

Committente

# X-ELIO ⊕

**X-Elio Italia 5 S.r.l.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA

Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361461005

Progettista



Viale Jonio 95 - 00141 Roma - [info@architetturasostenibile.com](mailto:info@architetturasostenibile.com)

## **PROGETTO AGROVOLTAICO "GINOSA"**

*Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico  
di potenza pari a 68,475 MWp e relative opere di connessione alla RTN*

Località

**REGIONE PUGLIA - COMUNE DI GINOSA (TA)**

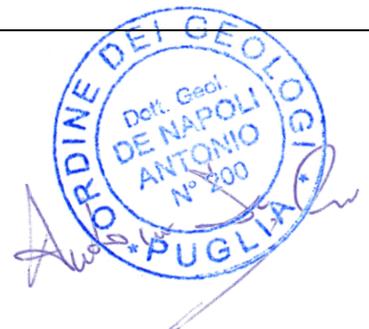
Titolo

**RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA  
INTEGRAZIONE**

Data di prima emissione : 06 luglio 2020

Revisione: 09 novembre 2020

AS\_GIN\_R05\_ADD1



## Sommario

- Premessa.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
- Intersezione con reticolo idrografico .....	2
- Primo attraversamento.....	4
- Verifica idrologico-idraulica.....	5
- Calcolo erosione alveo.....	30
- Attraversamento del reticolo con la tecnica della T.O.C.....	33
- Interferenza con la falda idrica sotterranea.....	36
- Secondo attraversamento.....	38
- Conclusioni.....	39

## Premessa

La presente relazione è intesa ad integrazione dell'elaborato "AS\_GIN\_R05 - relazione idrologica-idraulica", come da richiesta n. "r\_puglia/AOO\_064/PROT/29/09/2020/0013237" del Dipartimento Mobilità, qualità urbana opere pubbliche, ecologia e paesaggio – Sezione Lavori Pubblici – Struttura Tecnica Provinciale Taranto.

Le integrazioni richieste sono le seguenti:

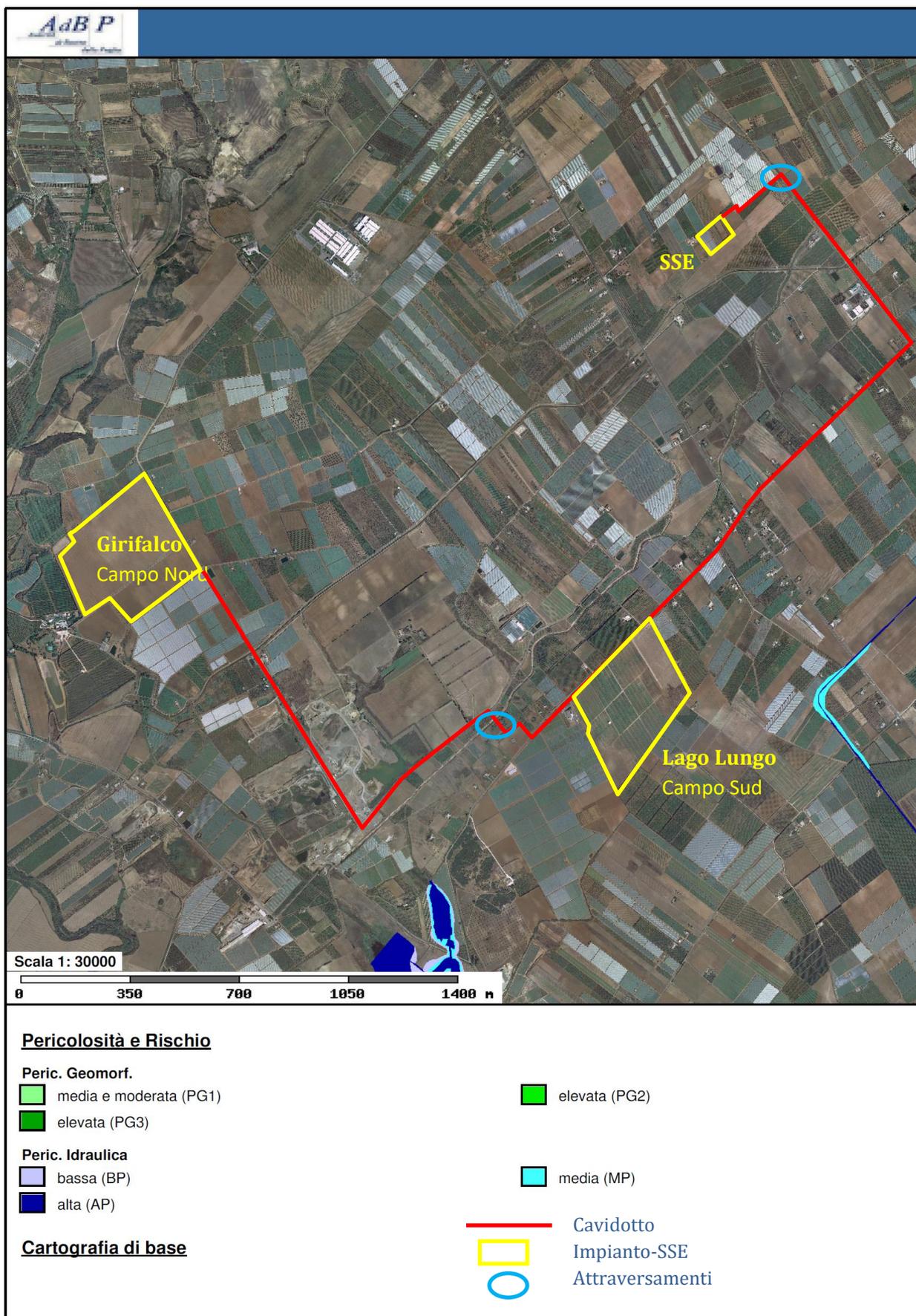
1. Redigere un elaborato grafico in scala adeguata che riporti le sezioni di progetto dell'attraversamento del cavidotto in subalveo rispetto al canale "Lama di Pozzo" in prossimità del "Campo Sud" e della "sottostazione" e specifichi la profondità minima di progetto degli stessi rispetto alla quota di scorrimento (di fondo) del canale nei tratti intercettati dal cavidotto. Tanto si chiede in quanto l'elaborato prodotto: "AS\_GIN\_G.4.4.1 – Opere elettriche – Sezioni tipo cavidotti di collegamento" reca una mera "sezione tipo" quotata in maniera indicativa e peraltro non congruente con l'elaborato "AS\_GIN\_R05 – Relazione Idrologica-Idraulica" (cfr. pag. 52-53).
2. Integrare l'elaborato "AS\_GIN\_R05 – Relazione Idrologica-Idraulica" con la indicazione della profondità minima degli attraversamenti specificati al punto 1. che precede, motivandone la compatibilità idrologica ed idraulica tenendo conto dei fenomeni erosivi del fondo alveo, nonché della falda idrica sotterranea.

## Intersezioni con reticolo idrografico

Il cavidotto interrato si sviluppa interamente su strada tranne in due punti, entrambi corrispondenti all'attraversamento del Canale Lama di Pozzo.

Il primo attraversamento, nelle vicinanze del "Campo Sud", sarà realizzato con l'utilizzo della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) ad una profondità di 2,00 m rispetto al fondo alveo, in modo da non interferire con l'attuale assetto idraulico dei luoghi.

Il secondo attraversamento, nelle vicinanze della Sottostazione, sarà realizzato sul fianco del ponticello di attraversamento del canale.



**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

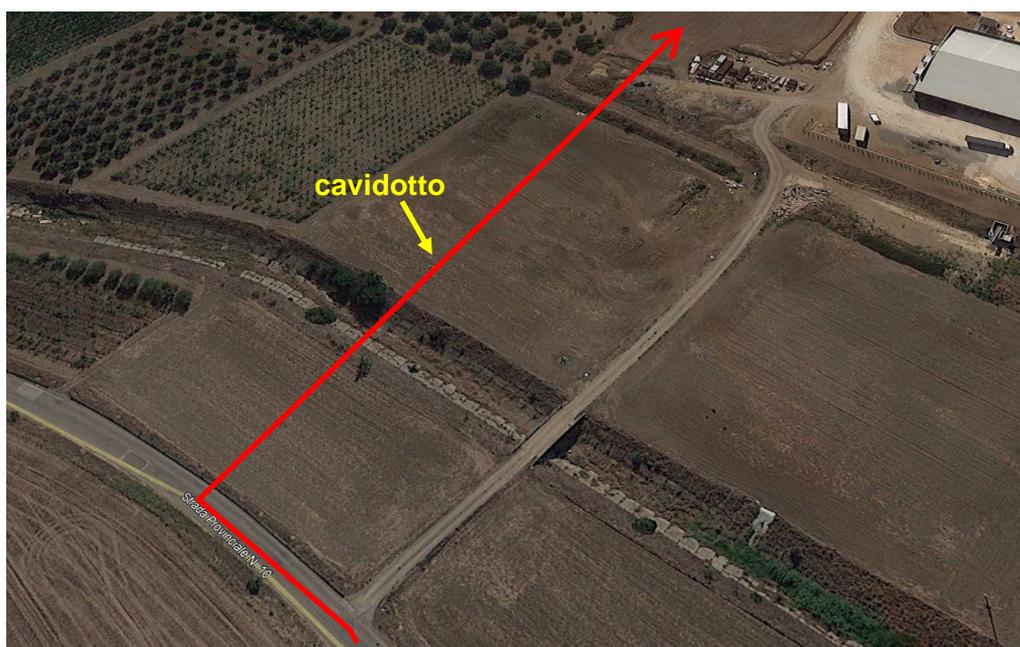
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

## PRIMO ATTRAVERSAMENTO

L'attraversamento sarà realizzato in perpendicolare al canale utilizzando la tecnica T.O.C.. Considerando un'angolo di inclinazione di 15° circa ed una profondità di 2.50 m rispetto al fondo dell'alveo, i tombini di entrata e di uscita dovrebbe distare rispettivamente 14.50 e 19.30 m dal limite del canale.

Per quanto riguarda le caratteristiche del sito in oggetto, i punti terminali di tale tratta presentano spazi sufficienti sia per il posizionamento e l'orientamento della macchina sia per la posa in opera dei tubi camicia.

Per verificare la compatibilità idraulica dell'intervento e la profondità di attraversamento del cavidotto, è stata eseguito lo studio idrologico-idraulico del canale e la capacità erosiva in corrispondenza della sezione di intersezione.



Attraversamento Canale Lama di Pozzo

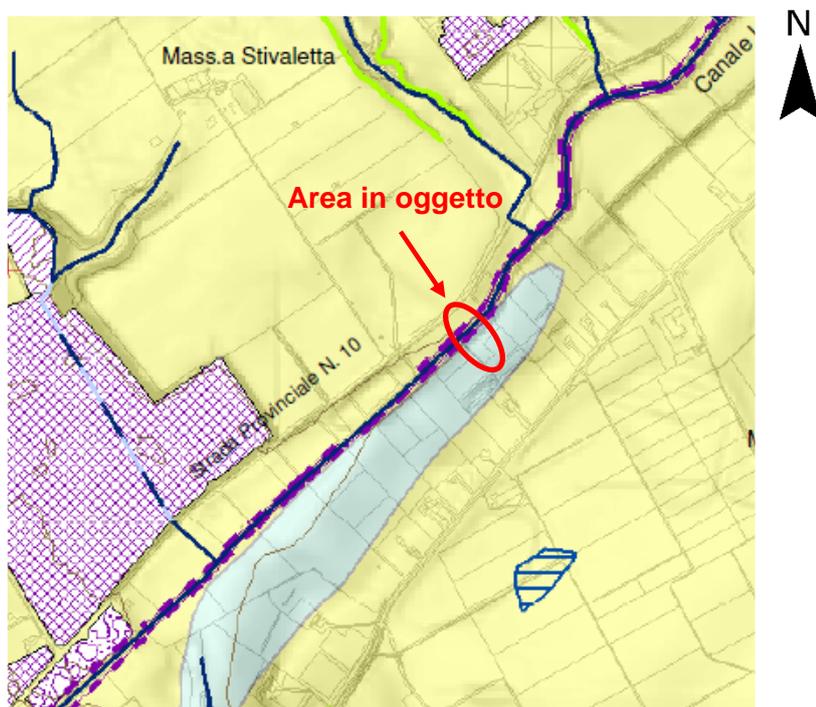


**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

## Verifica idrologico-idraulica

Partendo dalla delimitazione dei bacini idrologici nonché dalle determinazioni idrologiche – probabilistiche delle portate di piena, attese con il tempo di ritorno a 200 anni, si è proceduto alla “Modellazione idraulica del corso d’acqua”, simulando la propagazione dell’onda di piena nell’alveo, determinando l’altezza che il livello idrico potrebbe raggiungere nelle varie sezioni dello stesso.



