranno il tipo standard di dimensioni 1200x500 (H) mm. I materiali da utilizzare sono o vetroresina stampata, o lamiera, ignifughe ed autoestinguenti.

La base della cabina dovrà essere sigillata alla platea, mediante l'applicazione di un giunto elastico tipo: ECOACRIL 150; successivamente la sigillatura dovrà essere rinforzata mediante cemento antiritiro.

#### **2.1.6 Caratteristiche tecniche cavidotto MT**

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari (ad elica visibile) direttamente interrati, ovvero modalità di posa tipo M, ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato, modalità di posa N, mediante l'uso della tecnica con trivellazione orizzontale controllata. La posa verrà eseguita ad una profondità di 1.20 m in uno scavo di profondità 1.30-1.50 m (la seconda

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 16 di 52
---	---	---	---

profondità è da considerarsi in terreno agricolo) e larghezza alla base variabile in base al numero di conduttori presenti. La sequenza di posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente:

- Strato di sabbia di 10 cm;
- Cavi posati a trifoglio di sezione 95, 185, 300 direttamente sullo strato di sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 30 cm;
- Posa di tubo PE di diametro esterno 50 mm per inserimento di una linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale di risulta dello scavo di 70÷90 cm;
- Nastro segnalatore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.

Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra gli aerogeneratori e tra questi e la cabina di raccolta sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mm<sup>2</sup> per la messa a terra dell'impianto.

### 2.1.1 Sottostazione di trasformazione

Per la realizzazione della sottostazione, si prevedono le seguenti opere civili:

- Recinzione esterna ed interna;
- Strade di circolazione, accesso e piazzali carrabili;
- Costruzione edifici;
- Formazioni dei basamenti delle apparecchiature elettriche;

Per la realizzazione della recinzione sarà necessario eseguire scavi in sezione ristretta con mezzo meccanico ed il materiale di risulta, qualora non utilizzato in loco verrà portato alla pubblica discarica.

I getti di calcestruzzo verranno eseguiti con cemento a presa lenta (R.325), ed il dosaggio previsto sarà di q.li 2,5 per le fondazioni, e q.li 3,00 per i plinti ed i pilastri di sostegno dei cancelli d'ingresso.

Il getto dei calcestruzzi a vista viene armato con casseri piallati, mentre nel getto dei plinti e dei pilastri d'ingresso sarà posto in opera l'armatura in barre di ferro tondo.

La recinzione sarà costituita ove necessario, da una parte della sua altezza, gettata in opera, e da una parte in lastre di cemento prefabbricato intercalate ogni ml. 2,00-2,50 dai pilastri pure in getto prefabbricato.


L'altezza fuori terra della recinzione, rispetto alla parte accessibile dall'esterno, deve essere almeno di m 2,00.

L'opera sarà completata inserendo n°1 cancello carrabile di tipo scorrevole con luce netta di 10.00 m.

Nell'area di trasformazione sono presenti rispettivamente n.1 edificio utente a pianta rettangolare 25.60 x 4.60 m, diviso in 6 locali denominati rispettivamente "locale Misure" (dim. int. 2.50x4.00 m), "Locale TLC" (dim. int. 2.50x4.00 m), "locale GE" (dim. int. 2.50x4.00 m), "locale BT" (dim. int. 4.00x4.00 m), locale TR SA (dim. int. 2.50x4.00 m), locale MT (dim. int. 10.00x4.00 m).(Consultare gli elaborati di progetto 04).

Per tutti i locali è prevista un'altezza fuori terra 3.00 m come quota finita. Per la realizzazione degli edifici si eseguiranno degli scavi con mezzo meccanico, sia in sezione ristretta per le opere interrato, sia in



	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 17 di 52
---	---	---	---

sezione aperta per lo sbancamento di terreno coltivato per la formazione di massicciata.

I getti di calcestruzzo verranno eseguiti con cemento a lenta presa (R.325), ed il dosaggio previsto sarà di q.li 2,5 per la formazione delle fondazioni e dei muri perimetrali in elevazione, fino a quota d'imposta della prima soletta e a q.li 3,00 per i plinti e le opere in cemento armato quali pilastri, travi, gronda e gradini.

Le opere di getto in calcestruzzo vengono armate con barre di ferro tonde omogeneo di adeguato diametro risultante dai calcoli dell'ingegnere incaricato.

Le murature esterne sono in foratoni semiportanti dello spessore di cm 25 e vengono poste in opera con malta cementizia dosata a q.li 2.

Il solaio superiore è piano con pendenze minime per lo smaltimento delle acque meteoriche, mentre il solaio del piano rialzato ha i conici di altezza di cm.18 in quanto deve sopportare pesi maggiori per le apparecchiature elettriche che verranno posate.

Gli intonaci, sia esterni che interni, vengono eseguiti con il rustico in malta di cemento e soprastante stabilitura di cemento.

La pavimentazione dell'intercapedine viene realizzata con sottofondo in ghiaia grossa e getto di calcestruzzo per formazione della caldana.

La soletta di copertura dell'edificio viene isolata dalle intemperie con la posa di un massetto in calcestruzzo impastato con granulato di argilla espansa, di una membrana impermeabile armata in lamina di alluminio stesa a caldo, dello spessore di mm 3, di pannelli in poliuretano espanso rivestito con cartonfeltro bitumato dello spessore di cm 4 e soprastante membrana sintetica elastomerica applicata su vernice primer bituminosa.

Tutti i serramenti esterni ed interni sono in alluminio con taglio termico completi di ogni accessorio (ferramenta di chiusura e manovra, maniglie, cerniere ecc); le aperture esterne sono munite di rete di protezione dalle maglie di 2x2 cm per evitare l'entrata di corpi estranei dall'esterno e verniciate ad una mano di minio antiruggine e due di vernice a smalto sintetico.

Per la realizzazione dei basamenti e fondazioni locali si eseguiranno scavi in sezione ristretta con mezzo meccanico per la formazione delle fondazioni, dei pozzetti e dei condotti, e qualora il materiale risultante non fosse riutilizzato verrà trasportato alla pubblica discarica.

I getti di calcestruzzo sono confezionati con cemento a lenta presa (R.325) e sono così distinti:

- dosati a ql.1,5 per magrone di sottofondo ai basamenti;
- dosati a ql.2,5 per murature di sostegno apparecchiature e per formazione dei vari pozzetti;
- dosati a ql.3 per basamenti di sostegno per le apparecchiature e le opere di c.a., per la formazione della soletta di copertura del serbatoio di raccolta olio dei trasformatori.

Per l'esecuzione dei getti vengono usati casseri in tavole di legno.

Le vasche di raccolta olio dei trasformatori è intonacata ad intonaco rustico con soprastante lisciatura a polvere di cemento per rendere le pareti impermeabili ed evitare la perdita di olio.

Nei condotti vengono posati dei tubi in pvc in numero adeguato secondo le loro funzionalità e vengono ricoperti con getto di calcestruzzo magro, dosato a ql. 1,5.

Tutti i pozzetti sono completi di chiusini in cemento per ispezione.

Vengono posati tubi in pvc del diametro opportuno per raccolta e scarico delle acque piovane del piazzale, e saranno ricoperti di calcestruzzo dosato a ql.1,5 di cemento. Si prevede di completare l'opera dei drenaggi

con la posa di pozzetti stradali a caditoia, completi di sifone incorporato e di griglia in ghisa del tipo pesante carrabile.

Il piazzale viene realizzato con massicciata in misto di cava o di fiume priva di sostanze organiche, di pezzatura varia e continua con elementi fino ad un diametro massimo di 12 cm. Viene posata a strati non superiori a 30 cm., costipata meccanicamente con rullo vibratore adatto e viene sagomata secondo le pendenze di progetto per un miglior scarico delle acque nei pozzetti a griglia.

Sovrastante alla massicciata viene posata la pavimentazione bituminosa in bitumato a caldo per uno spessore compreso di cm. 10 e rullato con rullo vibratore. Superiormente viene steso il tappeto d'usura in conglomerato bituminoso, tipo bitulite, confezionato a caldo, steso per uno spessore con nesso di cm. 2,5 con rullo vibrante.

### 2.1.2 Caratteristiche tecniche cavidotto AT

#### Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in alta tensione sono:

- sistema elettrico 3 fasi – c.a.
- frequenza 50 Hz
- tensione nominale 150 kV
- tensione massima 170 kV
- categoria sistema A

Il cavidotto AT di collegamento in una prima parte del tracciato, verrà su percorso in massicciata, secondo le modalità valide per le reti di distribuzione elettrica riportate nella norma CEI 11-17, ovvero modalità di posa tipo **M** con protezione meccanica supplementare. Per la posa del cavidotto si dovrà predisporre uno scavo a sezione ristretta della larghezza di 0.70 m, per una profondità tale che il fondo dello scavo risulti ad una quota di -1.70 m dal piano campagna. Al termine dello scavo si predispongono i vari materiali, partendo dal fondo dello stesso, nel modo seguente:

- disposizione di uno strato di 10 cm di cemento magro a resistività termica controllata 1.2 Km/W;
- posa dei conduttori di energia, secondo le specifiche di progetto;
- posa delle lastre di cemento armato di protezione sui due lati;
- disposizione di uno strato di riempimento per cm 40 di cemento magro a resistività termica controllata;
- posa del tri-tubo in PEAD del diametro di 50 mm per l'inserimento del cavo in fibra ottica;
- copertura con piastra di protezione in cemento armato vibrato prefabbricato secondo le specifiche di progetto;
- rete in PVC arancione per segnalazione delimitazione cantiere;
- riempimento con materiale riveniente dallo scavo opportunamente vagliato per cm 70;
- posa del nastro segnalatore in PVC con indicazione cavi in alta tensione ;
- riempimento con materiale riveniente dallo scavo fino alla quota di progetto;
- ripristino finale come ante operam.

Nell' attraversamento trasversale relativo alla viabilità carrabile, la posa dei cavi sarà entro tubi PEAD corrugati D=220 mm, in bauletto di calcestruzzo.

### 3 AREA D'INTERVERTO E PERIMETRAZIONI DEL PAI DELL'ADB DELLA PUGLIA

#### 3.1 Sintesi delle Norme tecniche di attuazione delle PAI dell'AdB Puglia

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Puglia è stato approvato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia N.39 del 30/11/2005. Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI, in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, dettano norme per le aree di cui ai seguenti articoli:

- Art.6: Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali;
- Art.7: aree ad alta pericolosità idraulica;
- Art.8: aree a media pericolosità idraulica;
- Art.9: aree a bassa pericolosità idraulica;
- Art.10: fasce di pertinenza fluviale (metri 75 in destra e in sinistra idraulica così come definito dal comma 3).

Le aree a diversa pericolosità idraulica ( A.P., M.P., B.P.) risultano arealmente individuate nelle "Carte delle aree soggette a rischio idrogeologico" allegate al PAI, mentre l'individuazione delle aree definite "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" (art. 6) e "Fasce di pertinenza fluviale" (art. 10) segue i criteri riportati rispettivamente negli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI.

In merito alle aree "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" l'art. 6 definisce che quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI e le condizioni morfologiche non ne consentono la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m;

Per quanto riguarda le "Fasce di pertinenza fluviale", l'art. 10 definisce che quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato al PAI, le norme si applicano alla porzione di terren

o, sia in destra che in sinistra, contermini all'area golenale, come individuata nell'art. 6, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.

Il reticolo idrografico e le relative fasce di pertinenza non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI. Attualmente l'Autorità di Bacino della Puglia intende per "reticolo idrografico" tutto quanto rappresentato come tale su cartografia IGM in scala 1:25000.

Considerando la vetustà della cartografia IGM in ordine all'evoluzione sia morfologica dei siti, sia antropica che naturale, l'individuazione dei reticoli idrografici interessati dalle opere in progetto sono stati ottenuti considerando la cartografia IGM 1:25000 e successivamente, per definire l'andamento planimetrico del reticolo idrografico, si è fatto riferimento alla carta idrogeomorfologica redatta dall'AdB della Puglia, alla cartografia CTR e alle ortofoto scaricabili dal SIT Puglia. Inoltre, le informazioni sono state integrate da sopralluoghi e rilievi in sito per individuare l'effettiva entità dei reticoli idrografici interessati.

Di seguito vengono riportate le interferenze delle opere in progetto con le aree a pericolosità idraulica e con i reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM e da carta idrogeomorfologica.

## 3.2 Interferenze delle opere con il reticolo idrografico individuato dalla carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica

Alcune delle opere e porzioni di esse previste in progetto interferiscono con alcuni elementi del reticolo idrografico e relative fasce di pertinenza fluviale di cui agli artt. 6 e 10 della NTA del PAI.

Nell'individuazione dei reticoli idrografici si è fatto riferimento alla carta IGM 1:25000 confrontandola con la carta idrogeomorfologica dell'AdB Puglia.