- |  |  |
|--|--|
| •  Depositi alluvionali |  Reticolo         |
| •  Sabbia               |  Ripa di erosione |
| •  Area di cava attiva  |  Argine           |

Stralcio Carta Idrogeomorfologica (SIT Puglia)

Lo studio idrogeologico ed idraulico coordinato è così strutturato:

- studio morfologico e litologico del bacino sotteso con la caratterizzazione del reticolo idrografico;
- quantificazione idrologica dei deflussi;
- rilievo topografico;

### X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

- simulazione idraulica delle portate transitanti con l'impiego del codice HEC – RAS secondo lo schema di moto permanente monodimensionale.

## Caratteristiche del bacino di alimentazione

Il sito in oggetto è un terreno incolto, ubicato ad est del “Campo Sud”, con quota media pari a 25 m s.l.m.. L'attraversamento interessa il canale denominato “Lama di Pozzo”, che s'innesta nel ramo principale e sfocia nel Golfo di Taranto a sud di Marina di Ginosa.

Il tratto oggetto di studio si presenta rettilineo e canalizzato. Pertanto si configura un regime idraulico lineare e tale da ritenere idoneo lo studio con un software monodimensionale.

## Individuazione bacino idrografico

L'individuazione dei bacini idrografici è stata ottenuta attraverso la ricostruzione del modello digitale del terreno (DEM) facendo riferimento ai dati cartografici informatizzati reperibili dal SIT Puglia integrati dal rilievo sul campo.

Nello specifico i dati topografici di partenza sono stati elaborati al fine di ottenere un DEM formato Grid che consente un'analisi topografica di maggiore dettaglio rispetto ad una elaborazione in formato TIN. Attraverso l'utilizzo del software Geo-HMS è stato possibile determinare il bacino idrografico afferente alla sezione di imposta ubicata in corrispondenza del sito oggetto di studio.

Il rilievo geologico effettuato lungo il tratto di reticolo verificato idraulicamente ha evidenziato che si tratta di un solco erosivo di origine meteorica, interessato da scorrimento idrico solo in concomitanza con i principali eventi piovosi. Il tratto in esame presenta una direzione di scorrimento da sud verso nord.

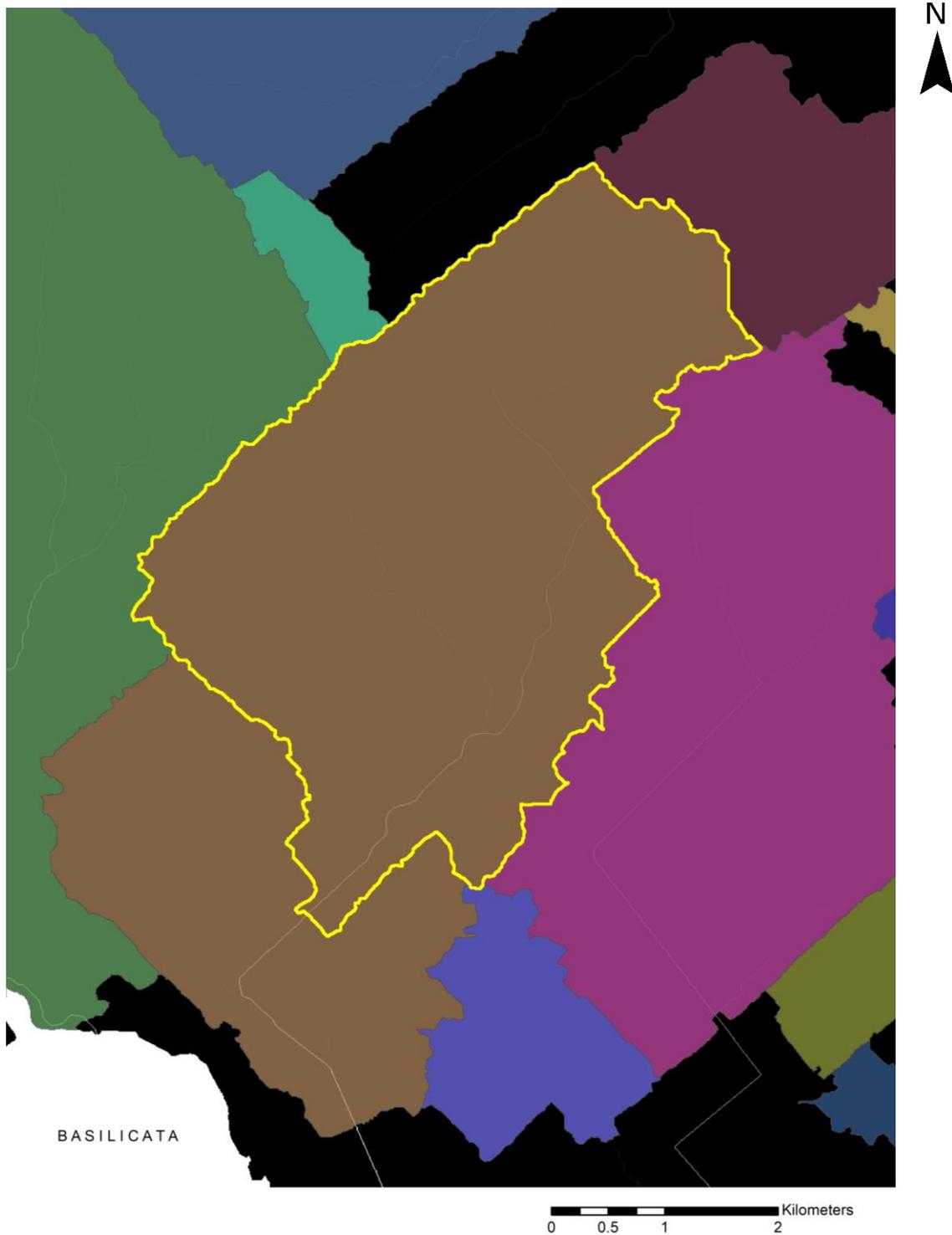
Di seguito sono riportati i dati relativi alle caratteristiche del reticolo idrografico, utilizzati per effettuare la verifica idraulica.

<b>Tab. 1: Caratteristiche reticoli</b>	<b>RETICOLO</b>
area bacino	18.72 km <sup>2</sup>
lunghezza asta	7784 m
lunghezza bacino	7139 m
altezza media bacino	56.6 m
quota sez. chiusura	22.2 m
quota max bacino	80 m
quota max asta	77.3 m

In particolare, lungo l'asse di scorrimento del reticolo sono state rilevate n° 8 sezioni morfologiche, perpendicolari alla direzione di flusso.

Il calcolo della portata di colmo è stato eseguito in corrispondenza della sezione n° "5.9" (ultima di valle). Ovvero in corrispondenza della chiusura del bacino di alimentazione.

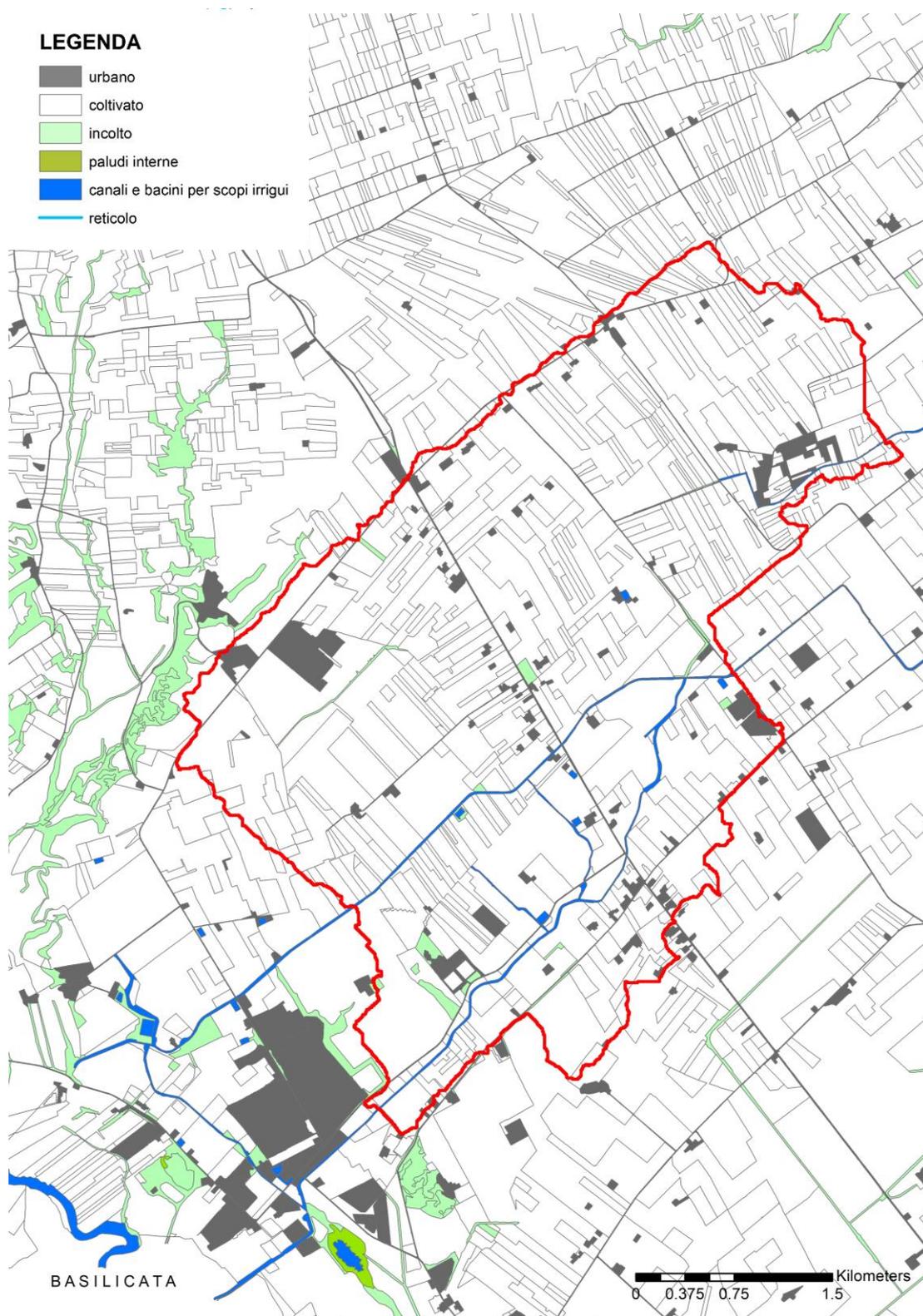
**Tale portata poi è stata applicata dalla sezione 866 (prima di monte).**



Individuazione delle linee di drenaggio e relativi bacini di alimentazione

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

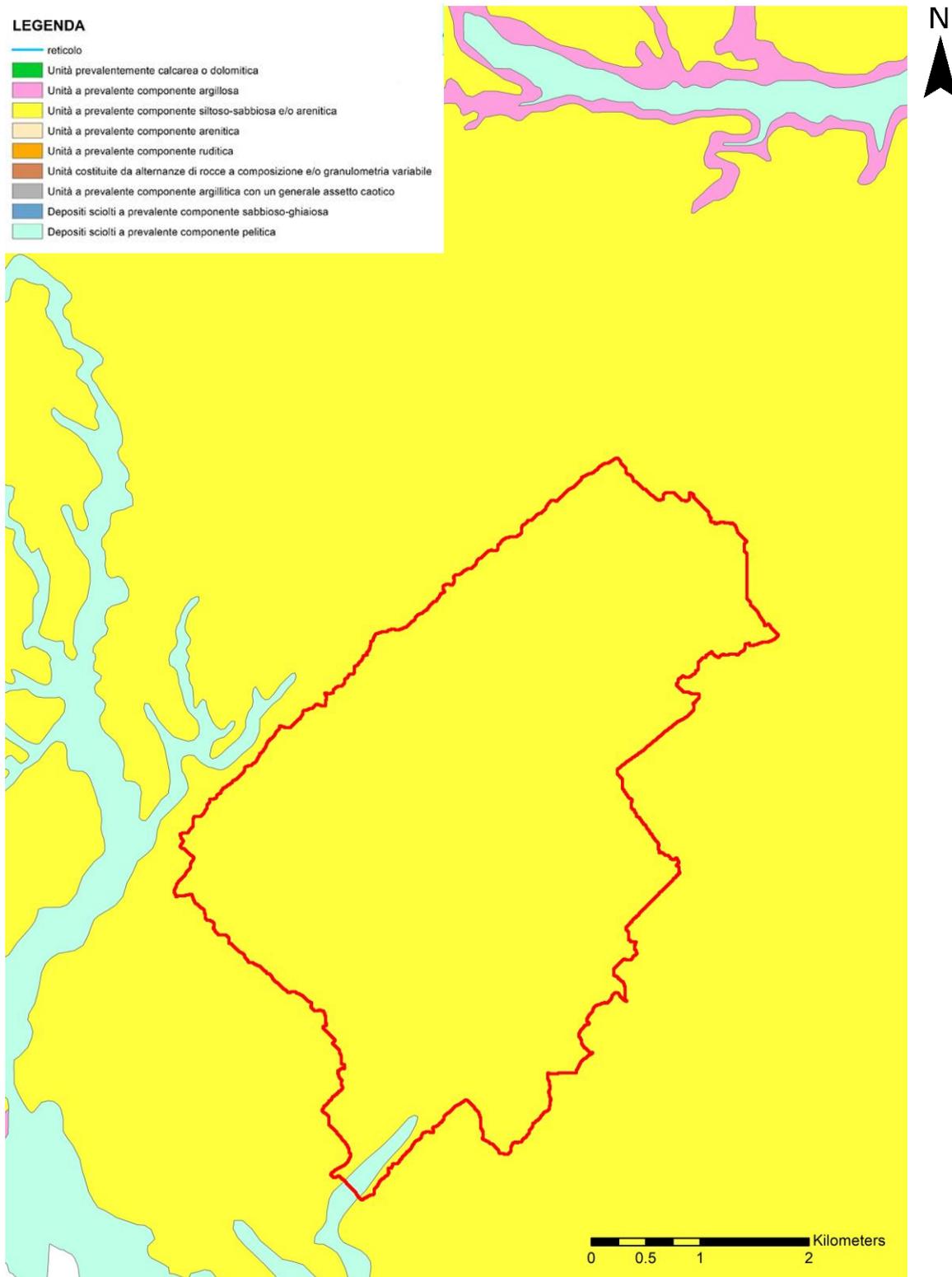
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Stralcio carta Uso del Suolo, rispetto al bacino di alimentazione

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Stralcio carta litologica, rispetto al bacino di alimentazione

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

## Stima della portata al colmo di piena

### Dati pluviometrici

La curva segnalatrice di possibilità pluviometrica è stata individuata secondo il metodo probabilistico TCEV. I risultati, riportati nel sito dell’Autorità di Bacino della Puglia, suddividono la Puglia in sei sottozone omogenee, ognuna caratterizzata da parametri diversi.

Il bacino oggetto di studio ricade all’interno della zona cinque (Puglia centro), in cui la curva di probabilità pluviometrica ha la seguente formula:

$$X(t, z) = 28.2t^{[(0.628+0.0002z)/3.178]}$$

Dopo aver trovato il valore di  $X_t$  (per prefissato tempo di ritardo) si calcola il fattore di crescita  $K_t$  in funzione del tempo di ritorno, utilizzando la formula:

$$K_t = a + b \ln T$$

$$a = 0,1599$$

$$b = 0,5166$$

$$T = \text{tempo di ritorno}$$

A questo punto il valore della pioggia è dato da:

$$P = X_t \cdot K_t$$



Sottozone omogenee (TCEV)

#### X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

## Cenni metodologici: il CN dell'SCS

Il metodo usualmente denominato “curve number” CN ed elaborato dal Soil Conservation Service (SCS) assume che la produzione del volume di deflusso superficiale,  $Q$ , sia data dalla seguente espressione:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{(P - I)}$$

in cui:

$F$  = volume specifico infiltrato;                       $S$  = volume specifico di saturazione di un terreno;  
 $P$  = precipitazione;     $I$  = assorbimento iniziale.

quindi, tenendo conto dell'equazione di continuità:                       $F = P - I - Q$

dalla precedente, si ottiene:                       $Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I + S)}$

Il volume specifico di saturazione dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo, fattori che vengono espressi, per mezzo del CN, attraverso la seguente relazione:

$$S = S_0 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

in cui:

- $S_0$  è un fattore di scala, pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm;
- CN è il parametro di cui sopra, che può essere un valore compreso fra zero e cento.

Tale modello, quindi, prende in considerazione le due variabili  $I$  ed  $S$ . In realtà, il termine  $I$  rappresenta un volume specifico di pioggia, generalmente sottratto a priori al bilancio in esame, che descrive in modo globale diversi processi, quali l'intercettazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali, l'imbibimento iniziale del terreno. Nella procedura SCS-CN standard,  $I$  viene valutato come una quota parte di  $S$ , specificatamente il 20%.

Resta, infine, da definire come si determina il parametro CN. Tale parametro, come abbiamo già accennato, è funzione della permeabilità, dello stato di umidità del suolo al momento dell'evento meteorico in esame e dell'uso del suolo.

## Modalità esecutive

Nel presente studio, la valutazione del parametro CN è stata eseguita secondo le indicazioni del Maione sia per quel che riguarda le espressioni matematiche, sia per la tabella uso del suolo-permeabilità, sia per la valutazione dell'umidità del suolo, supportate da valutazioni conseguenti ad indagini effettuate in loco.

Si riporta di seguito uno schema della metodologia adottata.

Classificazione del suolo secondo quattro classi di permeabilità ottenute dal confronto delle formazioni geologiche presenti nel bacino con tabelle di conversione estratte da studi precedenti:

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
<b>A = MOLTO PERMEABILE</b>	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
<b>B = POCO PERMEABILE</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione
<b>C = QUASI IMPERMEABILE</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
<b>D = IMPERMEABILE</b>	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Determinazione dell'umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico e riconoscimento di tre classi (classi AMC, Antecedent Moisture Condition), in funzione della pioggia caduta nei cinque giorni precedenti.

AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 - 28 mm	36 - 53
III	> 28 mm	> 53 mm

Tenendo conto della stagione in cui ricade l'evento in esame, rispetto al periodo di crescita delle piante, si hanno le seguenti espressioni per la valutazione del CN:

### X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)} \quad CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

I CN(II) è definito dalla tabella a doppio ingresso uso del suolo-permeabilità.

Per lo studio in oggetto, attraverso l'utilizzo di tecniche GIS, sono stati calcolati i seguenti valori relativi alle diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento (AMC I, II e III).

USO DEL SUOLO			LITOLOGIA SUPERFICIALE			
Tipo	Trattamento	Drenaggio	A	B	C	D
Arato	Linee rette	-----	77	86	91	94
Coltivazione per fila	“	Povero	72	81	88	91
	“	Buono	67	78	85	89
	Isoipse	Povero	70	79	84	88
	“	Buono	65	75	82	86
	terrazzato	Povero	66	74	80	82
Graminacee allo stato iniziale	“	Buono	62	71	78	81
	Linee rette	Povero	65	76	84	88
	“	Buono	63	75	83	87
	Isoipse	Povero	63	74	82	85
	“	Buono	61	73	81	84
Seminativo intenso o prateria	terrazzato	Povero	61	72	79	82
	“	Buono	59	70	78	81
	Linee rette	Povero	66	77	85	89
	“	Buono	58	72	81	85
	Isoipse	Povero	64	75	83	85
Pascolo	“	Buono	55	69	78	83
	terrazzato	Povero	63	73	80	83
	“	Buono	51	67	76	80
	Linee rette	Povero	68	79	86	89
	“	Medio	49	69	79	84
Prato	“	Buono	39	61	74	80
	Isoipse	Povero	47	67	81	88
	“	Medio	25	59	75	83
	“	Buono	6	35	70	79
	-----	Buono	30	58	71	78
Bosco	-----	Povero	45	66	77	83
	-----	Medio	36	60	73	79
	-----	Buono	25	55	70	77
Fattoria	-----	-----	59	74	82	86
Centri commerciali	-----	-----	89	92	94	95
Distretti industriali	-----	-----	81	88	91	93
Area residenziale	65% impermeabile	-----	77	85	90	92

“	38% impermeabile	-----	61	75	83	87
“	30% impermeabile	-----	57	72	81	86
“	25% impermeabile	-----	54	70	80	85
“	20% impermeabile	-----	51	68	79	84
Parcheeggi pavimentati	-----	-----	98	98	98	98
Strade	asfaltate	-----	98	98	98	98
“	con fondo in ghiaia	-----	76	85	89	91
“	con fondo in terra battuta	-----	72	82	87	89

## Elaborazione e analisi dei risultati

Per il calcolo delle portate è stata considerata l'intera area sottesa dal bacino di alimentazione. Come coefficiente si è utilizzata la media matematica tra il CN II e il CN III, come si riporta di seguito:

		RETICOLO	
		km <sup>2</sup>	CN
Unità a prevalente componente arenitica	Terreno coltivato	18.02	71
	Terreno incolto	0.07	81
	Area urbana	0.41	92
Depositi sciolti a prevalente componente pelitica	Terreno coltivato	0.22	78
	Terreno incolto	-	-
	Area urbana	-	-
<b>media CN II e CN III</b>			<b>78</b>

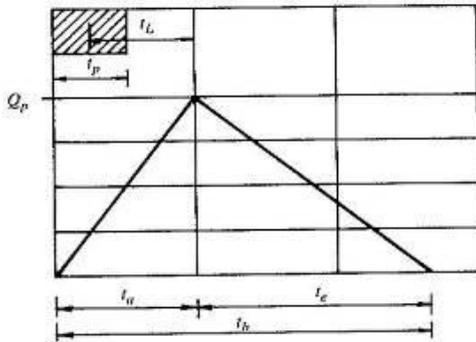
Tab. 2: Caratterizzazione areale dell'uso del suolo e valori del CN

Tali valori consentono di ricavare il valore della pioggia netta e dell'afflusso nelle ipotesi di istogramma rettangolare di durata pari al tempo di ritardo del bacino, nel seguito definito e determinato.

Per il calcolo della portata al colmo, si è utilizzata la metodologia proposta dal Soil Conservation Service. Questo metodo considera un idrogramma approssimato di forma triangolare con una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) ed una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) e il cui volume  $V$ , in m<sup>3</sup>, ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p \cdot t_b}{2}$$

con  $t_b$  durata dell'evento di piena.



Idrogramma triangolare utilizzato per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS

A seguito di analisi sperimentali dell'SCS è stato stabilito che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale  $V$  di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0.375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  e pertanto:

$$t_b = 2.67 \cdot t_a$$

Di conseguenza è possibile esprimere la portata al colmo secondo la relazione qui di seguito riportata:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{V \cdot A}{t_a}$$

in cui:

$V$  = volume di deflusso espresso in mm;

$A$  = area del bacino espressa in Km<sup>2</sup>;

$t_a$  = tempo di accumulo espresso in h.

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante, di durata  $t_p$  e indicando con  $t_L$  il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello istogramma ed il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0.5 \cdot t_p + t_L$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \cdot \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in percentuale,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale, prolungata fino alla dispiuviate espressa in Km.

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Sulla base di determinazioni empiriche effettuate dall'SCS, è possibile affermare che il rapporto  $t_L/t_c$  è pari a 0,6 con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino.