Nella fase d'individuazione delle interferenze delle opere in progetto con i reticoli idrografici si sono riscontrate delle differenze sostanziali del percorso del reticolo idrografico in prossimità delle interferenze indicate con i nomi I1-I2-I3 che riguardano il teacciato del caviodotto esterno. Le figure seguenti riportano il percorso del reticolo idrografico rinvenuto da carta IGM scala 1:25000 (di colore ciano) e quello indicato sulla carta idrogeomorfologica (di colore blu) sovrapposti su Carta IGM, Ortofoto e Carta Tecnica Regionale. Dalla sovrapposizione si rileva una sostanziale differenza tra il percorso rinvenuto da carta IGM rispetto a quello rinvenuto carta idrogeomorfologica a causa molto probabilmente di interventi di bonifica eseguiti negli anni. Per eseguire il calcolo delle aree allagabile in regime di moto permanente con Tr 200 anni si è fatto riferimento al reticolo idrografico riportato su carta idrogeomorfologica che riporta molto più fedelmente lo stato dei luoghi. Di seguito sono riportate le interferenze delle opere in progetto con il reticolo idrografico



**Figura 6** – Confronto del percorso del reticolo idrografico rinvenuto da carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica con sovrapposizione su ortofoto e carta tecnica Regionale che meglio rappresentano lo stato dei luoghi

### 3.2.1 Aerogeneratori

L'aerogeneratore con il nome A02 è in un'area interna all'alveo in modellamento attivo e alla fascia di pertinenza fluviale del reticolo idrografico esistente così come definito nelle Norme tecniche di attuazione del PAI artt. 6 e 10.

L'allegato 5 riporta il layout di progetto su carta IGM con individuazione dell'alveo in modellamento attivo ed aree golenali e fasce di pertinenza fluviale dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM SCALA 1:25000 e carta idrogeomorfologica.

Di seguito sono riportati in tabella le coordinate degli aerogeneratori nel sistema UTM-WGS84 FUSO 33

IDWTG	WGS84 Est [m]	WGS 84 Nord [m]	Modello aerogeneratore	Potenza [KW]
A01	534894	4569512	VESTAS V136 3.000	3000
A02	535180	4569850	VESTAS V136 3.000	3000
A03	535553	4570129	VESTAS V136 3.000	3000
A04	535825	4570509	VESTAS V136 3.000	3000
A05	536083	4570874	VESTAS V136 3.000	3000
A06	536375	4571197	VESTAS V136 3.000	3000
A07	536681	4571535	VESTAS V136 3.000	3000
A08	536919	4569819	VESTAS V136-3.450	3450
A09	537303	4570052	VESTAS V136-3.450	3450
A10	537652	4570330	VESTAS V136-3.450	3450
<b>MEAN VALUES</b>				
<b>TOTAL</b>				<b>31350</b>

Di seguito sono riportate la tipologia d'interferenza degli aerogeneratori con il reticolo idrografico e le relative fasce tutelate.

CODICE Interferenza	tipologia alveo	Denom.	Tipologia di opera che interferisce	Aree di tutela interessate
I11	Linea di impluvio rinvenuto da carta IGM scala 1:25000 e carta idrogeomorfologica	Linea di impluvio	Aerogeneratore A2 con piazzola, strada e cavidotto	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale

### 3.2.2 Viabilità a servizio del parco eolico

L'impianto è servito in parte da viabilità esistente e in parte da nuova viabilità; le opere di nuova viabilità, ad eccezione di brevi tratti indicati nella tabella precedente, non interferiscono con l'alveo in modellamento attivo e fasce di pertinenza fluviale, così come definito nelle Norme tecniche di attuazione del PAI artt. 6 e 10. Per quanto riguarda la viabilità esistente non è stata eseguita alcuna verifica idraulica in quanto non si prevede la realizzazione di nessun intervento, se non quelli relativi alla sistemazione della sede stradale esistente, in quanto consentiranno il solo passaggio delle macchine che trasporteranno gli aerogeneratori in fase di montaggio.

Per quanto riguarda i tratti di viabilità di progetto interferente con l'alveo di modellamento attivo e le fasce di pertinenza fluviale, si rimanda al paragrafo 4.5.



### 3.2.3 Linea elettrica MT per il collegamento degli aerogeneratori alla cabina di raccolta (cavidotto MT interno – ipotesi di progetto)

Il cavidotto interno MT interato interferisce con l'alveo in modellamento attivo e fasce di pertinenza fluviale, così come definito nelle Norme tecniche di attuazione del PAI artt. 6 e 10.

Dall'allegato 5 (rif.elab.0.7.5) si evince che il cavidotto interno interferisce in più punti con il reticolo idrografico e le relative fasce di pertinenza fluviale.

Per le interferenze rilevate è stato eseguito studio idraulico per determinare l'area allagabile determinata con tempo di ritorno di 200 anni.

In particolare, per tutti gli attraversamenti del cavidotto in corrispondenza sia delle aree perimetrare, sia delle aree allagabili connesse a reticoli risalenti alla cartografia IGM, si utilizzerà la tecnica della trivellazione orizzontale controllata TOC.

Le interferenze del cavidotto interno da realizzare con il reticolo idrografico sono di seguito elencate:


CODICE Interferenza/Attraversamento	tipologia alveo	Denom.	parte opera che interferisce	Aree di tutela interessate
19	Linea di impluvio rinvenuta da IGM scala 1:25000	Canale	Cavidotto MT interno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
110	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000	Linea di impluvio	Cavidotto MT interno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
111	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000	Linea di impluvio	Cavidotto MT interno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).

### 3.2.4 Linea elettrica MT per il collegamento degli aerogeneratori alla cabina di raccolta (cavidotto MT interno – ipotesi alternativa)

Il cavidotto interno MT interato nell'ipotesi alterbativa interferisce in un solo punto con l'alveo in modellamento attivo e fasce di pertinenza fluviale, così come definito nelle Norme tecniche di attuazione del PAI artt. 6 e 10.

Per l'interferenza rilevata è stato eseguito lo studio idraulico per determinare l'area allagabile determinata con tempo di ritorno di 200 anni.

In particolare, per l'attraversamento del cavidotto in corrispondenza dell'area allagabile connessa all'asta del reticolo idrografico interferente si utilizzerà la tecnica della trivellazione orizzontale controllata TOC.

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 23 di 52
---	---	--	---

Le interferenze del cavidotto interno nell'ipotesi alternativa con il reticolo idrografico risulta essere:

CODICE Interferenza/ Attraversamento	tipologia alveo	Denom.	parte opera che interferisce	Aree di tutela interessate
I15	Linea di impluvio rinvenuta da IGM scala 1:25000	Canale	Cavidotto MT interno ipotesi alternativa	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).

### 3.2.5 Linea elettrica MT per il collegamento della cabina di raccolta alla sottostazione di trasformazione (cavidotto MT esterno - ipotesi di progetto)

Il cavidotto esterno MT interrato interferisce con l'alveo in modellamento attivo e fasce di pertinenza fluviale, così come definito nelle Norme tecniche di attuazione del PAI artt. 6 e 10.

Dall'allegato 5 (rif.elab.0.7.5) si evince che il cavidotto esterno interferisce in più punti con il reticolo idrografico e le relative fasce di pertinenza fluviale.

Per le interferenze rilevate è stato eseguito studio idraulico per determinare l'area allagabile determinata con tempo di ritorno di 200 anni.

In particolare, per tutti gli attraversamenti del cavidotto in corrispondenza sia delle aree perimetrate, sia delle aree allagabili connesse a reticoli risalenti alla cartografia IGM, si utilizzerà la tecnica della trivellazione orizzontale controllata TOC.

Le interferenze del cavidotto esterno da realizzare con il reticolo idrografico sono di seguito elencate:

CODICE Interferenza/ Attraversamento	tipologia alveo	Denom.	parte opera che interferisce	Aree di tutela interessate
I1	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000. Ai fini dello studio idraulico si è fatto riferimento al tracciato riportato sulla carta idrogeomorfologica in quanto rispondente allo stato dei luoghi (rif tavola 0.7.4)	Linea di impluvio	Cavidotto MTesterno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I2	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000. Ai fini dello studio idraulico si è fatto riferimento al tracciato riportato sulla carta idrogeomorfologica in quanto rispondente allo stato dei luoghi (rif tavola 0.7.4)	Canale	Cavidotto MTesterno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I3	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000. Ai fini dello studio idraulico si è fatto riferimento al tracciato riportato sulla carta idrogeomorfologica in quanto rispondente allo stato dei luoghi (rif tavola 0.7.4)	Vallone Legnano	Cavidotto MTesterno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).

CODICE Interferenza/Attraversamento	tipologia alveo	Denom.	parte opera che interferisce	Aree di tutela interessate
14	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000	Canale	Cavidotto MTesterno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
15	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000	Canale	Cavidotto MTesterno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
16	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000	Canale	Cavidotto MTesterno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6).  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
17	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000	Torrente Carapellotto	Cavidotto MTesterno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> morfologicamente individuato  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
18	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000	Canale Pozzo Vitolo	Cavidotto MTesterno	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> morfologicamente individuato  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).

### 3.2.6 Ulteriori considerazioni in merito al reticolo idrografico per le opere relative alla proposta alternativa

Dall'allegato 5 si evince che il tratto di nuova realizzazione del cavidotto esterno nell'ipotesi alternativa interessa il reticolo idrografico solo in corrispondenza dell'interferenza I15 e le relative fasce di pertinenza fluviale. Osservando le opere di progetto della possibile alternativa sono state valutate le fasce solo per la porzione di cavidotto di nuova realizzazione, la verifica non è stata eseguita sul tratto esistente di cavidotto esterno dell'ipotesi alternativa in quanto, essendo già realizzato.

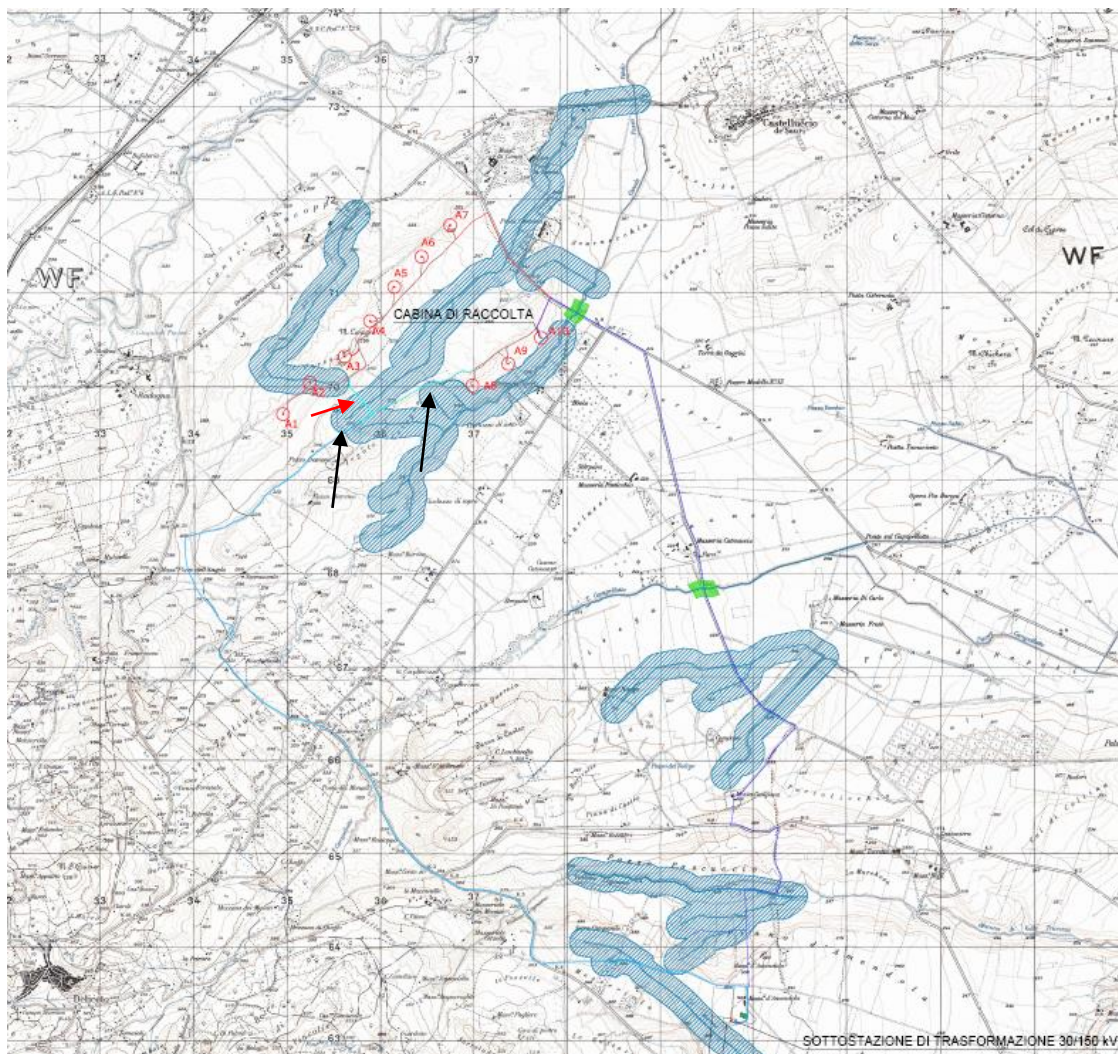
In particolare solo in un punto si ha una reale interferenza che è identificata come I15.

Per il reticolo idrografico si osserva che il buffer di 150 m intorno al reticolo lambisce inoltre altre due porzioni di cavidotto (proposta alternativa) come indicato nell'immagine successiva.

Tali impluvi sono ubicati a quote inferiori alla posa del cavidotto, per gli stessi tuttavia sono comunque state calcolate le fasce con periodo di ritorno paria 200anni, dimostrando che le stesse non interferiscono con le opere.

I15	Linea di impluvio rinvenuta da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000	Canale	Cavidotto MT esterno per alternativa di progetto	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> morfologicamente individuato  <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
-----	---	--------	--	---

Si precisa che i tratti successivi di cavidotto della soluzione alternativa sono già esistenti, tuttavia qualora necessario se verrà scelta la soluzione alternativa saranno effettuate le opportune verifiche anche sul tratto esistente ai fini idraulici.