Attraverso la convoluzione di tale afflusso netto con l'idrogramma definito dal SCS, precedentemente valutato per il bacino in esame, si ottengono i risultati contenuti nella seguente tabella.

Sezione Bacino	$t_c$ (ore)	$t_a$ (ore)	Q200 ( $m^3/s$ )
866	8.23	9.04	28.82

Tab. 3: Tempo di corrivazione e di accumulo e portata al colmo di piena per il bacino in esame e per il tempo di ritardo determinato con il metodo SCS

## Analisi idraulica

### Cenni metodologici

Per la realizzazione dell'analisi si è utilizzato il software HEC-RAS, prodotto della U.S. Army Corps of Engineers, Hydrology Engineers Center, validato a livello internazionale per gli studi idraulici dei corsi d'acqua.

Il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua, una volta fornite tutte le informazioni necessarie circa la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali. Il programma consente, inoltre, di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate e risolve il problema dell'individuazione del livello della corrente in un'assegnata sezione, tenendo conto delle seguenti ipotesi:

- il moto è permanente;
- il flusso è monodimensionale;
- i canali hanno pendenza lieve (1:10).

### Modalità esecutive

Il lavoro si è articolato come di seguito indicato:

- input dei dati geometrici;
- inserimento dei dati inerenti le portate di verifica;
- definizione delle condizioni al contorno;
- esecuzione della modellazione.

Per tutte le sezioni esaminate è stato assunto come coefficiente di Manning pari a 0.045 scaturito dallo studio analitico dei luoghi eseguito secondo l'equazione di Cowan:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

dove:

- $n_0$  = la quota parte di scabrezza corrispondente ad un alveo rettilineo con andamento uniforme regolare;
- $n_1$  = il valore aggiuntivo che tiene conto della irregolarità della superficie dell'alveo;
- $n_2$  = il contributo alla scabrezza dovuto alle variazioni di forma e dimensioni delle sezioni trasversali lungo il tratto in esame;
- $n_3$  = il valore tiene conto di ostruzioni quali detriti, alberi morti, ecc;
- $n_4$  = il contributo dovuto alla presenza di vegetazione;
- $m_5$  = un fattore di correzione per alveo meandriforme;

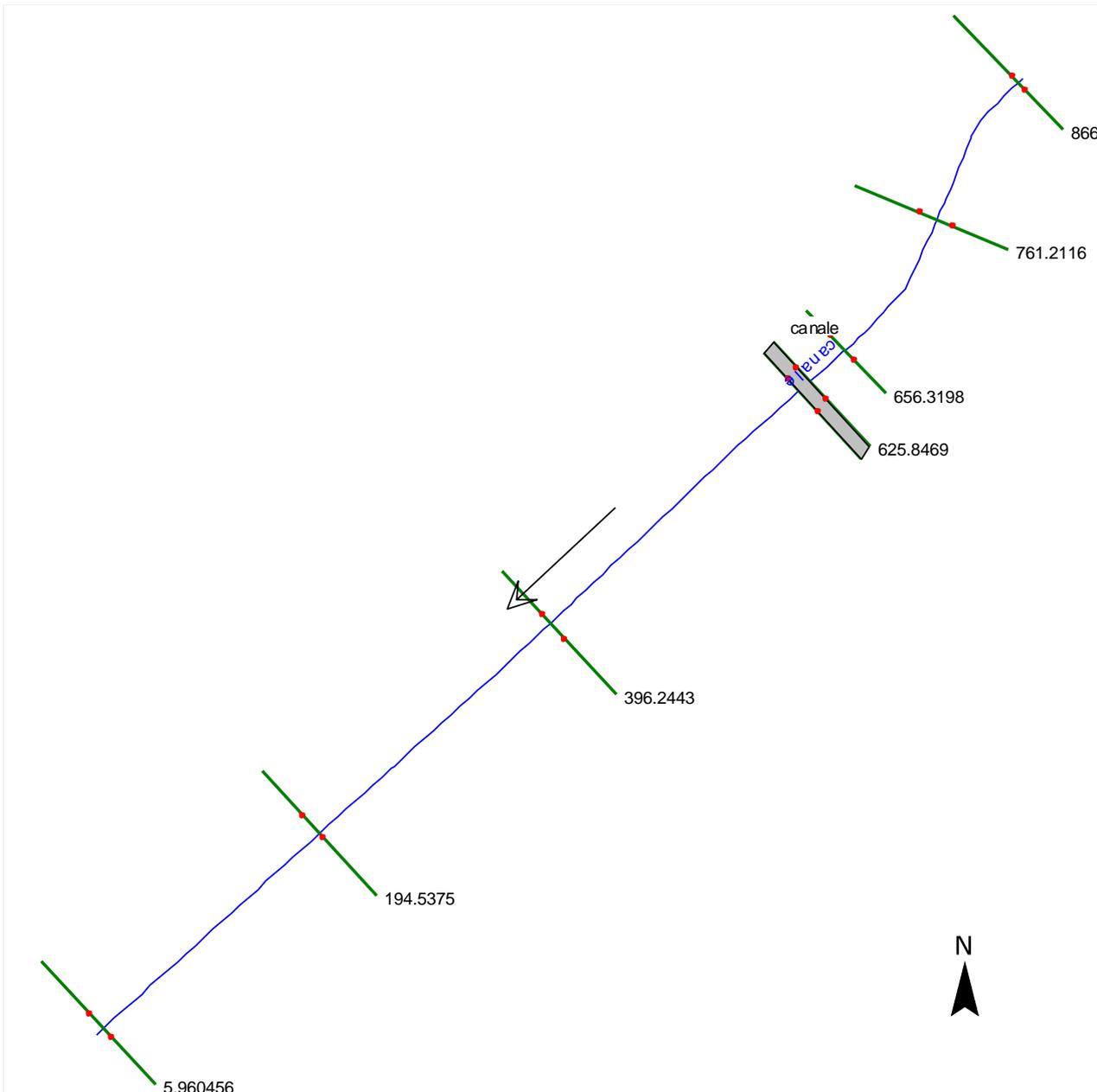
I coefficienti di espansione e contrazione assunti, sono compresi tra 0,1 e 0,3 (infatti, non ci sono bruschi cambiamenti di sezione).

Infine, si precisa che i fenomeni di trasporto solido non sono stato oggetto di studio e che la verifica idraulica è stata condotta considerando le sezioni fluviali libere e quindi non interessate da fenomeni di occlusione, che altrimenti comporterebbero effetti peggiorativi.

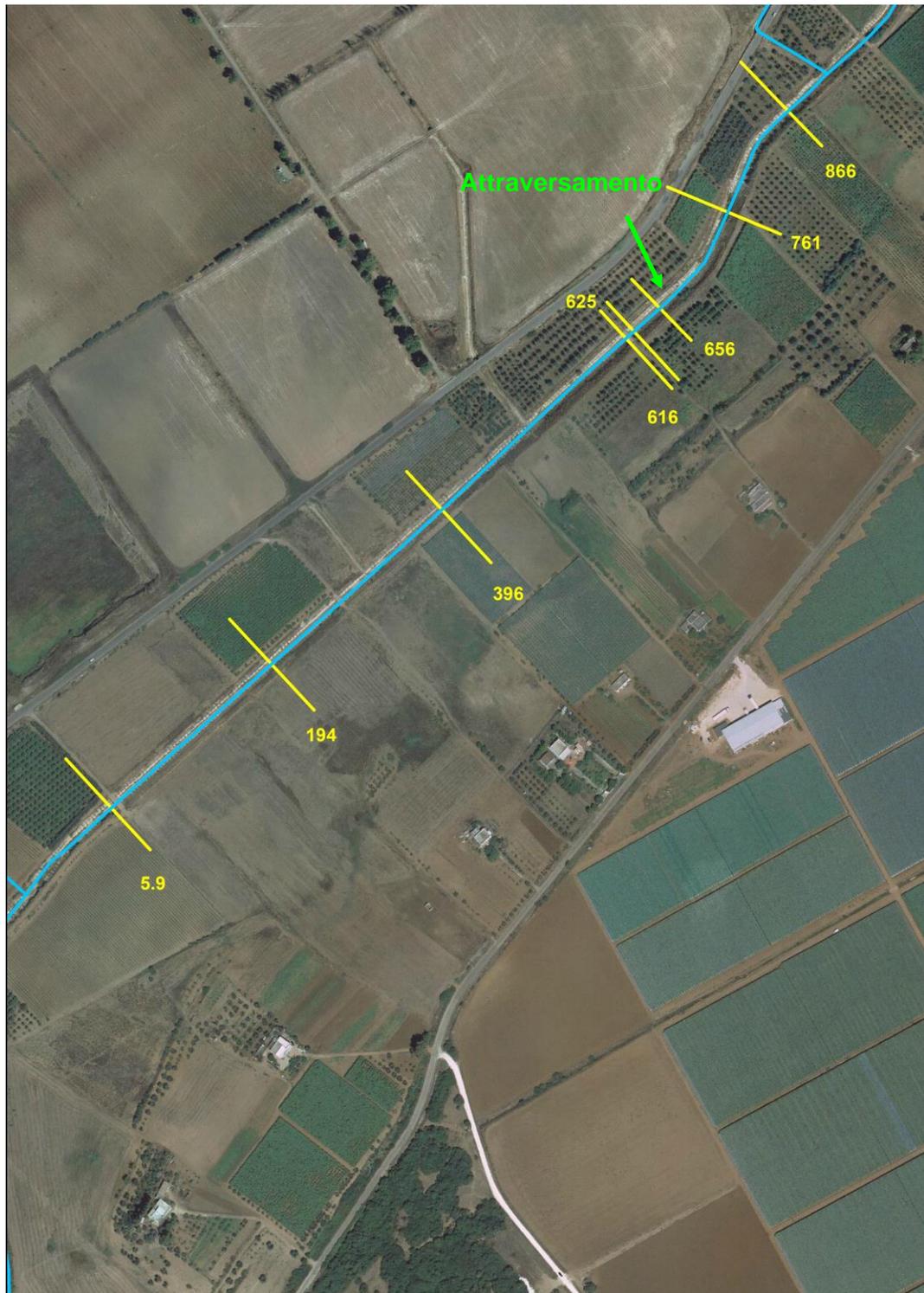
## **Elaborazione e analisi dei risultati**

Nelle figure che seguono vengono visualizzati i risultati delle Nelle figure che seguono vengono visualizzati i risultati delle elaborazioni definitive effettuate in condizioni di moto permanente.

È possibile osservare sia i profili del pelo libero che le sezioni del corso d'acqua esaminato.



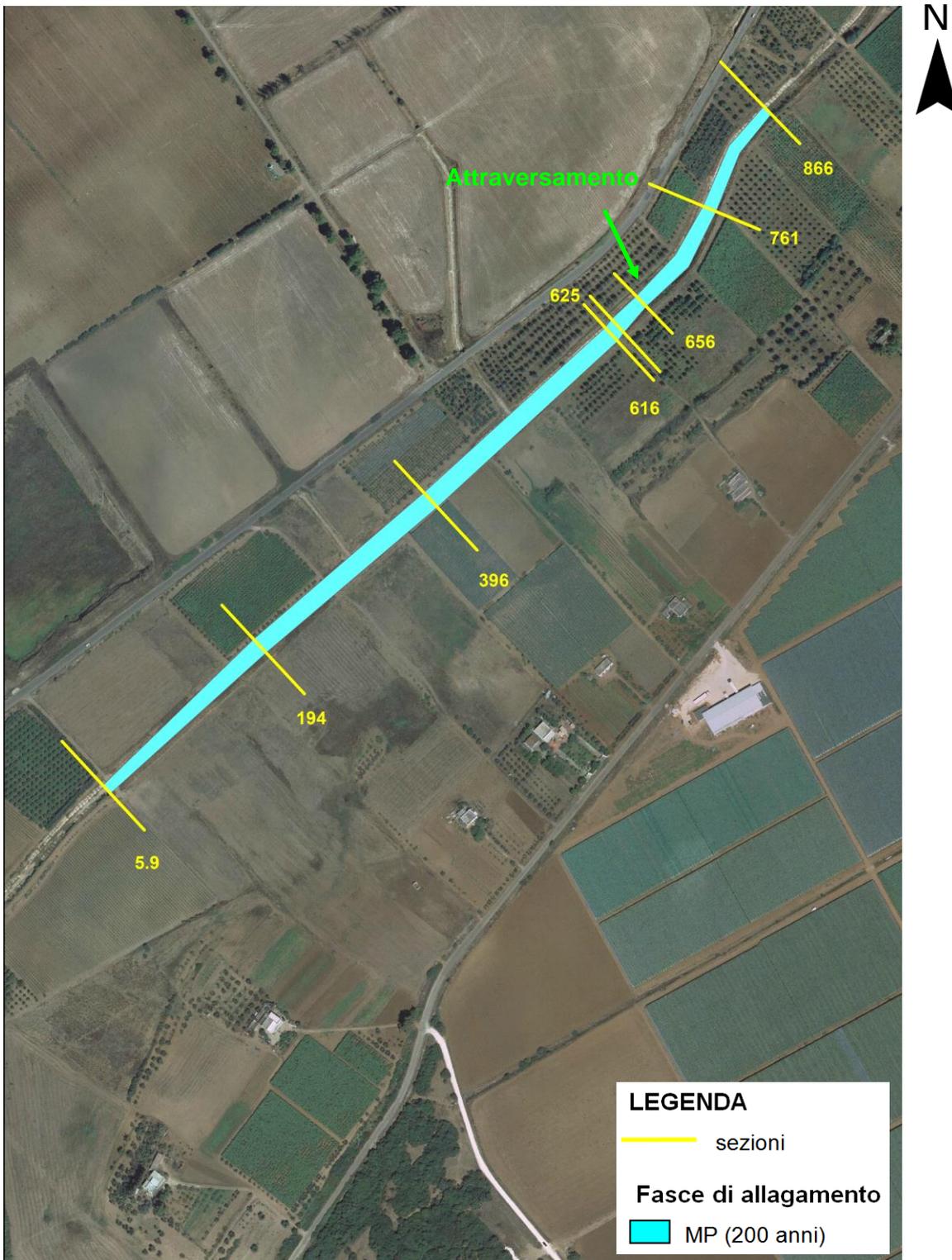
Schema planimetrico reticolo



Stralcio Ortofoto con indicazione dell'area di studio e delle sezioni

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Stralcio Ortofoto con tratto di reticolo verificato idraulicamente

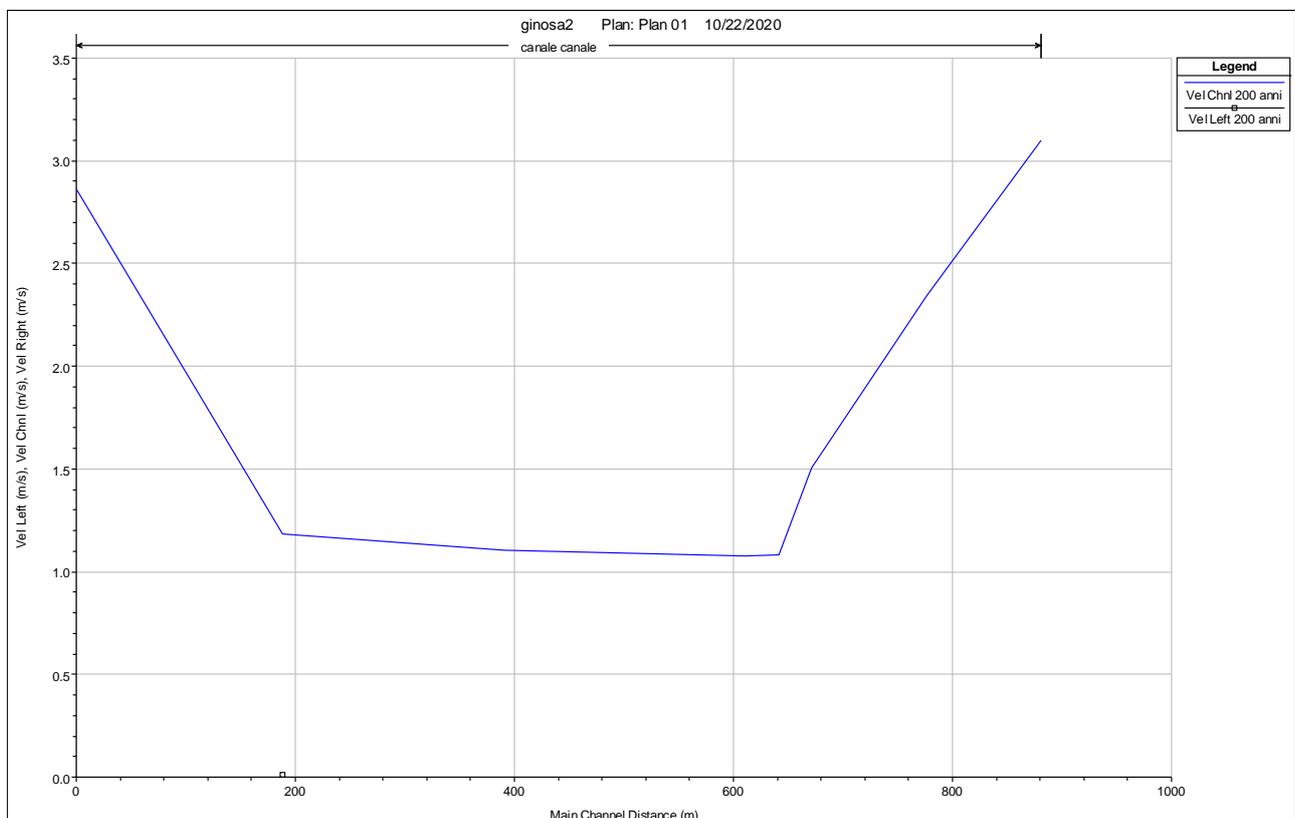
**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

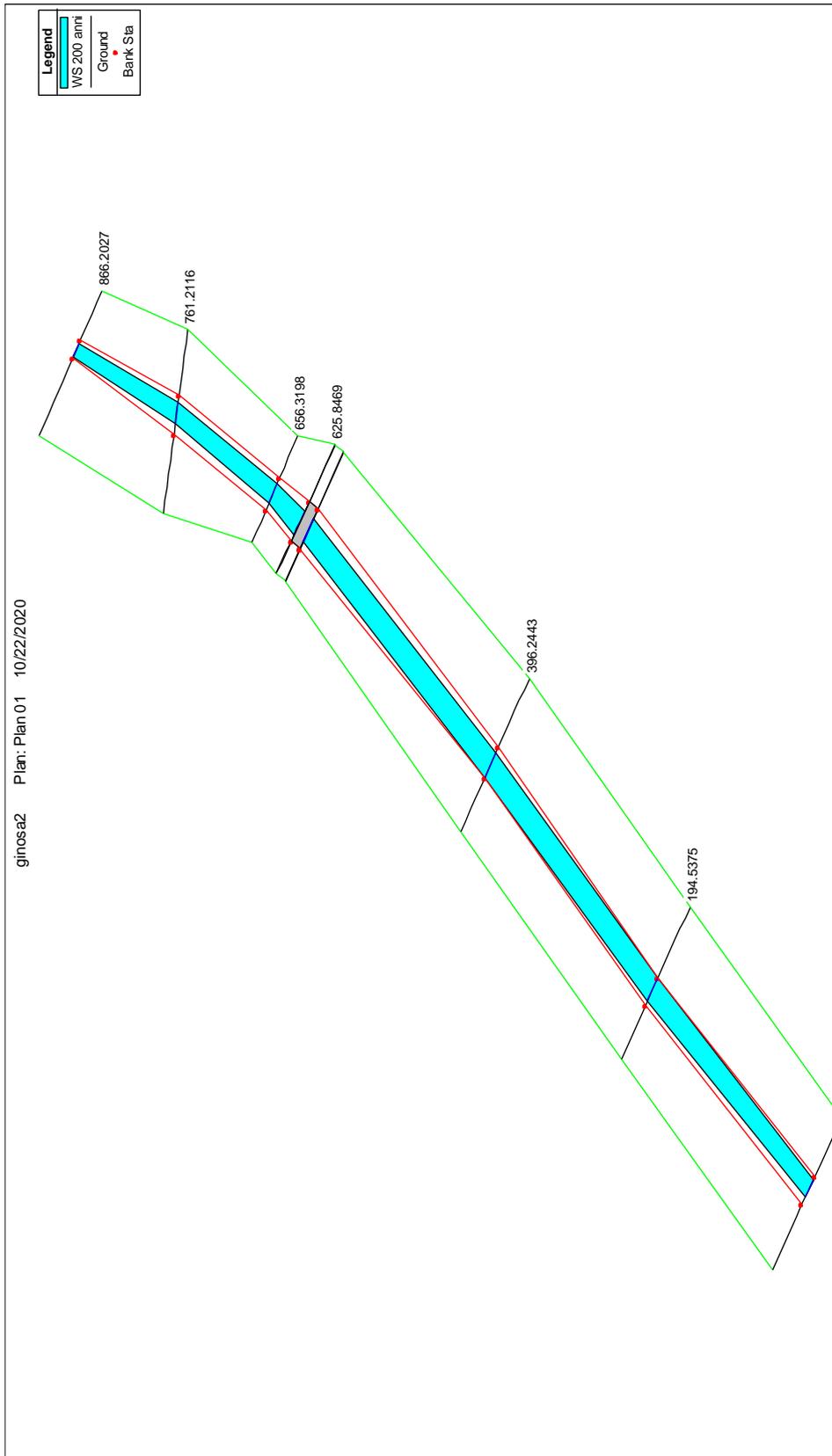
Nella tabella successiva, si riportano le informazioni, ottenute dall'elaborazione che si riferiscono a grandezze significative quali: altezza critica, velocità, numero di Froude, il livello idrico per ogni sezione e per ciascun profilo.

Esportando dal software Hec – Ras i risultati ottenuti, è stato possibile effettuare la perimetrazione delle aree inondabili.

Sono stati delineati i profili che individuano le aree a media probabilità d'inondazione e sono relativi ai tempi di ritorno di 200 anni per entrambi i bacini.