**Figura 7** Layout di progetto su carta IGM con individuazione dell'alveo in modellamento attivo ed aree golenali e fasce di pertinenza fluviale dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM e indicazione dei punti d'interferenza delle opere in progetto con il reticolo idrografico. La reale interferenza si ha solo con il punto indicato con freccia in rosso (I15)

### 3.2.7 Stazione di trasformazione a 150 kV e cavidotto AT

Già in fase di progettazione definitiva si è tenuto in debito conto delle fasce di rispetto fluviale scegliendo la posizione della stazione di trasformazione in modo da non interferire con il reticolo idrografico esistente e da non interessare le relative fasce di rispetto fluviale. Dall'allegato 5 si evince che la stazione di trasformazione non interessa il reticolo idrografico e le relative fasce di pertinenza fluviale. Anche il cavidotto AT ricade al di fuori di tali ambiti.



	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 26 di 52
---	---	---	---

## 4 COMPATIBILITA' IDRAULICA DEGLI INTERVENTI

Per la verifica idraulica delle opere interferenti descritte nei paragrafi precedenti è stata seguita la procedura sintetizzata di seguito.

In particolare per ciascuna delle sezioni di attraversamento si determina:

- il bacino idrografico sotteso ad ogni sezione di attraversamento (rif. relazione idrologica elab. 0.1); il valore della portata media secondo la metodologia suggerita dal rapporto GNDC – VAPI Puglia - utilizzando il Modello Razionale;
- il valore della portata per periodi di ritorno  $T_r=200$  anni;
- il tirante idrico nella sezione attraversata in corrispondenza degli eventi di piena con  $T = 200$  anni utilizzando il programma di calcolo HEC-RAS in regime di moto permanente.

Si precisa che le sezioni di calcolo sono state ricavate dalla cartografia digitale prelevata dal sito della Regione Puglia (DTM o modello digitale del Terreno) che meglio fornisce la morfologia del territorio rispetto alla cartografia IGM 25000. Le sezioni ottenute dal DTM sono state integrate ed associate con rilievi metrici eseguiti in sito necessari per individuare più in particolare l'effettiva entità del reticolo idrografico.

Per tutti gli attraversamenti inoltre sono stati eseguiti dei sopralluoghi con riprese fotografiche le quali sono state riportate nelle descrizioni di ogni attraversamento che sono esposte nei paragrafi successivi.


### 4.1 Stima della piena indice: modello razionale

In genere ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono di solito deflussi di piena nella sezione terminale del bacino dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica. Il bilancio idrologico del bacino, durante i fenomeni di piena, può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi di ingresso e quelli di uscita si stabilisce una relazione per effetto della concomitante trasformazione subita dai due sottosistemi che costituiscono il bacino: sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione; nella rete idrografica l'aliquota delle piogge efficaci derivanti dai versanti viene invasata e trasportata nella sezione di sbocco a costituire l'idrogramma di piena, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del pluviogramma che lo ha generato.

Il rapporto tra tali volumi (volume di piena e precipitazioni totali), in un prefissato intervallo di tempo, si definisce coefficiente probabilistico di piena  $C^*$ . Tale coefficiente può essere assunto a caratterizzare la risposta del bacino nei riguardi delle perdite per infiltrazione nelle seguenti ipotesi:

- la formazione del deflusso superficiale avviene per eccesso di infiltrazione ovvero con prevalente meccanismo hortoniano, non lineare ma a soglia alla scala puntuale;
- la capacità di infiltrazione è fortemente variabile, in maniera casuale, da un punto all'altro del bacino; ciò rende la trasformazione globale del bacino, da pioggia totale a pioggia efficace più lineare;
- il coefficiente  $C^*$  schematizza, con una relazione di proporzionalità diretta, la relazione capacità di



	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 27 di 52
---	---	---	---

infiltrazione areale - intensità di pioggia areale, che viene linearizzata nel campo dei valori di intensità di pioggia di interesse.

Il comportamento della rete idrografica, considerata alla stregua di un operatore lineare, è noto quando si conosca la risposta ad un ingresso impulsivo unitario detto anche IUH (Instantaneous Unit Hydrograph). Nell'ipotesi di adottare un pluviogramma rettangolare, l'idrogramma di piena corrispondente ha ordinata al colmo proporzionale all'intensità di pioggia per mezzo di un coefficiente di attenuazione di piena  $S(d)$  (Wood & Hebson, 1986) che ha la seguente espressione analitica:

$$S(d) = \int_{t_p-d}^d u(\tau) d\tau$$

ove  $\mu(\tau)$  è IUH del bacino, mentre  $t_p$  l'istante in cui avviene il picco, misurato a partire dal momento di inizio della pioggia.

La portata al colmo di piena per ciascuna unità di area risulta, quindi, proporzionale al prodotto tra il coefficiente di attenuazione della piena e il valore dell'intensità di pioggia al variare della durata  $d$ . Va evidenziato che, all'aumentare della durata  $d$ , mentre il valore dell'intensità di pioggia tende a diminuire, quello del coefficiente di attenuazione tende ad aumentare, per cui esiste un valore della durata che rende massimo tale prodotto e definisce il valore  $t_r$  che ha il significato di tempo di ritardo del bacino.

Il tempo di ritardo di un evento di piena rappresenta quindi la distanza temporale tra i baricentri dell'idrogramma di piena superficiale e lo ietogramma efficace che lo ha generato.

Ne rinviene che la piena indice può essere definita come segue:

$$\mu(Q) = \frac{C^* K_A(t_r) \mu[I_A(t_r)] A}{3.6}$$

ove  $A$  la superficie del bacino espressa in  $Km^2$  e il fattore 3.6 tiene conto delle unità di misura normalmente utilizzate nella valutazione delle grandezze di interesse.

I parametri del modello, cioè il coefficiente di piena  $C^*$  e il tempo di ritardo del bacino  $t_r$  possono essere valutati in base alle seguenti espressioni valide su base regionale:

$$C^* = 0.09 + 0.47 (1 - PE)$$

$$t_r = 0.344 A^{0.5}$$

nelle quali  $PE$  è la percentuale di superficie del bacino caratterizzata da permeabilità medioelevata.

La valutazione dell'intensità della pioggia media sull'intero bacino viene effettuata attraverso il coefficiente di riduzione areale  $K_A(d)$  che ha espressione:

$$K_A(d) = 1 - \left[ 1 - e^{-c_1 A} \right] e^{-c_2 d^{c_3}}$$

ove i coefficienti  $c_1$ ,  $c_2$  e  $c_3$  valgono rispettivamente 0.0021, 0.53 e 0.25.

## 4.2 Valutazione del fattore probabilistico di crescita delle portate

Alla stregua di quanto già condotto in merito alle precipitazioni, è necessario al fine di valutare le portate di piena al variare del tempo di ritorno, stimare il valore assunto dal fattore probabilistico al variare dei parametri individuati nella stima dei due primi livelli di regionalizzazione. In particolare per la Puglia, l'analisi regionale delle portate conduce all'individuazione di un'unica zona omogenea ai primi due livelli. Essa è caratterizzata dai seguenti valori dei parametri della TCEV:

$$\theta^* = 2.654$$

$$\Lambda^* = 0.350$$

$$\Lambda_1 = 5$$

$$\eta = 2.937$$

Tali valori permettono, attraverso la (1), di ottenere numericamente i valori dei coefficienti probabilistici di piena al variare del tempo di ritorno. Alcuni di essi sono riportati a seguire.

$T$ (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
$K_T(Q)$	0.83	1.39	1.85	2.37	2.55	2.95	3.15	3.76	4.39	5.22	5.84

Analogamente a quanto già effettuato con le piogge, il fattore probabilistico di crescita delle portate può essere approssimati con una relazione avente espressione:

$$K_T(Q) = -0.4007 + 0.904 \ln T \quad (1)$$

che determina errori nella stima di  $K_T(Q)$  sempre inferiori al 10%.

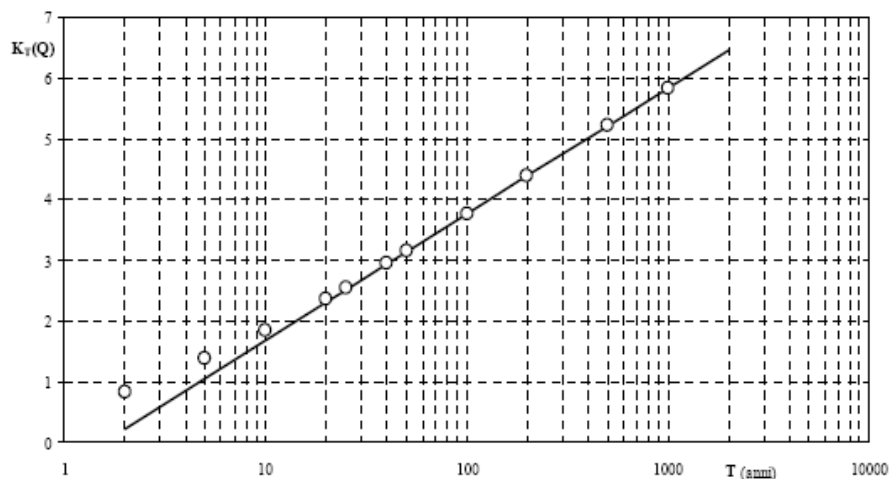


Figura 8 - Fattore probabilistico di crescita delle portate

## 4.3 Valutazione delle piene indice e delle portate di piena dei bacini sottesi alle sezioni di calcolo

A seguire sono riportati i valori delle portate massime che interessano i bacini in esame, calcolate con le metodologie illustrate in precedenza. Allo scopo si sono considerati tempi di ritorno variabili tra i 5 e 500 anni, calcolando contestualmente il coefficiente udometrico  $u$  (in l/s ha), ottenuto dai valori delle suddette portate massime qualora divise per la superficie del bacino.

I valori delle portate massime così calcolate hanno costituito la base per le verifiche successive.

In particolare, si è scelto di fare riferimento, nei calcoli idraulici, al **modello razionale**. Va osservato che l'informazione geomorfologia del bacino in esame è stata derivata, in via informatica, avvalendosi della base cartografica CTR 5.000 attraverso sistema informativo territoriale (rif. elab. 0.4.1 relazione idrologica).

#### MODELLO RAZIONALE

$Q_T$	$k_T Q_m$	
$Q_m$	$C \cdot k_A(t_r) I(t_r) A/3,6$	mc/s
$C$	$0,09+0,47(1-PE)$	
PE	rapporto tra area ad elavata-media permeabilità e area totale del bacino	
$t_r$	tempo di ritardo del bacino, valutato secondo la relazione	
$t_r$	$0,344 A^{-0,5}$	
A	area del bacino in kmq	
$k_A$	coefficiente di riduzione areale, variabile di A (kmq) e tr (durata dell'evento di pioggia)	
$k_A$	$1 - (1 - e^{(-0,021A)}) e^{(-0,53tr^{0,25})}$	
$I(t_r)$	intensità di pioggia da ricavare come rapporto tra $h(t_r)/t_r$	
$h(t_r)$	legge di variazione pluviometrica valida per il bacino	
$k_T$	fattore di crescita dipendente dal tempo di ritorno T dell'evento di piena	
$k_T$	$-0,4007 + 0,904 \ln T$	

Con l'utilizzo del modello razionale sono stati ricavati, per differenti tempi di ritorno e per ciascun bacino per il quale è stata necessaria la verifica idraulica, i valori riportati nelle tabelle seguenti ed in cui:

T= tempo di ritorno; **Kt**= fattore di crescita dipendente dal tempo di ritorno T dell'evento di piena; u=coefficiente udometrico;

**Q<sub>i</sub>**=Portata indice; **Q**=Portata massima per fissato periodo di ritorno;

Bacino I1				
		Modello Razionale		
T	Kt	Q <sub>i</sub>	Q	u
anni		mc/s	mc/s	l/s/ha
5,00	1,05	2,80	2,95	102,95
10,00	1,68	2,80	4,70	164,14
25,00	2,51	2,80	7,02	245,03
50,00	3,14	2,80	8,78	306,22
100,00	3,76	2,80	10,53	367,41
200,00	4,39	2,80	12,28	428,60
500,00	5,22	2,80	14,60	509,49

Tabella 1: Portate massime che interessano il bacino I1

Bacino I2				
		Modello Razionale		
T	Kt	Q <sub>i</sub>	Q	u
anni		mc/s	mc/s	l/s/ha
5.00	1.05	47.80	50.39	9.37
10.00	1.68	47.80	80.34	14.95
25.00	2.51	47.80	119.93	22.31
50.00	3.14	47.80	149.87	27.88
100.00	3.76	47.80	179.82	33.45
200.00	4.39	47.80	209.77	39.02
500.00	5.22	47.80	249.36	46.39

Tabella 2: Portate massime che interessano il bacino I2

<b>Bacino I3</b>				
		<b>Modello Razionale</b>		
<b>T</b>	<b>Kt</b>	<b>Qi</b>	<b>Q</b>	<b>u</b>
<b>anni</b>		<b>mc/s</b>	<b>mc/s</b>	<b>l/s/ha</b>
5.00	1.05	22,53	23,75	28,76
10.00	1.68	22,53	37,87	45,86
25.00	2.51	22,53	56,54	68,45
50.00	3.14	22,53	70,66	85,55
100.00	3.76	22,53	84,78	102,64
<b>200.00</b>	<b>4.39</b>	<b>22,53</b>	<b>98,90</b>	<b>119,74</b>
500.00	5.22	22,53	117,56	142,34