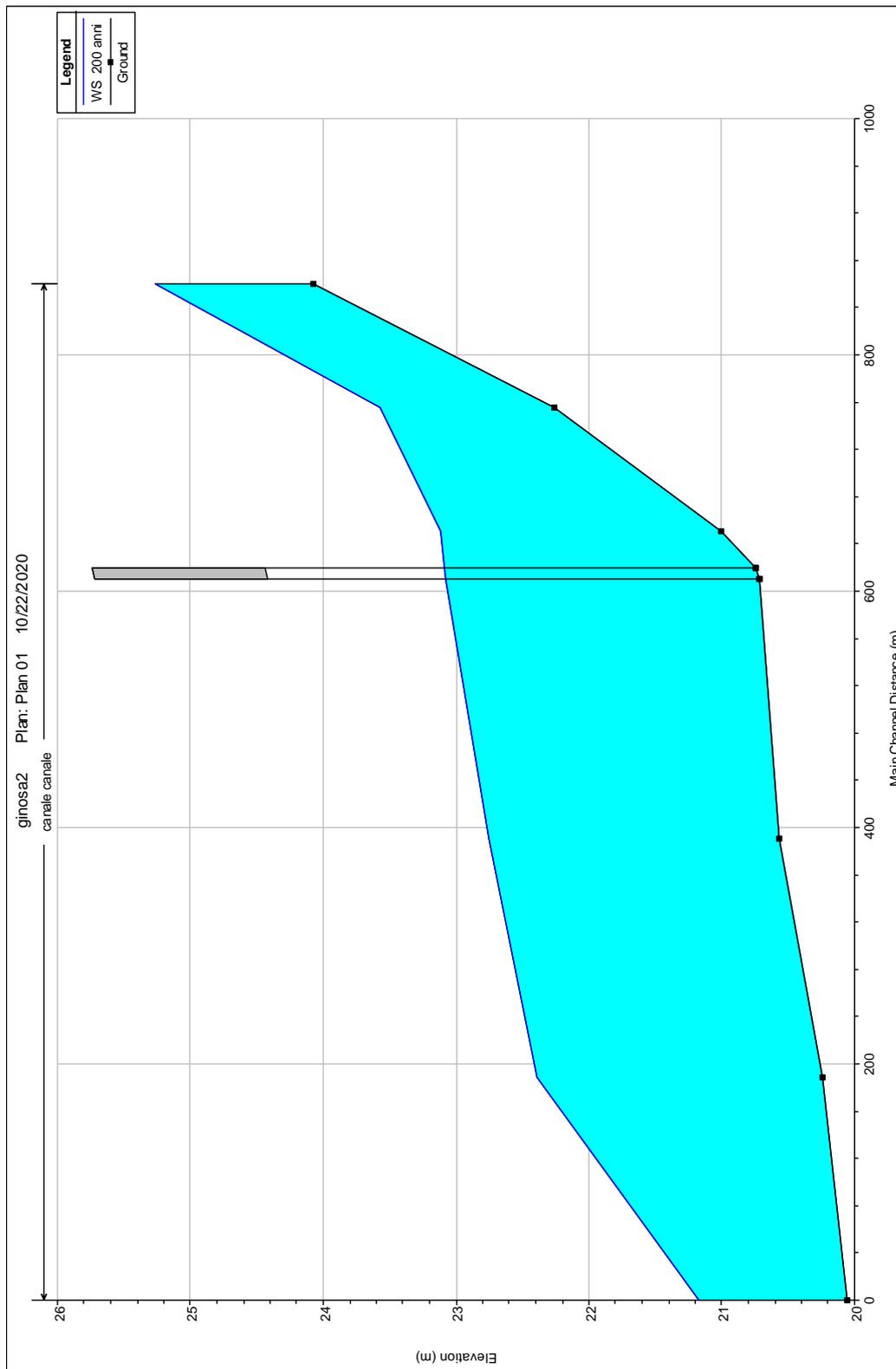


Profilo di velocità



**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Profilo dei tiranti idraulici

Dallo studio eseguito è risultato quanto di seguito si espone:

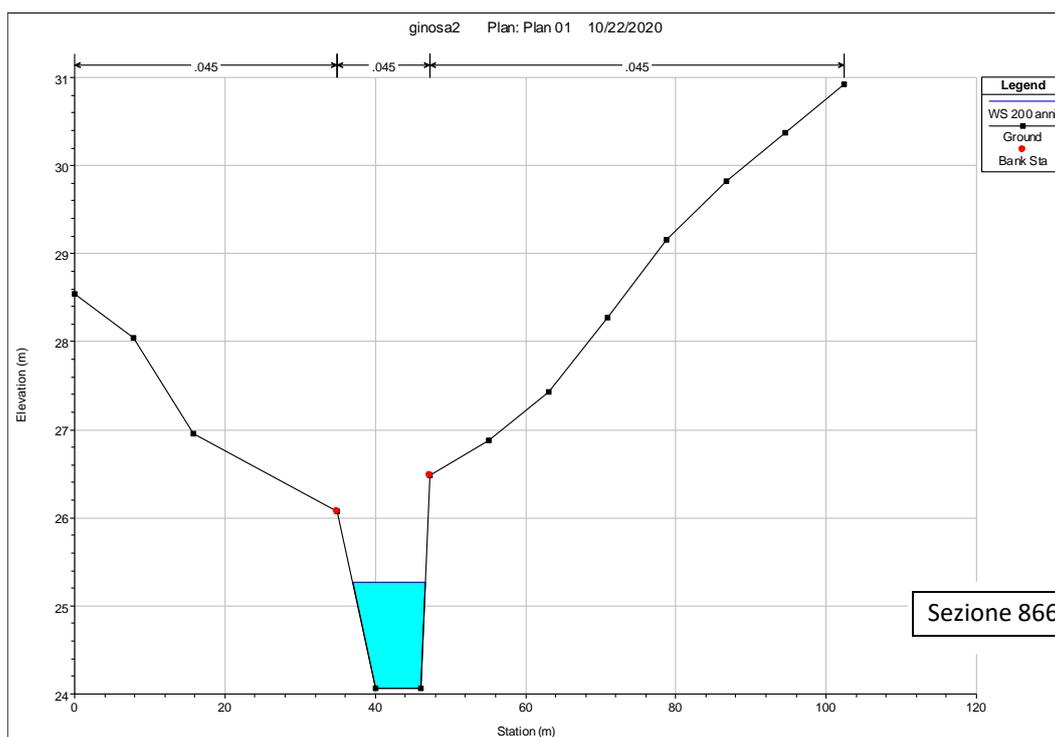
- Le sezioni evidenziano la presenza di sponde di altezza che varia da 2 m a circa 4 m.
- La distribuzione delle acque di ruscellamento tende quindi ad adattarsi all'ampiezza dell'alveo, con larghezze che variano da circa 3 metri a circa 54 m.
- L'altezza del tirante idrico è sempre contenuta nel canale ed in corrispondenza dell'area oggetto d'intervento raggiunge un'altezza di +2.11 m.
- Anche sotto al ponticello il canale contiene interamente la piena ai 200 anni
- Infine, la velocità media nel tratto di interesse è pari a 1.78 m/s circa, con la velocità massima che si raggiunge in corrispondenza della sezione 866, prima di monte, dove raggiunge i 3.10 m/s.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
canale	866.2027	200 anni	28.82	24.07	25.26	25.26	25.75	0.023059	3.10	9.30	9.61	1.01
canale	761.2116	200 anni	28.82	22.26	23.57		23.85	0.012306	2.34	12.29	12.75	0.76
canale	656.3198	200 anni	28.82	21.00	23.11		23.23	0.003062	1.50	19.18	13.14	0.40
canale	625.8469	200 anni	28.82	20.74	23.09	21.88	23.15	0.001373	1.08	26.61	16.62	0.27
canale	620	Bridge										
canale	616.4891	200 anni	28.82	20.72	23.08		23.14	0.001355	1.08	26.74	16.66	0.27
canale	396.2443	200 anni	28.82	20.57	22.75		22.81	0.001623	1.11	26.05	17.89	0.29
canale	194.5375	200 anni	28.82	20.24	22.39	21.37	22.46	0.001841	1.19	24.32	16.71	0.31
canale	5.960456	200 anni	28.82	20.06	21.18	21.18	21.59	0.022137	2.86	10.07	12.06	1.00

Tab. 4: Dati idraulici relativi al reticolo

## Sezioni morfologiche

Le sezioni che seguono considerano, retinato in azzurro, il livello del tirante idraulico corrispondente a un Tr di 200 anni.

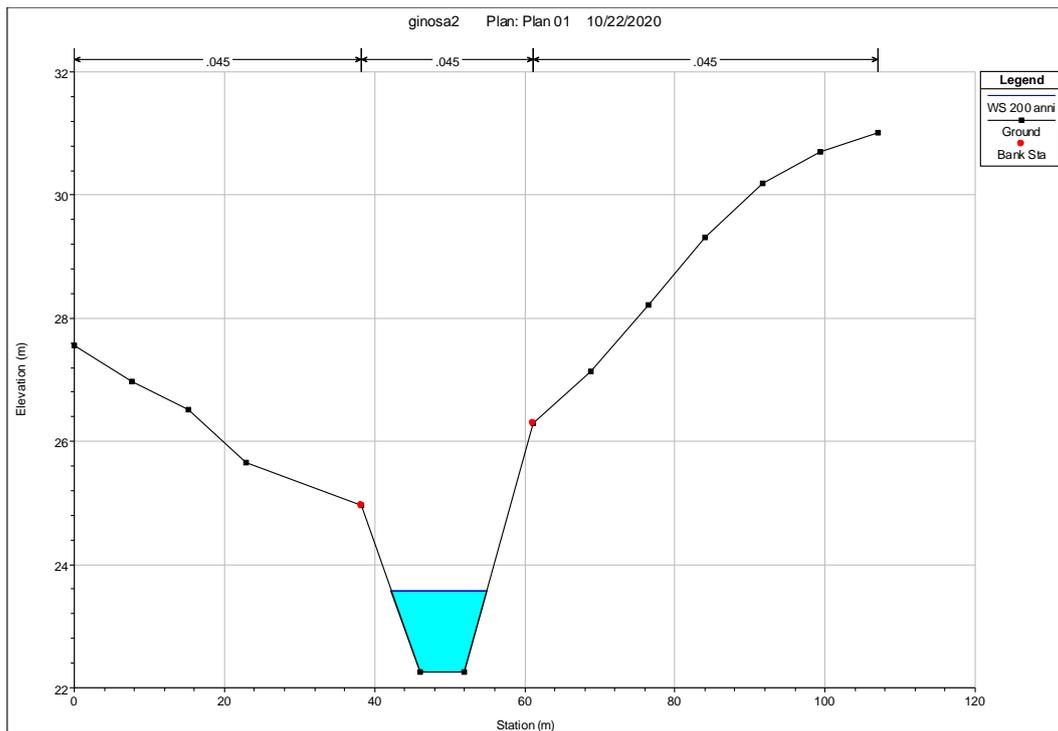


X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

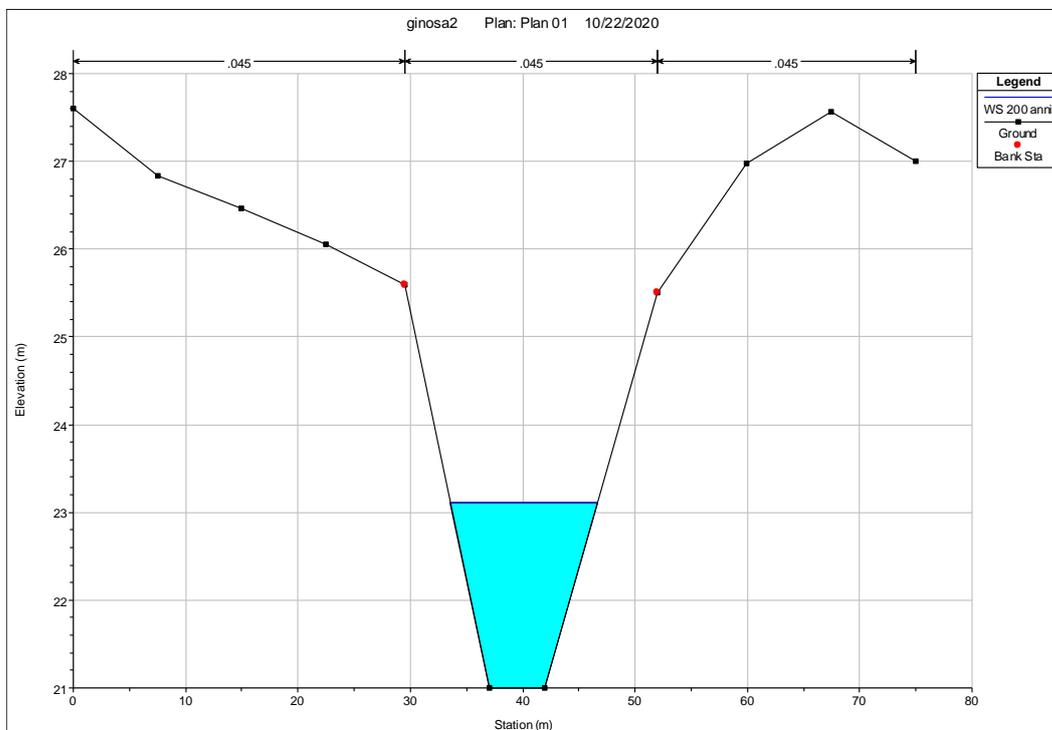
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