**Tabella 3:** Portate massime che interessano il bacino I3

<b>Bacino I4</b>				
		<b>Modello Razionale</b>		
<b>T</b>	<b>Kt</b>	<b>Qi</b>	<b>Q</b>	<b>u</b>
<b>anni</b>		<b>mc/s</b>	<b>mc/s</b>	<b>l/s/ha</b>
5.00	1.05	9,04	9,53	50,55
10.00	1.68	9,04	15,19	80,60
25.00	2.51	9,04	22,67	120,32
50.00	3.14	9,04	28,33	150,37
100.00	3.76	9,04	34,00	180,42
<b>200.00</b>	<b>4.39</b>	<b>9,04</b>	<b>39,66</b>	<b>210,47</b>
500.00	5.22	9,04	47,14	250,19

**Tabella 4:** Portate massime che interessano il bacino I4

<b>Bacino I5</b>				
		<b>Modello Razionale</b>		
<b>T</b>	<b>Kt</b>	<b>Qi</b>	<b>Q</b>	<b>u</b>
<b>anni</b>		<b>mc/s</b>	<b>mc/s</b>	<b>l/s/ha</b>
5.00	1.05	4,59	4,83	76,35
10.00	1.68	4,59	7,71	121,73
25.00	2.51	4,59	11,50	181,72
50.00	3.14	4,59	14,38	227,10
100.00	3.76	4,59	17,25	272,48
<b>200.00</b>	<b>4.39</b>	<b>4,59</b>	<b>20,12</b>	<b>317,86</b>
500.00	5.22	4,59	23,92	377,85

**Tabella 5:** Portate massime che interessano il bacino I5

<b>Bacino I6</b>				
		<b>Modello Razionale</b>		
<b>T</b>	<b>Kt</b>	<b>Qi</b>	<b>Q</b>	<b>u</b>
<b>anni</b>		<b>mc/s</b>	<b>mc/s</b>	<b>l/s/ha</b>
5.00	1.05	8,77	9,25	51,47
10.00	1.68	8,77	14,75	82,07
25.00	2.51	8,77	22,01	122,51
50.00	3.14	8,77	27,51	153,10
100.00	3.76	8,77	33,01	183,69
<b>200.00</b>	<b>4.39</b>	<b>8,77</b>	<b>38,51</b>	<b>214,29</b>
500.00	5.22	8,77	45,77	254,73

**Tabella 6:** Portate massime che interessano il bacino I6

<b>Bacino I9</b>				
		<b>Modello Razionale</b>		
<b>T</b>	<b>Kt</b>	<b>Qi</b>	<b>Q</b>	<b>u</b>
<b>anni</b>		<b>mc/s</b>	<b>mc/s</b>	<b>l/s/ha</b>
5.00	1.05	5,22	5,50	70,61
10.00	1.68	5,22	8,77	112,58
25.00	2.51	5,22	13,09	168,05
50.00	3.14	5,22	16,36	210,02
100.00	3.76	5,22	19,63	251,99
<b>200.00</b>	<b>4.39</b>	<b>5,22</b>	<b>22,89</b>	<b>293,95</b>
500.00	5.22	5,22	27,21	349,43

**Tabella 7:** Portate massime che interessano il bacino I8

<b>Bacino I10</b>				
		<b>Modello Razionale</b>		
<b>T</b>	<b>Kt</b>	<b>Qi</b>	<b>Q</b>	<b>u</b>
<b>anni</b>		<b>mc/s</b>	<b>mc/s</b>	<b>l/s/ha</b>
5.00	1.05	7,43	7,84	56,94
10.00	1.68	7,43	12,49	90,79
25.00	2.51	7,43	18,65	135,53
50.00	3.14	7,43	23,31	169,37
100.00	3.76	7,43	27,96	203,22
<b>200.00</b>	<b>4.39</b>	<b>7,43</b>	<b>32,62</b>	<b>237,06</b>
500.00	5.22	7,43	38,78	281,80

**Tabella 8:** Portate massime che interessano il bacino I10



<b>Bacino I11</b>				
		<b>Modello Razionale</b>		
<b>T</b>	<b>Kt</b>	<b>Qi</b>	<b>Q</b>	<b>u</b>
<b>anni</b>		<b>mc/s</b>	<b>mc/s</b>	<b>l/s/ha</b>
5.00	1.05	3,09	3,26	96,92
10.00	1.68	3,09	5,20	154,53
25.00	2.51	3,09	7,76	230,68
50.00	3.14	3,09	9,70	288,29
100.00	3.76	3,09	11,63	345,90
<b>200.00</b>	<b>4.39</b>	<b>3,09</b>	<b>13,57</b>	<b>403,51</b>
500.00	5.22	3,09	16,13	479,66

**Tabella 9:** Portate massime che interessano il bacino I11

<b>Bacino I15</b>				
		<b>Modello Razionale</b>		
<b>T</b>	<b>Kt</b>	<b>Qi</b>	<b>Q</b>	<b>u</b>
<b>anni</b>		<b>mc/s</b>	<b>mc/s</b>	<b>l/s/ha</b>
5.00	1.05	1,70	1,80	138,96
10.00	1.68	1,70	2,86	221,56
25.00	2.51	1,70	4,28	330,75
50.00	3.14	1,70	5,34	413,34
100.00	3.76	1,70	6,41	495,94
<b>200.00</b>	<b>4.39</b>	<b>1,70</b>	<b>7,48</b>	<b>578,53</b>
500.00	5.22	1,70	8,89	687,72

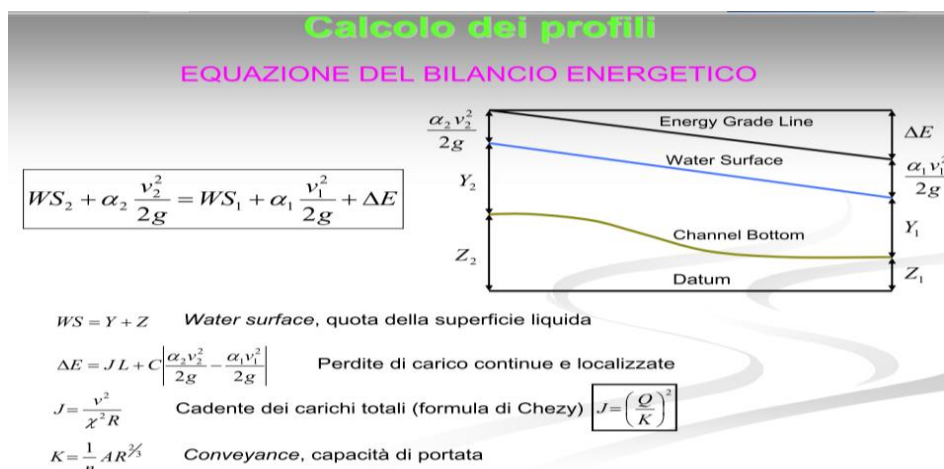
**Tabella 10:** Portate massime che interessano il bacino I12

#### 4.4 Metodologia utilizzata per le verifiche idrauliche

Al precedente paragrafo sono state valutate le portate indice e le portate massime per fissati tempi di ritorno sui sottobacini di interesse adottando il modello razionale.

Per le opere in progetto che interessano aree tutelate come definite dagli art. 6 e 10 delle NTA del PAI, sono state eseguite verifiche idrauliche in regime di moto permanente utilizzando il programma di calcolo HEC-RAS, ai sensi dell'art. 36 delle NTA del PAI. Il software HEC-RAS è il frutto di una lunga evoluzione dei codici di calcolo, finalizzati allo studio della propagazione delle piene nei corsi d'acqua del HEC. Il software HEC-RAS permette di modellare la propagazione di una corrente lungo un corso d'acqua utilizzando uno schema unidimensionale sia in condizioni di moto permanente che in condizioni di moto vario. Il sistema di calcolo è concepito per applicazioni nella sistemazione dei corsi d'acqua e delle pianure alluvionali e per gli studi finalizzati alla determinazione delle aree allagabili con diversi tempi di ritorno in caso di esondazioni dai corsi d'acqua, determinando la variazione del pelo libero per condizioni di moto permanente o gradualmente variato. La procedura di calcolo è basata sulla soluzione delle equazioni dell'energia secondo lo schema monodimensionale. Le perdite di energia considerate sono dovute alla scabrezza (eq. di Manning) ed alla contrazione e/o espansione della vena fluida, attraverso un coefficiente moltiplicatore

della variazione dell'energia cinetica.



#### 4.5 Descrizione interferenze e verifiche idrauliche

La tabella seguente fornisce uno schema sintetico sulle verifiche idrauliche eseguite nel presente studio:

Attraversamenti	Verifiche idraulica	Note
11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 19 - 110 - 111 - 115	Eseguita	
17- 18	Non eseguita	Il reticolo idrografico verrà superato con TOC con inizio e fine esternamente all'alveo in modellamento attivo, contermini l'area golenale morfologicamente individuata e presente anche sulla carta IGM 1:25000

Di seguito, per ciascuna interferenza con il reticolo idrografico, si riportano la descrizione dell'attraversamento e la verifica idraulica eseguita. Per i punti in cui non è stata eseguita la verifica idraulica, viene semplicemente descritto l'attraversamento e la situazione dello stato di fatto nonché le motivazioni che hanno condotto a ritenere di non dover eseguire alcuna verifica idraulica.

Ai sensi delle NTA della su richiamata AdB ed in particolare dell'art. 10 "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" è necessario verificare la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica.

Il comma 2 dell'art. 10 così recita:

*2. All'interno delle fasce di pertinenza fluviale sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, a condizione che venga preventivamente verificata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole dell'Autorità di Bacino*

L'art. 36 delle NTA definisce la sicurezza idraulica come :

*condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni.*

Pertanto nel capitolo successivo si espongono le verifiche idrauliche effettuate ai sensi delle NTA del PAI sopra richiamate al fine di verificare la compatibilità idrologica ed idraulica.

#### 4.5.1 Verifica idraulica attraversamento I1

Risalendo dalla sottostazione di trasformazione in direzione del campo eolico, il cavidotto MT percorre per un primo tratto la viabilità asfaltata (Contrada Piano D'Ammendola) e, dopo aver attraversato la strada Comunale "Deliceto Ascoli Satriano", imbecca un strada sterrata a servizio di un parco eolico esistente. Lungo tale strada il cavidotto risulta parallelo ad un'asta del reticolo idrografico priva di denominazione. L'interferenza viene indicata con il nome I1. Il reticolo idrografico è riportato su carta IGM 1:25000 e su carta idrogeomorfologica anche se il tracciato riportato su entrambe le mappe risulta essere differente. Per cui per le valutazioni si è fatto riferimento al tracciato della Carta Idrogeomorfologica che rappresenta in modo più fedele lo stato dei luoghi.

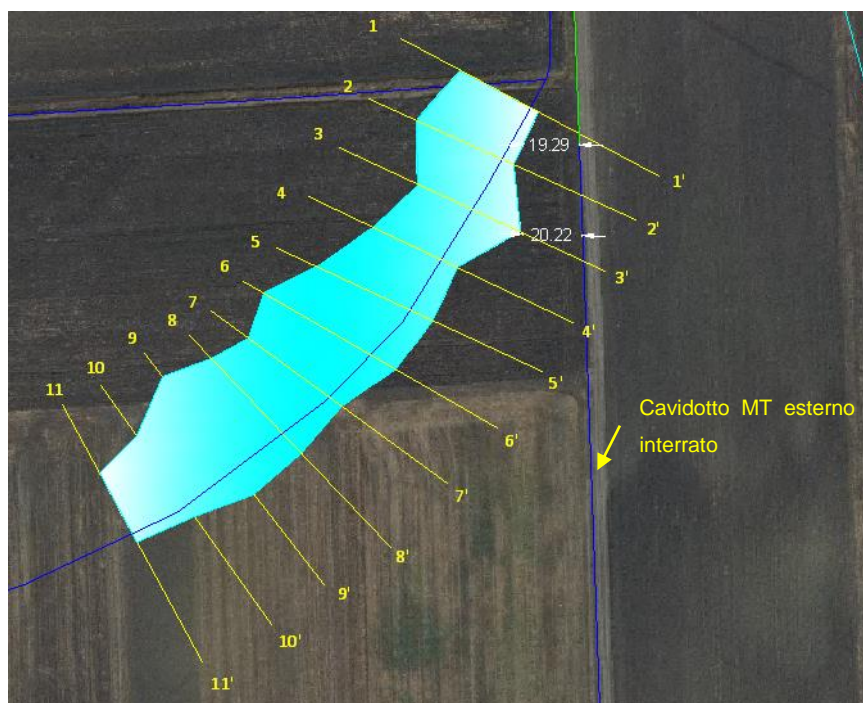
I valori di portata, relativi ai vari tempi di ritorno e definiti in funzione della superficie del bacino individuato per la sezione di chiusura, sono stati inseriti nella sezione di monte rispetto a quella di calcolo, aumentando il criterio di sicurezza.

Le condizioni al contorno fissate per la modellazione sono:

- condizioni di monte = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,2;
- condizioni di valle = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,2.

Alle sezioni trasversali si è assegnato un valore di scabrezza, definito a seguito di sopralluoghi e valutato secondo le tabelle di Manning pari a  $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$ .

Nel seguito è riportata la planimetria dell'area allagabile per la piena bicentenaria, con indicazione delle sezioni utilizzate per la modellazione idraulica monodimensionale di moto permanente



**Figura 9** - individuazione dell'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT esterno, in blu il cavidotto interrato con tecnica di scavo a cielo aperto

In corrispondenza di tale interferenza, il cavidotto MT esterno è posizionato ad una distanza minima di circa 19,00 m dall'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni (rif. allegato 8 - elab. 0.7.8).

Di seguito si riportano i parametri idraulici delle sezioni più vicine alla posa del cavidotto MT esterno:

Sezione di controllo	Q(m <sup>3</sup> /s)	I pendenza	C coefficiente di Manning	T (m) Tirante idrico
1_1'	12,28	0,2	0,03	0,27
2_2'	12,28	0,2	0,03	0,26
3_3'	12,28	0,2	0,03	0,44
4_4'	12,28	0,2	0,03	0,42

L'allegato 8 - Attraversamento I1, mostra l'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni, l'indicazione delle distanze della posa del cavidotto interrato dall'area allagabile, l'indicazione delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente e le riprese fotografiche del reticolo idrografico attraversato.

L'allegato 9 mostra la geometria delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente per la definizione dell'area allagabile con  $T_r=200$  anni e i rispettivi tiranti idrici.

#### 4.5.2 Verifica idraulica attraversamento I2

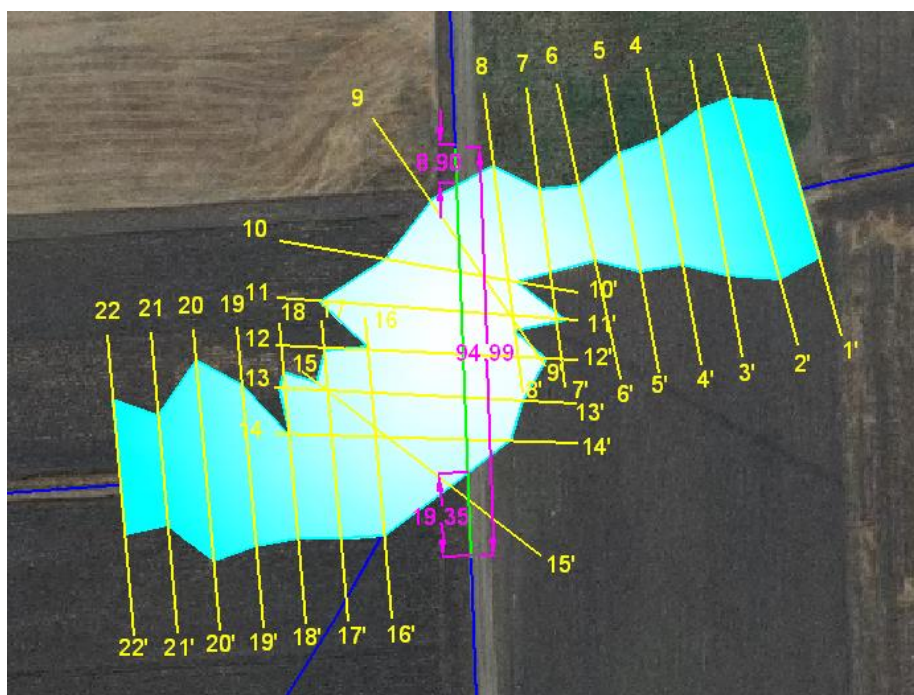
Superata l'interferenza I1 il cavidotto esterno MT prosegue verso nord su strada esistente sterrata a servizio di un parco eolico fino ad incrociare un'asta del reticolo idrografico priva di denominazione. L'interferenza è indicata con il nome attraversamento I2. Il reticolo idrografico è riportato su carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica (allegato 2 – rif. elab. 0.7.2), anche se il tracciato riportato su entrambe le mappe risulta essere differente. Per cui per le valutazioni si è fatto riferimento al tracciato della Carta Idrogeomorfologica che rappresenta in modo più fedele lo stato dei luoghi (allegato 4 – elaborato 0.7.4). I valori di portata, relativi ai vari tempi di ritorno e definiti in funzione della superficie del bacino individuato per la sezione di chiusura, sono stati inseriti nella sezione di monte rispetto a quella di calcolo, aumentando il criterio di sicurezza.

Le condizioni al contorno fissate per la modellazione sono:

- condizioni di monte = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,06;
- condizioni di valle = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,06.

Alle sezioni trasversali si è assegnato un valore di scabrezza, definito a seguito di sopralluoghi e valutato secondo le tabelle di Manning pari a  $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$ .

Nel seguito è riportata la planimetria dell'area allagabile per la piena bicentenaria, con indicazione delle sezioni utilizzate per la modellazione idraulica monodimensionale di moto permanente



**Figura 10** - Individuazione de'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT esterno, in blu il cavidotto interrato con tecnica di scavo a cielo aperto, in verde il tratto di cavidotto da eseguire con tecnica di scavo controllata (TOC)

Dalla verifica idraulica eseguita, al fine di superare l'area allagabile calcolata con periodo di ritorno di 200 anni, il cavidotto esterno MT verrà posato per circa 95 m mediante TOC (Figura 8).

Il cavidotto sarà posato ad una profondità di 2,50 m rispetto alla parte più bassa del reticolo idrografico in modo da non essere interessato da fenomeni erosivi e in modo da non variare il regime idraulico attuale consentendo in futuro eventuali opere di miglioramento.

Di seguito si riportano i parametri idraulici delle sezioni più vicine alla posa del cavidotto MT esterno:

Sezione di controllo	Q(m <sup>3</sup> /s)	I pendenza	C coefficiente di Manning	T (m) Tirante idrico
5_5'	13,83	0,06	0,03	0,35
6_6'	13,83	0,06	0,03	0,27
7_7'	13,83	0,06	0,03	0,41

L'allegato 8 - Attraversamento I2, mostra l'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni, riporta l'indicazione delle distanze dell'inizio e della fine della TOC, l'indicazione delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente e le riprese fotografiche del reticolo idrografico attraversato.

L'allegato 9 mostra la geometria delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente per la definizione dell'area allagabile con  $T_r=200$  anni e i rispettivi tiranti idrici.

#### 4.5.3 Verifica idraulica attraversamento I3

Successivamente il cavidotto prosegue in direzione nord percorrendo la strada sterrata a servizio del parco eolico esistente fino ad incrociare il reticolo idrografico denominato Vallone Legnano interferenza I3, il quale viene prima attraversato per poi essere percorso parallelamente per circa 370 m. Il reticolo



idrografico è riportato su carta IGM 1:25000 e su carta idrogeomorfologica (allegato 2 – rif. elab. 0.7.2). Anche in tal caso il tracciato riportato su entrambe le mappe risulta essere differente. Per cui per le valutazioni si è fatto riferimento al tracciato della Carta Idrogeomorfologica che rappresenta in modo più fedele lo stato dei luoghi (allegato 4 – elaborato 0.7.4).

I valori di portata, relativi ai vari tempi di ritorno e definiti in funzione della superficie del bacino individuato per la sezione di chiusura, sono stati inseriti nella sezione di monte rispetto a quella di calcolo, aumentando il criterio di sicurezza.

Le condizioni al contorno fissate per la modellazione sono:

- condizioni di monte = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,10;
- condizioni di valle = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,10.

Alle sezioni trasversali si è assegnato un valore di scabrezza, definito a seguito di sopralluoghi e valutato secondo le tabelle di Manning pari a  $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$ .

Nel seguito è riportata la planimetria dell'area allagabile per la piena bicentenaria, con indicazione delle sezioni utilizzate per la modellazione idraulica monodimensionale di moto permanente



**Figura 11** - individuazione dell'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT esterno, in blu il cavidotto interrato con tecnica di scavo a cielo aperto, in verde il tratto di cavidotto da eseguire con tecnica di scavo controllata (TOC)

Come si rileva dall'immagine, nel tratto in parallelismo al Vallone Legnano (dalla sezione 4 alla sezione 16), il cavidotto risulta esterno all'area di esondazione per cui il cavo verrà posato con scavo a sezione a cielo aperto. In corrispondenza dell'intersezione con il reticolo idrografico, il cavo verrà posato mediante TOC per il superamento dell'area esondabile determinata in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni. La lunghezza del tratto in TOC è di circa 37 m. Il cavidotto sarà posato ad una profondità di 2,50 m rispetto alla parte più bassa del reticolo idrografico in modo da non essere interessato da fenomeni erosivi e in modo da non variare il regime idraulico attuale consentendo in futuro eventuali opere di miglioramento.

Di seguito si riporto i parametri idraulici delle sezioni più vicine alla posa del cavidotto MT esterno:

Sezione di controllo	Q(m <sup>3</sup> /s)	I pendenza	C coefficiente di Manning	T (m) Tirante idrico
15_15'	98.90	0,10	0,03	3,06
16_16'	98.90	0,10	0,03	1,96
17_17'	98.90	0,10	0,03	2,23

L'allegato 8 - Attraversamento I3, mostra l'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni, l'indicazione delle distanze dell'inizio e della fine della TOC, l'indicazione delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente e le riprese fotografiche del reticolo idrografico attraversato.

L'allegato 9 mostra la geometria delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente per la definizione dell'area allagabile con  $T_r=200$  anni e i rispettivi tiranti idrici.

#### 4.5.4 Verifica idraulica attraversamento I4

Il cavidotto MT esterno proseguendo verso nord percorre una strada comunale fino a raggiungere la SP104. Lungo la SP104 il cavidotto interseca in più diversi punti le aste del reticolo idrografico. Il primo attraversamento è denominato I4. Il reticolo idrografico è riportato su carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica (allegato 2– rif. elab. 0.7.2).

I valori di portata, relativi ai vari tempi di ritorno e definiti in funzione della superficie del bacino individuato per la sezione di chiusura, sono stati inseriti nella sezione di monte rispetto a quella di calcolo, aumentando il criterio di sicurezza.

Le condizioni al contorno fissate per la modellazione sono:

- condizioni di monte = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,12;
- condizioni di valle = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,12.

Alle sezioni trasversali si è assegnato un valore di scabrezza, definito a seguito di sopralluoghi e valutato secondo le tabelle di Manning pari a  $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$  per l'alveo in terra e  $0,2 \text{ s/m}^{1/3}$  in corrispondenza dell'opera idraulica per la presenza di un ponticello in cemento armato di larghezza 2,00 m e altezza 1,00 m. Nel seguito è riportata la planimetria dell'area allagabile per la piena bicentenaria, con indicazione delle sezioni utilizzate per la modellazione idraulica monodimensionale di moto permanente



**Figura 12** - individuazione de'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT esterno, in blu il cavidotto interrato con tecnica di scavo a cielo aperto, in verde il tratto di cavidotto da eseguire con tecnica di scavo controllata (TOC)

Dalla verifica idraulica eseguita, al fine di superare l'area allagabile calcolata con periodo di ritorno di 200 anni, il cavidotto esterno MT verrà posato per circa 64 m mediante TOC (Figura 8).

Il cavidotto sarà posato ad una profondità di 2,50 m rispetto alla parte più bassa del reticolo idrografico in

modo da non essere interessato da fenomeni erosivi e in modo da non variare il regime idraulico attuale consentendo in futuro eventuali opere di miglioramento.

Di seguito si riporto i parametri idraulici delle sezioni più vicine alla posa del cavidotto a 150 kV:

Sezione di controllo	Q(m <sup>3</sup> /s)	I pendenza	C coefficiente di Manning	T (m) Tirante idrico
5_5'	35,80	0,03	0,03	1,26
6_6'	35,80	0,03	0,03	1,25
7_7'	35,80	0,03	0,03	2,31
8_8'	12,05	0,07	0,03	2,16

L'allegato 8 - Attraversamento I4, mostra l'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni, l'indicazione delle distanze dell'inizio e della fine della TOC, l'indicazione delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente e le riprese fotografiche del reticolo idrografico attraversato.

L'allegato 9 mostra la geometria delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente per la definizione dell'area allagabile con  $T_r=200$  anni e i rispettivi tiranti idrici.

#### 4.5.5 Verifica idraulica attraversamento I5-I6

Il cavidotto MT esterno proseguendo verso nord lungo la SP104 incontra due canali privi di denominazione indicati con il nome attraversamenti I5-I6. Il reticolo idrografico è riportato su carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica (allegato 2 – rif.elab. 0.7.2).

Per entrambe le interferenze, i valori di portata, relativi ai vari tempi di ritorno e definiti in funzione della superficie del bacino individuato per la sezione di chiusura, sono stati inseriti nella sezione di monte rispetto a quella di calcolo, aumentando il criterio di sicurezza.

Per l'interferenza I5, le condizioni al contorno fissate per la modellazione sono:

- condizioni di monte = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,09;
- condizioni di valle = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,09.