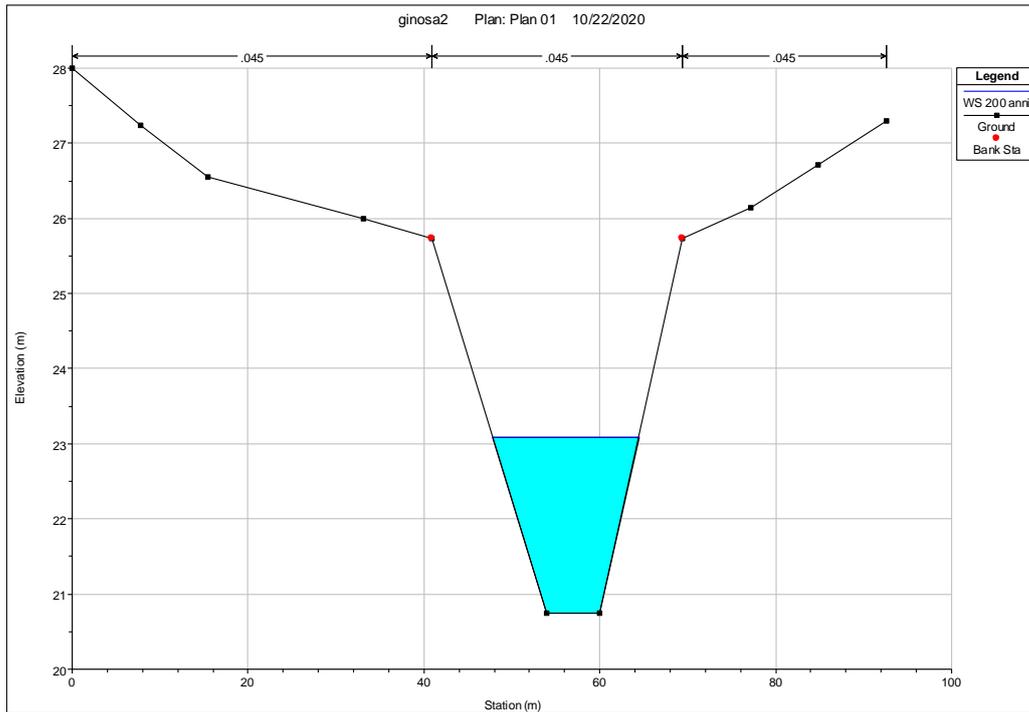
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