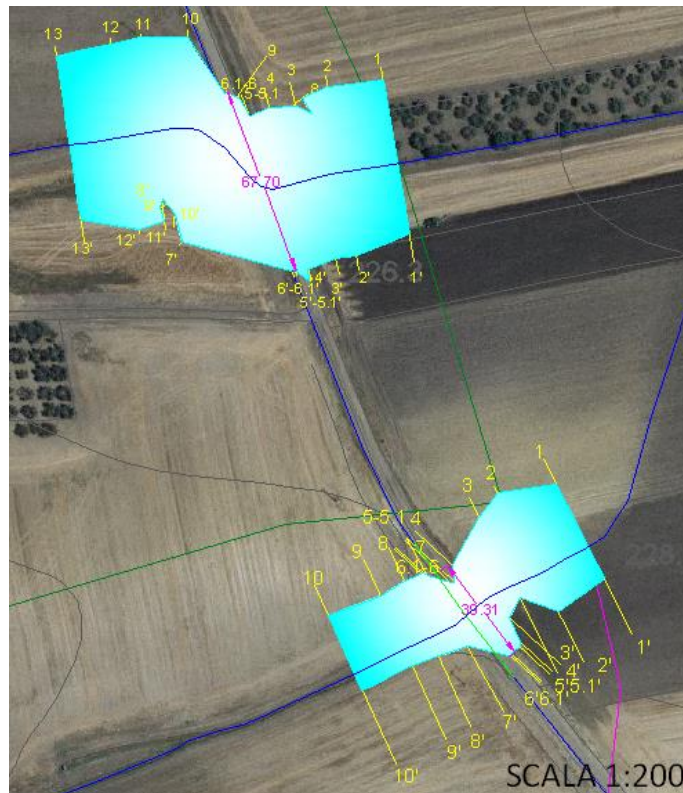
Alle sezioni trasversali si è assegnato un valore di scabrezza, definito a seguito di sopralluoghi e valutato secondo le tabelle di Manning pari a  $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$  per l'alveo in terra e  $0,2 \text{ s/m}^{1/3}$  in corrispondenza dell'opera idraulica per la presenza di un ponticello in cemento armato di larghezza 1,10 m e altezza 0,70 m.

Per l'interferenza I6, le condizioni al contorno fissate per la modellazione sono:

- condizioni di monte = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,09;
- condizioni di valle = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,09.

Alle sezioni trasversali si è assegnato un valore di scabrezza, definito a seguito di sopralluoghi e valutato secondo le tabelle di Manning pari a  $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$  per l'alveo in terra e  $0,2 \text{ s/m}^{1/3}$  in corrispondenza dell'opera idraulica per la presenza di un ponticello in cemento armato di larghezza 1,10 m e altezza 0,70 m.

Nel seguito è riportata la planimetria dell'area allagabile per la piena bicentenaria, con indicazione delle sezioni utilizzate per la modellazione idraulica monodimensionale di moto permanente



**Figura 13** - individuazione de'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT esterno, in blu il cavidotto interrato con tecnica di scavo a cielo aperto, in verde il tratto di cavidotto da eseguire con tecnica di scavo controllata (TOC)

Dalle verifiche idrauliche eseguite, al fine di superare le aree allagabili calcolate con periodo di ritorno di 200 anni, il cavidotto esterno MT verrà posato mediante TOC per circa 40 m in corrispondenza dell'interferenza I5 e per circa 68 m in corrispondenza dell'interferenza I6 (Figura 8).

In entrambi i casi, il cavidotto sarà posato ad una profondità di 2,50 m rispetto alla parte più bassa del reticolo idrografico in modo da non essere interessato da fenomeni erosivi e in modo da non variare il regime idraulico attuale consentendo in futuro eventuali opere di miglioramento.

Di seguito si riporto i parametri idraulici delle sezioni più vicine alla posa del cavidotto esterno:

Sezione di controllo	Q(m <sup>3</sup> /s)	I pendenza	C coefficiente di Manning	T (m) Tirante idrico
Interferenza I5				
4_4'	20,12	0,09	0,03	1,30
5_5'	20,12	0,09	0,03	1,31
6_6'	20,12	0,09	0,03	1,43
7_7'	20,12	0,09	0,03	1,29

Sezione di controllo	Q(m <sup>3</sup> /s)	I pendenza	C coefficiente di Manning	T (m) Tirante idrico
Interferenza I6				
4_4'	38,51	0,09	0,03	1,65
5_5'	38,51	0,09	0,03	1,69
6_6'	38,51	0,09	0,03	2,05
7_7'	38,51	0,09	0,03	2,06



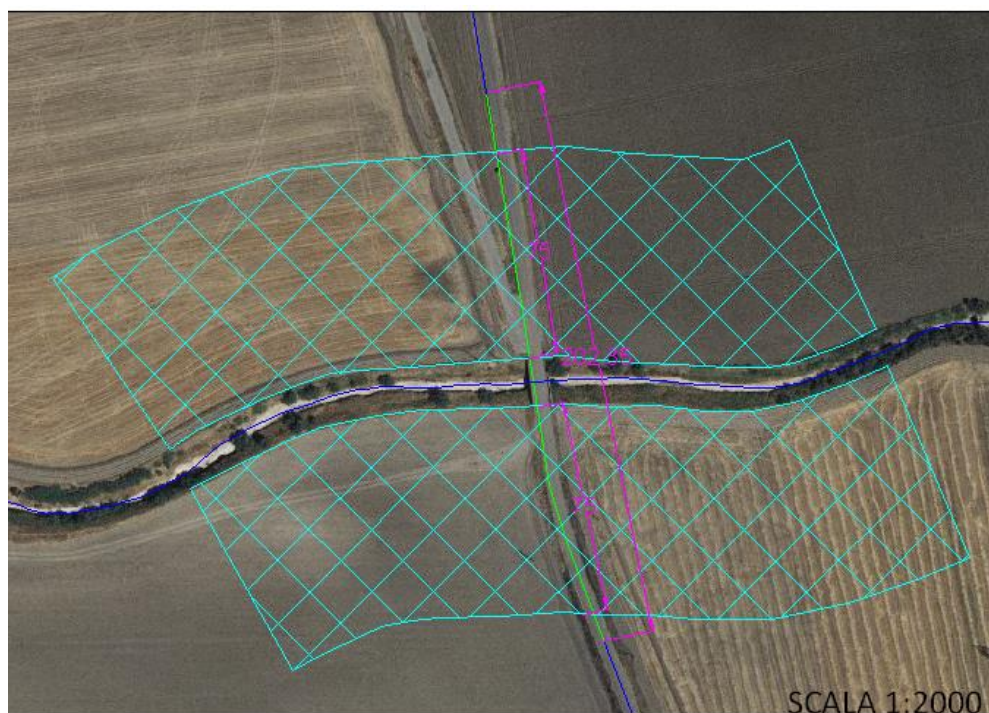
L'allegato 8 - Attraversamento I5-I6, mostra l'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni, l'indicazione delle distanze dell'inizio e della fine della TOC, l'indicazione delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente e le riprese fotografiche del reticolo idrografico attraversato.

L'allegato 9 mostra la geometria delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente per la definizione dell'area allagabile con  $T_r=200$  anni e i rispettivi tiranti idrici.

#### 4.5.6 Descrizione modalità di attraversamento I7

Il cavidotto MT esterno proseguendo verso nord lungo la SP104 attraversa il canale Carapelotto. L'interferenza è indicata con il numero I7. Il reticolo idrografico è riportato su carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica (allegato 2 – rif.elab. 0.7.2).

Per l'interferenza con il Canale Carapelotto non è stato eseguito il calcolo delle aree allagabili in quanto si prevede di posare il cavidotto MT con TOC nel buffer dei 75 m dell'alveo in modellamento attivo con termine all'area golenale che risulta essere in questo caso morfologicamente individuata (allegato 8 – rif. elab. 0.7.8).



**Figura 14** - individuazione de'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT esterno, in blu il cavidotto interrato con tecnica di scavo a cielo aperto, in verde il tratto di cavidotto da eseguire con tecnica di scavo controllata (TOC)

Individuato l'alveo in modellamento attivo, la lunghezza complessiva del tratto di cavidotto da realizzare in TOC è pari a circa 205 m.

Il cavidotto sarà posato ad una profondità di 2,50 m rispetto alla parte più bassa del reticolo idrografico in modo da non essere interessato da fenomeni erosivi e in modo da non variare il regime idraulico attuale consentendo in futuro eventuali opere di miglioramento.L'allegato 8 - Attraversamento I7, mostrano nel dettaglio la fascia di 75 m dell'alveo in modellamento attivo con termine le aree golenali morfologicamente individuate.L'allegato 9 mostra la geometria delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente per la definizione dell'area allagabile con  $T_r=200$  anni e i rispettivi tiranti idrici.



#### 4.5.7 Descrizione modalità di attraversamento I8

Il cavidotto MT esterno si sviluppa verso nord lungo la SP104 per poi seguire la SP106 in direzione nord-ovest. Lungo la SP106 il cavidotto interseca il canale Pozzo Vitolo. L'interferenza è indicata con il numero I8. Il reticolo idrografico è riportato su carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica (allegato 2 – rif.elab. 0.7.2).

Per l'interferenza con il Canale Carapellotto non è stato eseguito il calcolo delle aree allagabili in quanto si prevede di posare il cavidotto MT con TOC nel buffer dei 75 m dell'alveo in modellamento attivo con termine all'area golenale che risulta essere in questo caso morfologicamente individuata (allegato 8 – rif. elab. 0.7.8).




**Figura 15** - individuazione de'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT esterno, in blu il cavidotto interrato con tecnica di scavo a cielo aperto, in verde il tratto di cavidotto da eseguire con tecnica di scavo controllata (TOC)

Individuato l'alveo in modellamento attivo, la lunghezza complessiva del tratto di cavidotto da realizzare in TOC è pari a circa 210 m.

Il cavidotto sarà posato ad una profondità di 2,50 m rispetto alla parte più bassa del reticolo idrografico in modo da non essere interessato da fenomeni erosivi e in modo da non variare il regime idraulico attuale consentendo in futuro eventuali opere di miglioramento.

L'allegato 8 - Attraversamento I8, mostrano nel dettaglio la fascia di 75 m dell'alveo in modellamento attivo con termine le aree golenali morfologicamente individuate.

L'allegato 9 mostra la geometria delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente per la definizione dell'area allagabile con  $T_r=200$  anni e i rispettivi tiranti idrici.

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 43 di 52
---	---	---	---

#### 4.5.8 Verifica idraulica attraversamenti I9-I10

Superato il Canale Pozzo Vitolo il cavidotto segue in direzione nord-ovest la SP106 fino ad incrociare due canali canali privi di denominazione indicati con il nome attraversamenti I9 e I10. I reticoli idrografici sono riportati su carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica (allegato 2 – rif. elab. 0.7.2).

I valori di portata, relativi ai vari tempi di ritorno e definiti in funzione della superficie del bacino individuato per la sezione di chiusura, sono stati inseriti nella sezione di monte rispetto a quella di calcolo, aumentando il criterio di sicurezza.

Per l'attraversamento I9, le condizioni al contorno fissate per la modellazione sono:

- condizioni di monte = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,09;
- condizioni di valle = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,09.

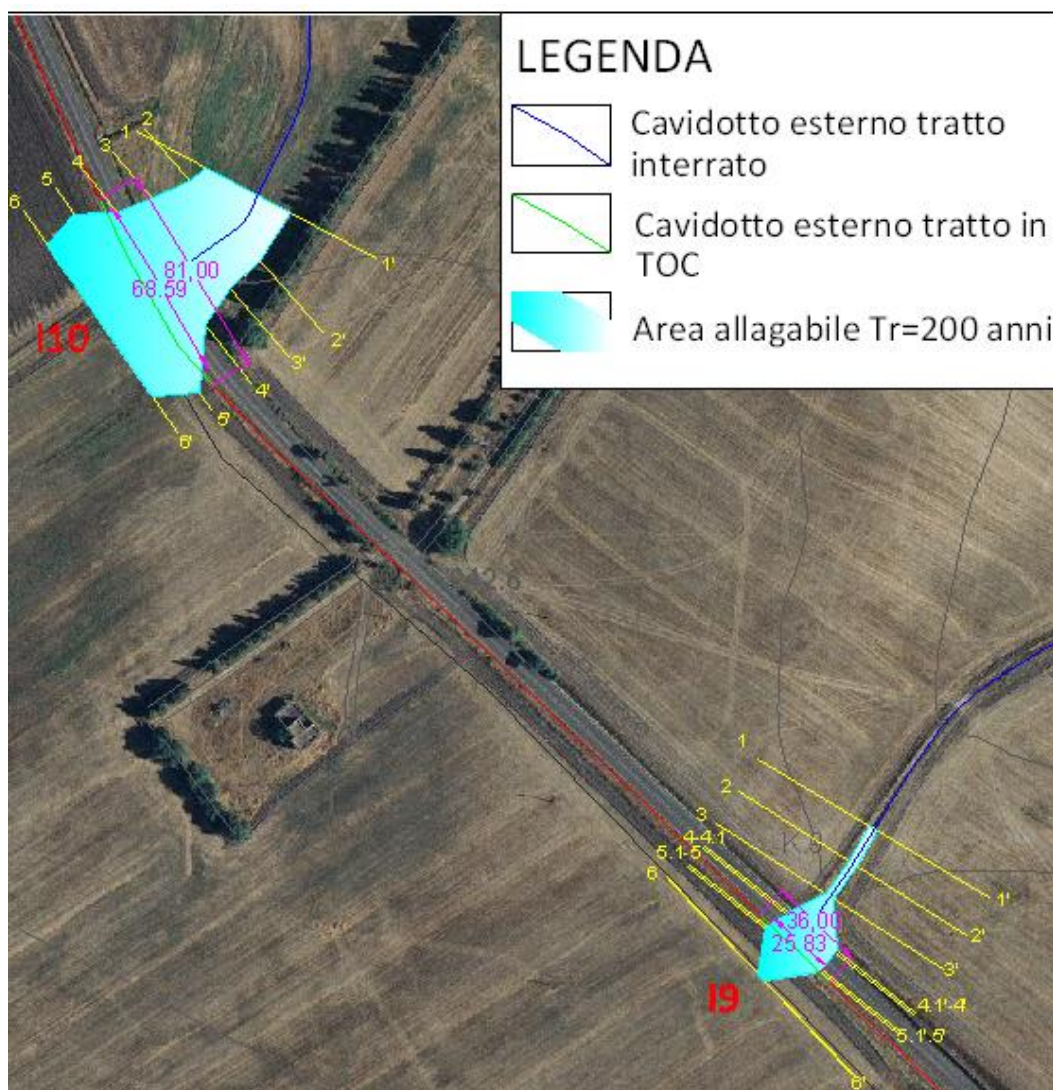
Alle sezioni trasversali si è assegnato un valore di scabrezza, definito a seguito di sopralluoghi e valutato secondo le tabelle di Manning pari a  $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$  per l'alveo in terra e  $0,2 \text{ s/m}^{1/3}$  in corrispondenza dell'opera idraulica per la presenza di un ponticello in cemento armato di larghezza 1,00 m e altezza 1,00 m.

Per l'attraversamento I10, le condizioni al contorno fissate per la modellazione sono:

- condizioni di monte = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,06;
- condizioni di valle = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,06.

Alle sezioni trasversali si è assegnato un valore di scabrezza, definito a seguito di sopralluoghi e valutato secondo le tabelle di Manning pari a  $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$  per l'alveo in terra.

Nel seguito è riportata la planimetria dell'area allagabile per la piena bicentenaria, con indicazione delle sezioni utilizzate per la modellazione idraulica monodimensionale di moto permanente



**Figura 16** - Individuazione dell'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT interno, in rosso il cavidotto interrato con tecnica di scavo a cielo aperto, in verde il tratto di cavidotto da eseguire con tecnica di scavo controllata (TOC)

Dalle verifiche idrauliche eseguite, al fine di superare le aree allagabili calcolate con periodo di ritorno di 200 anni, il cavidotto esterno MT verrà posato mediante TOC per circa 36 m in corrispondenza dell'interferenza I9 e per circa 81 m in corrispondenza dell'interferenza I10 (Figura 8).

In entrambi i casi, il cavidotto sarà posato ad una profondità di 2,50 m rispetto alla parte più bassa del reticolo idrografico in modo da non essere interessato da fenomeni erosivi e in modo da non variare il regime idraulico attuale consentendo in futuro eventuali opere di miglioramento.

Di seguito si riporto i parametri idraulici delle sezioni più vicine alla posa del cavidotto esterno:

Sezione di controllo	Q(m <sup>3</sup> /s)	I pendenza	C coefficiente di Manning	T (m) Tirante idrico
Interferenza I9				
4_4'	22,89	0,09	0,03	2,22
5_5'	22,89	0,09	0,03	3,11
6_6'	22,89	0,09	0,03	1,15

Sezione di controllo Interferenza I10	Q(m <sup>3</sup> /s)	I pendenza	C coefficiente di Manning	T (m) Tirante idrico
4_4'	32,62	0,06	0,03	0,62
5_5'	32,62	0,06	0,03	0,51
6_6'	32,62	0,06	0,03	0,52

L'allegato 8 - Attraversamento I9-I10, mostra l'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni, l'indicazione delle distanze dell'inizio e della fine della TOC, l'indicazione delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente e le riprese fotografiche del reticolo idrografico attraversato.

L'allegato 9 mostra la geometria delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente per la definizione dell'area allagabile con  $T_r=200$  anni e i rispettivi tiranti idrici.

#### 4.5.9 Verifica idraulica parallelismo I11

Seguendo il percorso della strada Provinciale 106 in direzione nord-ovest circa 1000 m prima dell'incrocio con la statale n.161 il cavidotto interno svolta verso ovest su una strada sterrata fino a raggiungere l'aerogeneratore A2 seguendo in parallelo una linea d'impiuvio priva di denominazione indicata con il nome attraversamento I11. Il reticolo idrografico è riportato su carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica (allegato 2 – rif. elab. 0.7.2).

I valori di portata, relativi ai vari tempi di ritorno e definiti in funzione della superficie del bacino individuato per la sezione di chiusura, sono stati inseriti nella sezione di monte rispetto a quella di calcolo, aumentando il criterio di sicurezza.

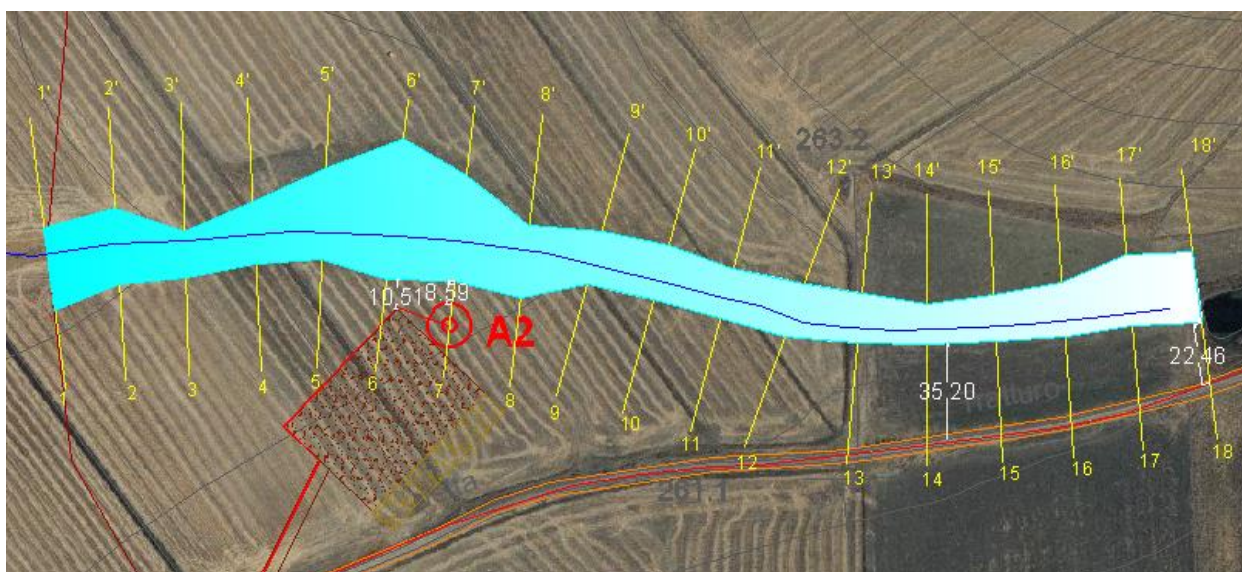
Le condizioni al contorno fissate per la modellazione sono:

- condizioni di monte = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,07;
- condizioni di valle = pendenza dell'alveo in condizioni di moto uniforme pari a 0,07.

Alle sezioni trasversali si è assegnato un valore di scabrezza, definito a seguito di sopralluoghi e valutato secondo le tabelle di Manning pari a  $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$ .

Nel seguito è riportata la planimetria dell'area allagabile per la piena bicentenaria, con indicazione delle sezioni utilizzate per la modellazione idraulica monodimensionale di moto permanente





**Figura 17** - individuazione dell'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT interno e Aerogeneratore A2, il cavidotto MT interno e l'aerogeneratore A2 sono esterni alle aree allagabili determinata con Tr 200 nni

L'aerogeneratore A2 e il cavidotto interno sono posizionati ad una distanza rispettivamente di circa 8,59 m e 22,46 m dall'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $Tr=200$ , e quindi sono in sicurezza idraulica.

Di seguito si riporto i parametri idraulici delle sezioni più vicine alla posa del cavidotto a 20 kV:

Sezione di controllo	Q(m <sup>3</sup> /s)	I pendenza	C coefficiente di Manning	T (m) Tirante idrico
5_5'	13,57	0,07	0,03	2,15
6_6'	13,57	0,07	0,03	1,32
7_7'	13,57	0,07	0,03	0,66
8_8'	13,57	0,07	0,03	0,40

L'allegato 8 - Attraversamento I11, mostra l'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $Tr=200$  anni, l'indicazione delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente e le riprese fotografiche del reticolo idrografico attraversato.

L'allegato 9 mostra la geometria delle sezioni utilizzate per l'analisi in moto permanente per la definizione dell'area allagabile con  $Tr=200$  anni e i rispettivi tiranti idrici.



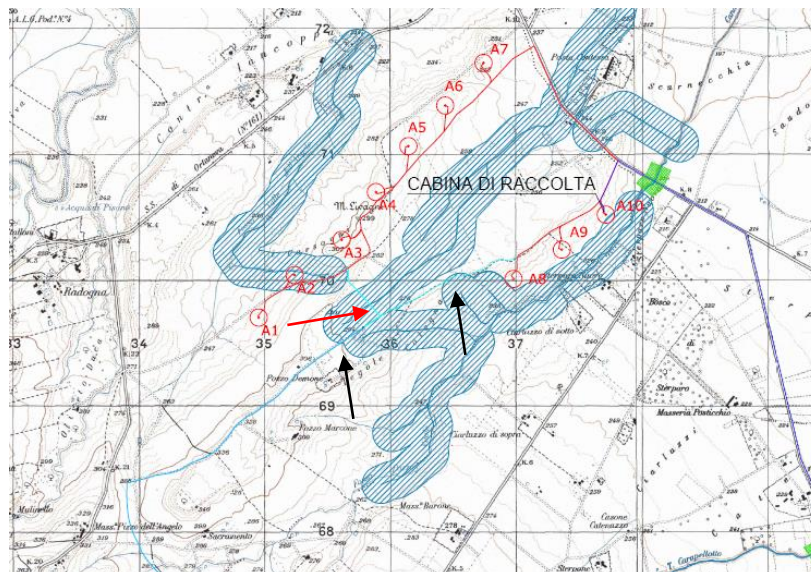
#### 4.5.10 Verifica idraulica parallelismo I15

Per l'interferenza I15 il cavidotto interno nell'ipotesi alternativa dalle verifiche idrauliche eseguite, al fine di superare le aree allagabili calcolate con periodo di ritorno di 200 anni, il cavidotto esterno MT interno nell'ipotesi alternativa verrà posato mediante TOC per circa 65.00 ml.



**Figura 18** - individuazione dell'interferenza del reticolo idrografico con il cavidotto MT per soluzione alternativa, si prevede Toc per l'interferenza I15.

Come anticipato anche per i tratti evidenziati in figura pur non essendo delle reali interferenze in quanto il canale è posto a quote ben inferiori al cavidotto, è stato effettuato il calcolo delle fasce di esondazione con periodo di ritorno a 200 anni.



**Figura 19** - individuazione delle interferenze del buffer del reticolo idrografico con il cavidotto MT per soluzione alternativa, si osserva che il cavidotto e starad esistente è a quota superiore.

Come si osserva dall'immagine successiva non si ha interferenza tra le opere della possibile scelta alternativa e le fasce di allagamento, comunque calcolate.

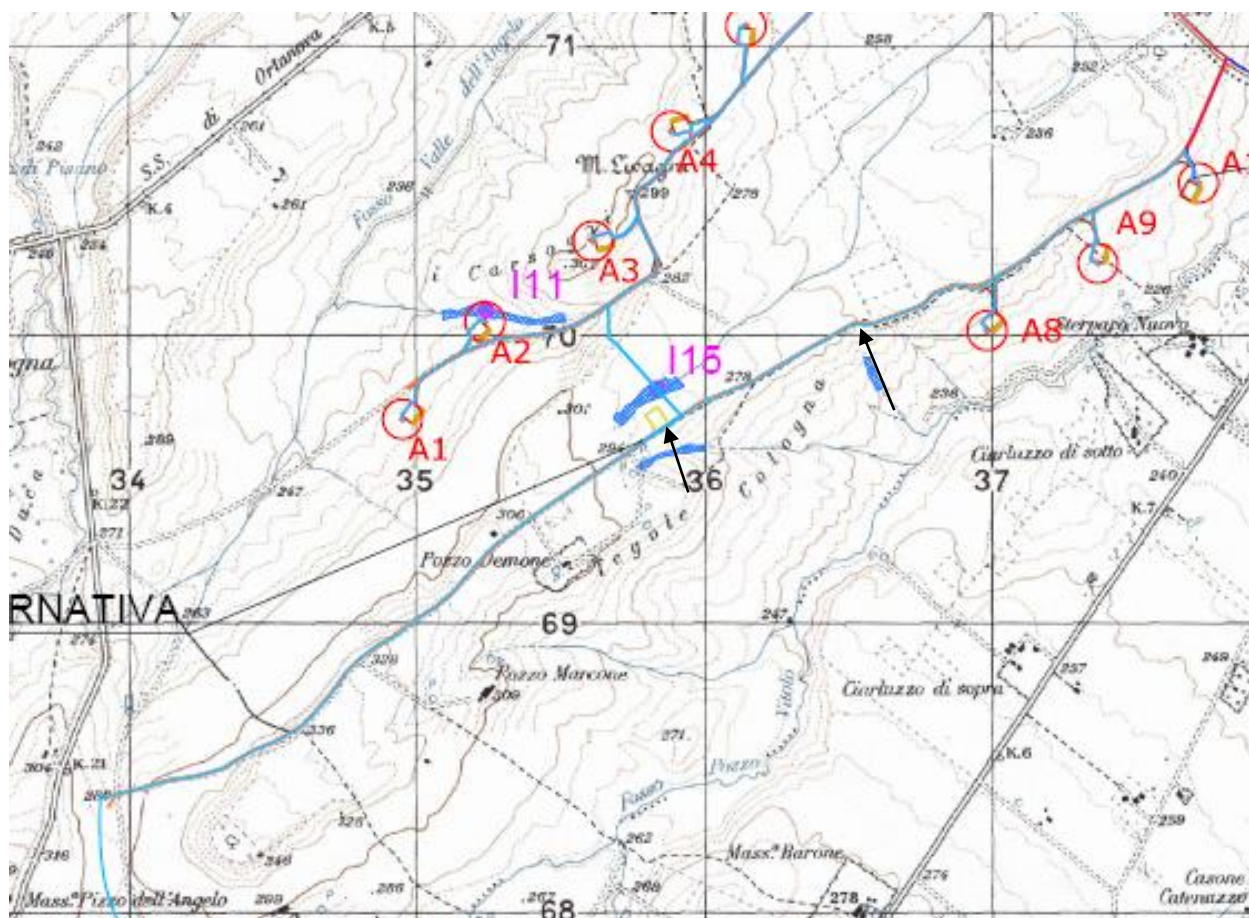


Figura 20 – Come si osserva il cavidotto e la strada esistente sono esterni alle fasce .

#### 4.6 Tratto di posa cavidotto interno ed esterno in corrispondenza delle aree tutelate connesse a reticoli cartografati su IGM - scavi con TOC

Al fine di assicurare che la posa dei cavi interrati non alteri l'attuale equilibrio dei materiali che costituiscono il fondo delle aree interessate dal transito delle piene bicentinarie, lungo i tratti di intersezione gli attraversamenti saranno realizzati con tecnica T.O.C., che si articola secondo tre fasi operative:

- 1) esecuzione del foro pilota: questo sarà di piccolo diametro e verrà realizzato mediante l'utilizzo dell'utensile fondo foro, il cui avanzamento all'interno del terreno è garantito dalla macchina perforatrice che trasmetterà il movimento rotatorio ad una batteria di aste di acciaio alla cui testa è montato l'utensile fresante. La posizione dell'utensile sarà continuamente monitorata attraverso il sistema di localizzazione;
- 2) trivellazione per l'allargamento del foro fino alle dimensioni richieste: una volta completato il foro pilota con l'uscita dal terreno dell'utensile fondo foro (exit point) verrà montato, in testa alla batteria di aste di acciaio, l'utensile per l'allargamento del foro pilota, di diametro superiore al precedente, e il tutto viene tirato verso l'impianto di trivellazione (entry point). Durante il tragitto di rientro del sistema di trivellazione, l'alesatore allargherà il foro pilota;

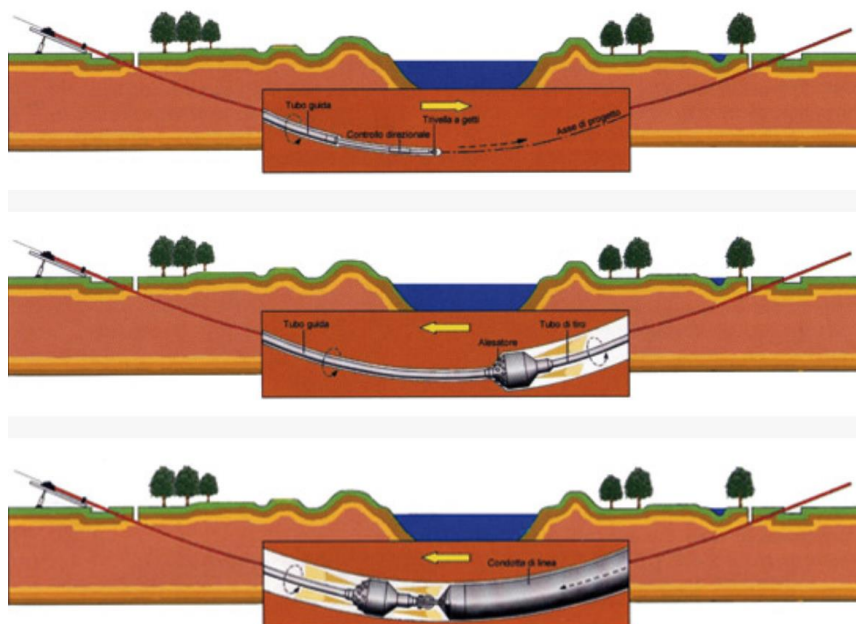
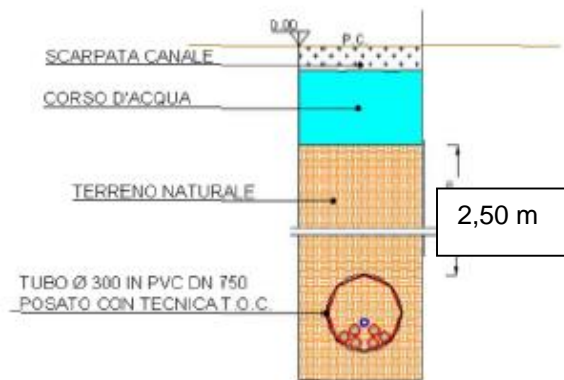


- 3) tiro della tubazione o del cavo del foro: completata l'ultima fase di alesatura, in corrispondenza dell'exit point verrà montato, in testa alle condotte da posare già giuntate tra loro, l'utensile per la fase di tiro-posa e questo viene collegato con l'alesatore. Tale utensile ha lo scopo di evitare che durante la fase di tiro, il movimento rotatorio applicato al sistema dalla macchina perforatrice non venga trasmesso alle tubazioni. La condotta viene tirata verso l'exit point. Raggiunto il punto di entrata la posa della condotta si può considerare terminata.

In particolare, in corrispondenza delle interferenze del reticolo idrografico prima indicate, l'attraversamento del reticolo idrografico avverrà ad una profondità maggiore di 2,50 m dal punto depresso del terreno in prossimità del reticolo idrografico, le operazioni di scavo direzionale inizieranno e termineranno per ogni interferenza minimo a 10,00 m dall'area allagabile determinata in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni in maniera tale da lasciarne inalterato il fondo.

A seguire si restituiscono alcuni schemi semplificativi della TOC.

#### SEZIONE TIPICA CAVIDOTTO CON T.O.C.



**Figura 21** - Operazioni di scavo direzionali con TOC

## 4.7 Calcolo erosione

Il calcolo dell'erosione è stato eseguito per i seguenti reticoli in quanto sono i reticoli di maggiore importanza e per i quali si hanno le portate più significative:

CODICE Interferenza/Attraversamento	tipologia alveo	Denom.	parte opera che interferisce
I3	Canale rinvenuto da carta idrogeomorfologica e IGM scala 1:25000	Vallone Legnano	cavidotto esterno interrato a 150 kV

Per avere garanzie sulla bontà della scelta di assicurare 2,50 m di profondità per la posa del cavo al disotto del punto più depresso delle aree allagabili, sono state individuate le azioni di trascinamento che la corrente può esplicare in corrispondenza dei tratti di attraversamento dei reticoli sopra prima indicati, in modo tale da verificare che la relativa profondità di escavazione non possa raggiungere il cavo stesso.

In generale, la corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta ossia, erode il letto fluviale mobile. L'erosione può provocare l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento e spostamento (migrazione) dell'alveo.

Si distinguono pertanto i seguenti fenomeni:

- Erosione locale, dovuta principalmente ad eventi intensi associati a precipitazioni eccezionali: si esplica in prossimità di singolarità idrauliche, come pile o spalle di ponti, ovvero salti e scivoli che comportano perturbazioni alla corrente, ove la turbolenza risulta particolarmente intensa. Il fenomeno ha decorso rapidissimo e può portare alla rovina dell'opera in alveo nel corso di una sola piena;
- Erosione generalizzata, dovuta alle piene ordinarie: si sviluppa quando la portata di sedimento immessa da monte non è sufficiente a saturare la capacità di trasporto della corrente idrica; la saturazione della capacità di trasporto avviene prelevando materiale d'alveo, ossia erodendo il letto; questa può procedere uniformemente o localmente ma in maniera graduale.

Il caso in esame, dove gli attraversamenti delle aree allagabili sono previsti lungo tratti indisturbati dell'alveo in modellamento attivo, privi di opere puntuali, è da ricondurre all'erosione di tipo generalizzata.


Al fine di garantire il cavidotto dal fenomeno dell'erosione lo stesso sarà posto a 2.50 m al di sotto del fondo dell'alveo, che è un profondità molto cautelativa. Infatti dai calcoli di seguito riportati si stimano abbassamenti del letto inferiori ai 2.5 m.

La profondità della erosione di un tronco d'alveo per carenza di apporto di materiale solido da monte può essere definita con delle formulazioni empiriche.

Infatti la sezione si deformerà, approfondendosi e/o allargandosi, fino a che l'azione di trascinamento della corrente non diminuirà al di sotto del valore critico individuato.

Per le valutazioni più speditive si può ricavare la profondità di erosione  $\delta$  come differenza tra il tirante d'acqua  $h$  antecedente alla erosione e il tirante d'acqua  $h_e$  a fenomeno avvenuto:

$$\delta = h - h_e$$

 <b>TENPROJECT</b>	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 51 di 52
---	---	---	---

dove:

- $h_e$ : tirante successivo all'erosione (calcolato con le formule empiriche di Blench)
- $h$ : tirante antecedente all'erosione.

Il tirante d'acqua  $h_e$  a fenomeno avvenuto si ricava da formule del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dall'equilibrio dei canali a regime.

La formula di Blench (1969) propone:

$$h_e = 0.379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \quad \text{per sabbia e limo con } 6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0.002$$

$$h_e = 0.692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12} \quad \text{per sabbia e ghiaia con } 0.002 < d_{50} \text{ (m)}$$

la formula di Maza Alvarez ed Echavarria (1973) propone:

$$h_e = 0.365 q^{0.784} d_{50}^{-0.157} \quad \text{per sabbia e ghiaia con } d_{75} \text{ (m)} < 0.006$$

dove per  $q$  = portata nell'unità di larghezza del canale.

Per il calcolo di "q" si utilizza il tirante e velocità forniti dal modello idraulico lungo le sezioni stesse. Si valuta a seguire il fenomeno per l'interferenza I3. Si è assunto, in maniera cautelativa, che detti valori massimi, misurati in corrispondenza delle sezioni di attraversamento prossime all'interferenza, possano definire le suddette portate per unità di larghezza del canale  $q$  se li si considera rappresentativi per tutta la sezione stessa, fissando, in questo modo, una sezione rettangolare per gli alvei. Questa posizione è, di fatto, ampiamente cautelativa in quanto in una sezione mistilinea i valori di tirante e velocità variano dai valori massimi adottati fino a quelli molto più modesti che si ritrovano lungo i bordi delle aree allagabili.

#### Erosione Interferenza I3 – canale Valone Legano - sezione di controllo 16-16'

Tirante = 1,96 m

Velocità = 2,54 m/sec

$d_{50} = 0,002$  (sabbie e limi)


Portata unitaria  $q = 4,97 \text{ m}^2/\text{sec}$

$h_e = 3,11 \text{ m}$

**$\delta = 3,11 - 1,96 = 1,59 \text{ m}$**

Per quanto appena esposto il cavidotto interrato MT in corrispondenza degli attraversamenti verrà realizzato con tecnica di scavo T.O.C.; per tali tratti la profondità di posa di 2,50 m è superiore alla profondità di escavazione esplicabile dalla corrente. Peretanto, a tale profondità il cavidotto non potrà essere interessato da fenomeni erosivi.



 <b>TENPROJECT</b>	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idraulica	Codice Revisione Data revisione Pagina	GE.BOV01.PD.0.6 00 16/04/2018 52 di 52
---	---	---	---

## 5 CONCLUSIONI

Le verifiche idrauliche eseguite in corrispondenza dei punti d'interferenza dei reticoli idrografici hanno permesso di individuare le aree inondabili con tempi di ritorno  $Tr=200$  anni, così come richiesto dalla NTA del PAI redatto dall'AdB della Puglia.

I risultati ottenuti, posti alla base della progettazione, assicurano che le opere in progetto, come rappresentato negli elaborati grafici, sono assolutamente congruenti con l'assetto idraulico del territorio e con le relative condizioni di sicurezza. In sintesi, alla luce delle analisi e delle verifiche effettuate si sono delineate le seguenti conclusioni:

- gli aerogeneratori in progetto sono esterni alle aree allagabili determinate in condizione di moto permanente con  $Tr=200$  anni con il software HEC-RAS;
- il cavidotto interrato MT nel suo percorso interseca in più punti il reticolo e la relativa area golenale e fascia di pertinenza fluviale, tutti gli attraversamenti verranno eseguiti con tecnica di scavo T.O.C.; per tali tratti la profondità di posa di 2,50 m supera ampiamente la profondità di escavazione esplicabile dalla corrente, quindi a profondità tale da non essere interessato da fenomeni erosivi
- la stazione di trasformazione di utenza e il cavidotto AT ubicati nel comune di Deliceto non interessano nessuna area tutelata.

Assodato che gli studi condotti hanno interessato un ampio territorio, delimitando i bacini di studio in maniera tale da ricomprendere tutto il reticolo che potesse avere influenza sull'assetto idraulico delle aree di interesse e sulle opere previste. Gli aerogeneratori in progetto non interferiscono con il reticolo idrografico e con le connesse aree di allagamento e le relative aree golenali e fasce di pertinenza fluviale come definite dagli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI, il cavidotto interrato MT interno ed esterno per il tratto interrato sarà posato con tecniche idonee per non alterare l'equilibrio del materiale costituente gli alvei, dove li attraversa, ed a profondità tale da non essere interessato da fenomeni erosivi.

**Pertanto, avendo riferito tutte le valutazioni agli eventi bicentenari, definite le fasce di pertinenza fluviale di ogni reticolo idrografico, l'impianto risulta essere in condizioni di "sicurezza idraulica".**