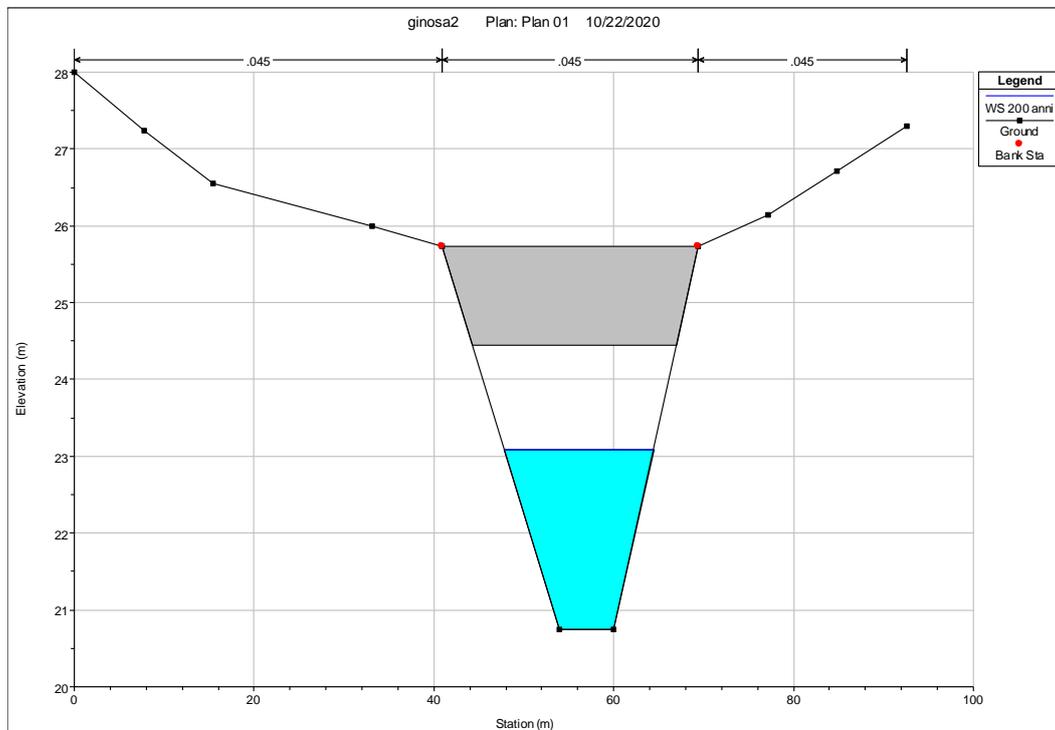
Sezione 761



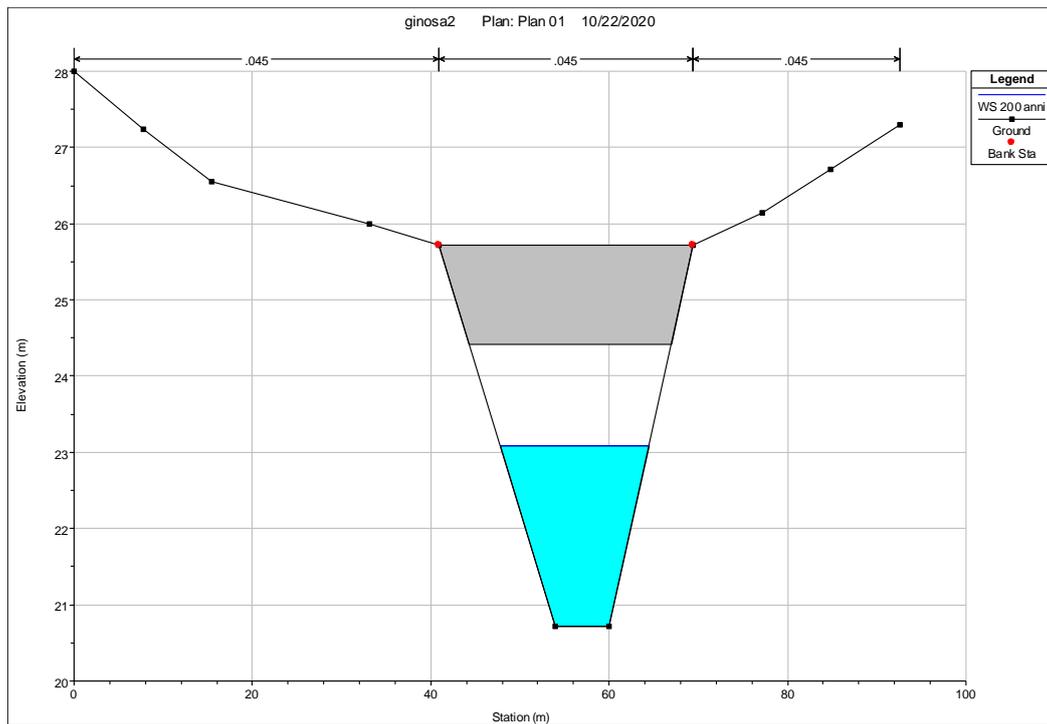
Sezione 656 - Attraversamento



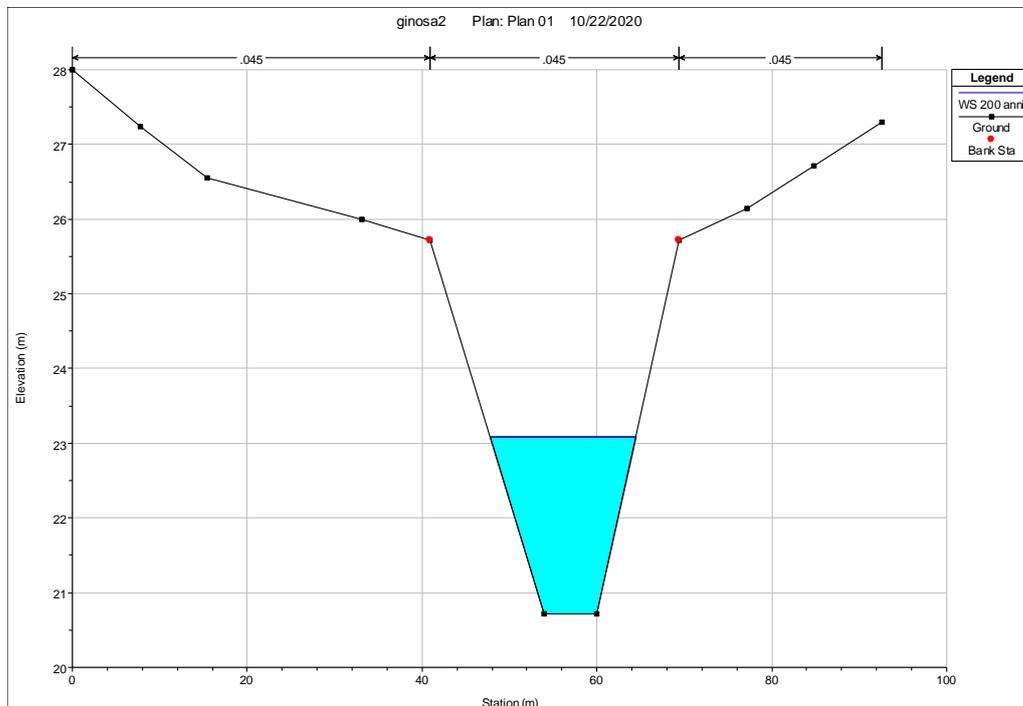
Sezione 625



Sezione 620 – BR U



Sezione 620 – BR D



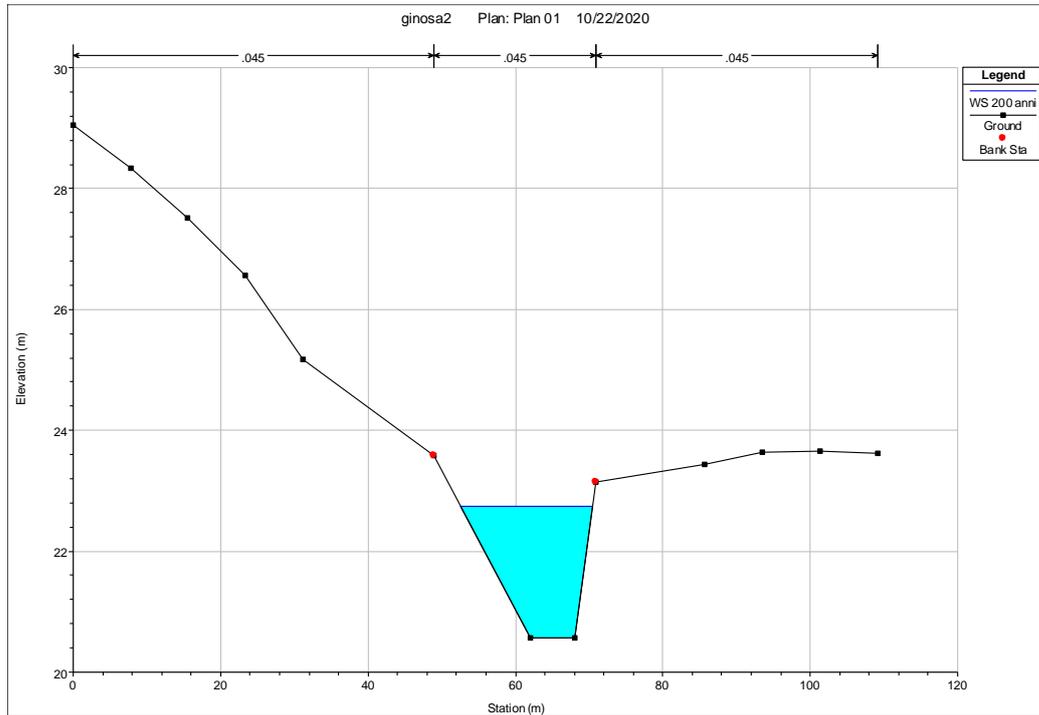
Sezione 616

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

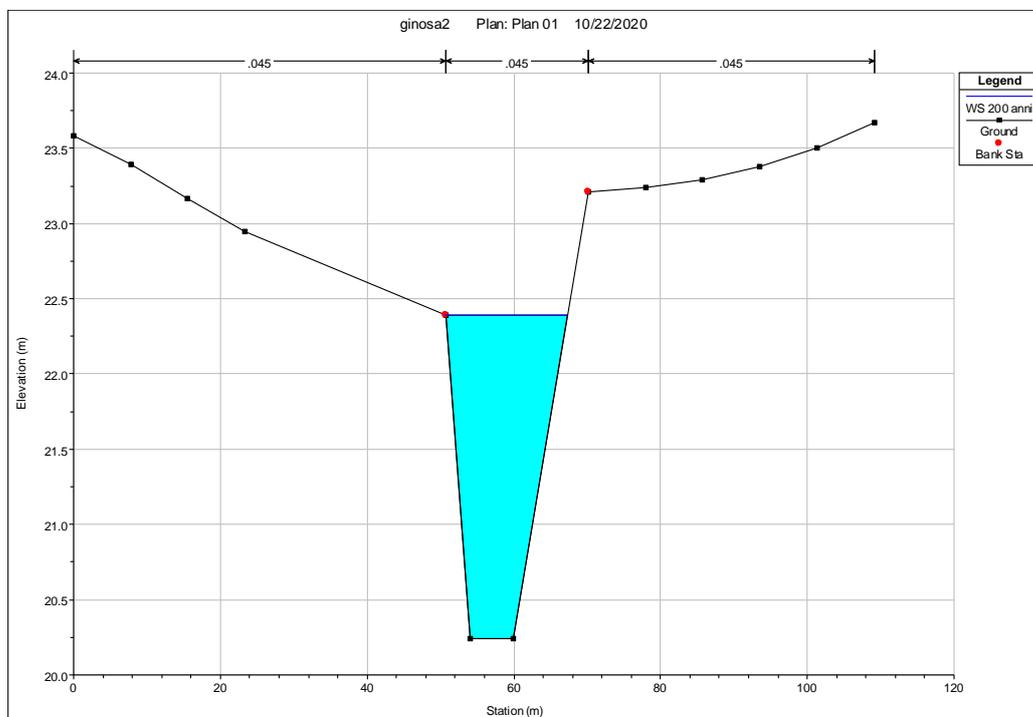
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

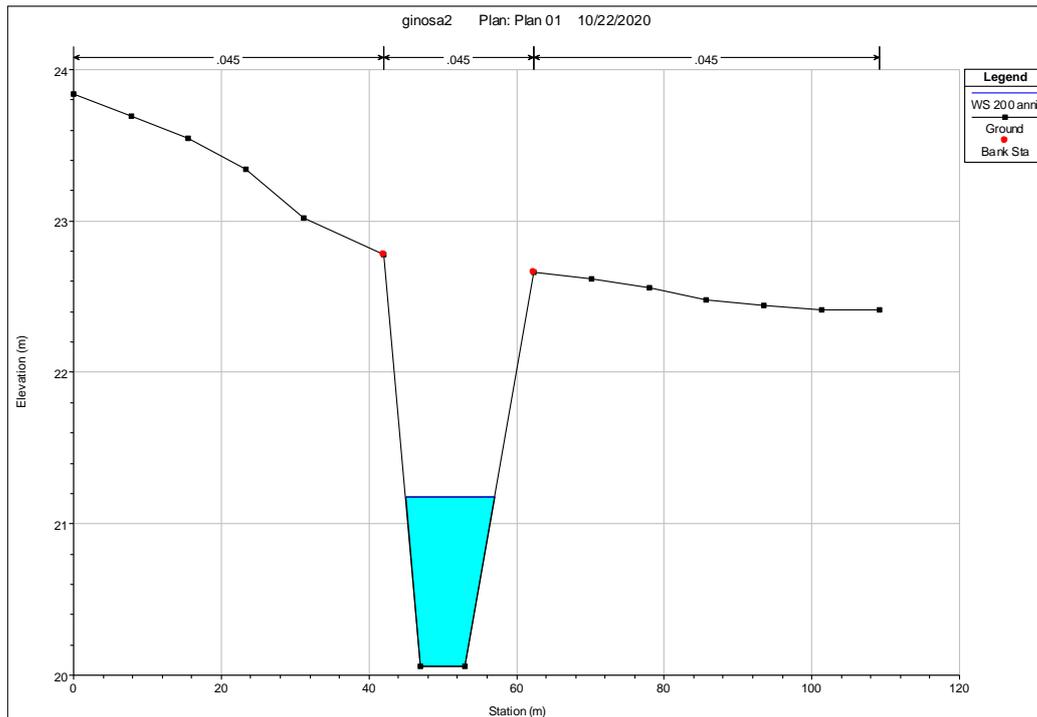
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Sezione 396



Sezione 196



Sezione 5.9

A conclusione dello studio idraulico eseguito nell'area in oggetto, è possibile esprimere le seguenti considerazioni:

- lo studio ha identificato la fascia di possibile allagamento del reticolo, calcolata con t.r. di 200 anni;
- la zona di allagamento è interamente compresa nel canale;
- la massima altezza del tirante idrico, in corrispondenza della sezione 656 di attraversamento, è pari a 2.35 m;
- in corrispondenza dell'area in oggetto, la velocità è pari a 1.50 m/s.

## Calcolo erosione alveo

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, si sono 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

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

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 speditivi di seguito riportati si hanno abbassamenti del letto inferiori

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 "he" a fenomeno avvenuto:

$$\delta = h_e - h$$

dove:

$h_e$  = tirante successivo all' erosione

$h$  = tirante antecedente all' erosione.

Il tirante d'acqua "he" 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:

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

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

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

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

dove:

$q$  (m<sup>2</sup>/s) = portata per 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 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.

Inoltre, secondo Lacey (1930), l'erosione può raggiungere al massimo il valore di:

$$\delta = 0.27 h$$

Considerando depositi di natura limosa, è stato calcolata l'erosione in corrispondenza della sezione n° 656, coincidente con il tratto di attraversamento, utilizzando la formula di Blench.

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Tirante = 2.23 m

Velocità = 1.50 m/sec

d50=0,0005 (sabbie e limi)

Portata unitaria  $q \approx 3.20 \text{ m}^2/\text{sec}$

$h_e = 2.92 \text{ m}$

$\delta = 2.92 - 2.23 = 0,69 \text{ m}$

Per quanto appena esposto il cavidotto interrato in corrispondenza del tratto in cui interferisce con l'area allagabile determinata con  $T_r=200$  anni verrà messo in opera 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.

Inoltre, dato che l'area di allagamento è compresa all'interno del canale, le operazioni di attraversamento controllato non interferiscono con le aree a pericolosità idraulica.

### **Attraversamento del reticolo con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)**

In prossimità del reticolo idrografico il cavidotto elettrico, posto alla profondità di 110 cm dal piano stradale, verrà spinto oltre il reticolo con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata T.O.C..

Tale tecnica consente di posare, per mezzo della perforazione orizzontale controllata, linee di servizio sotto ostacoli quali strade, fiumi e torrenti, edifici e autostrade, con scarso o nessun impatto sulla superficie. Questo tipo di perforazione consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante il radio-controllo del suo andamento plano-altimetrico. Il controllo della perforazione è reso possibile dall'utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, questa sonda dialogando con l'unità operativa esterna permette di controllare il percorso della trivellazione e correggere in tempo reale gli eventuali errori.

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

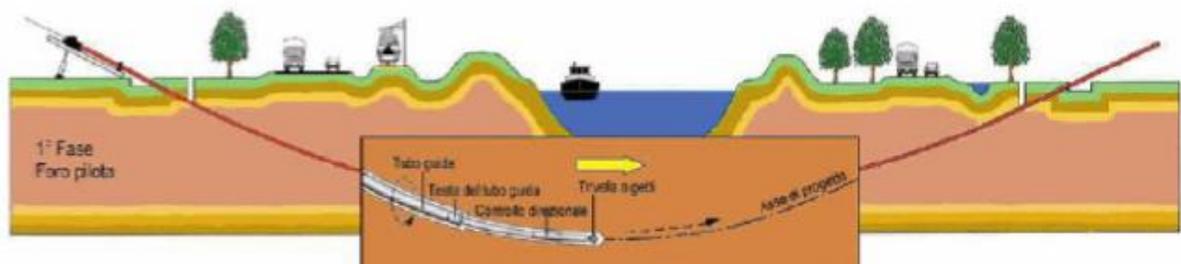
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Sistema di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)

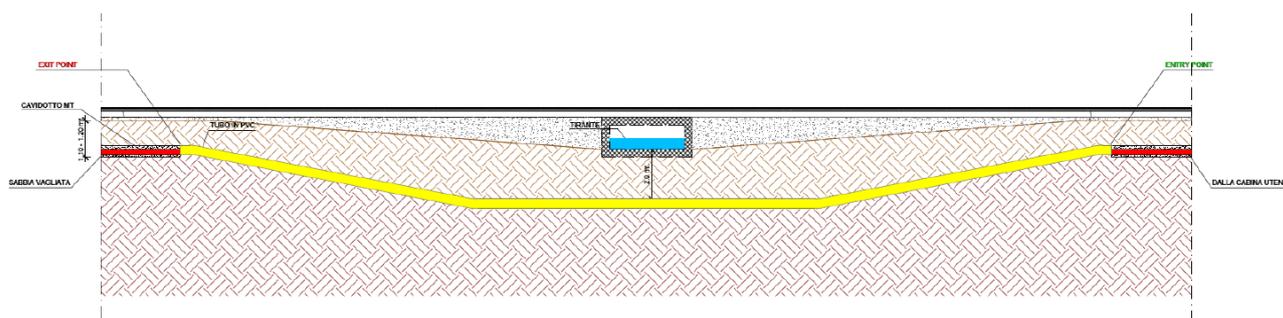
L'esecuzione della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) consta essenzialmente di due fasi di lavoro:

- In una prima fase, dopo aver piazzato la macchina perforatrice, si realizza un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che guidate opportunamente dalla testa, crea un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza a quello di arrivo;
- Nella seconda fase si prevede che il recupero delle aste venga sfruttato per portarsi dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto ( $\phi = 200 \div 500\text{mm}$ ). Insieme all'alesatore, o successivamente, vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto. Infine si effettuerà il riempimento delle tubazioni con bentonite.

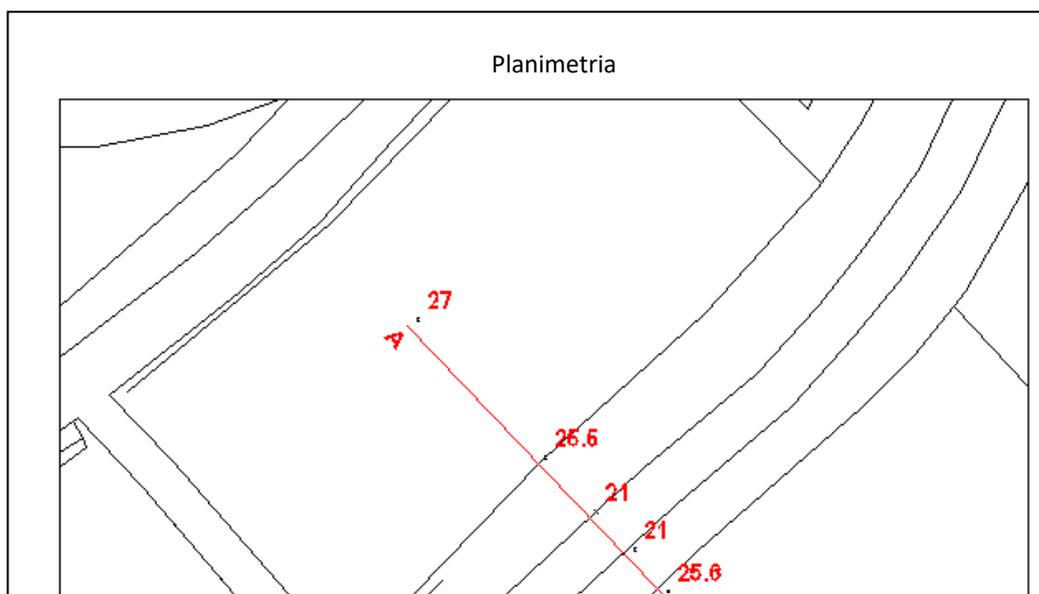


## Schema della fase di trivellazione di allargamento del perforo

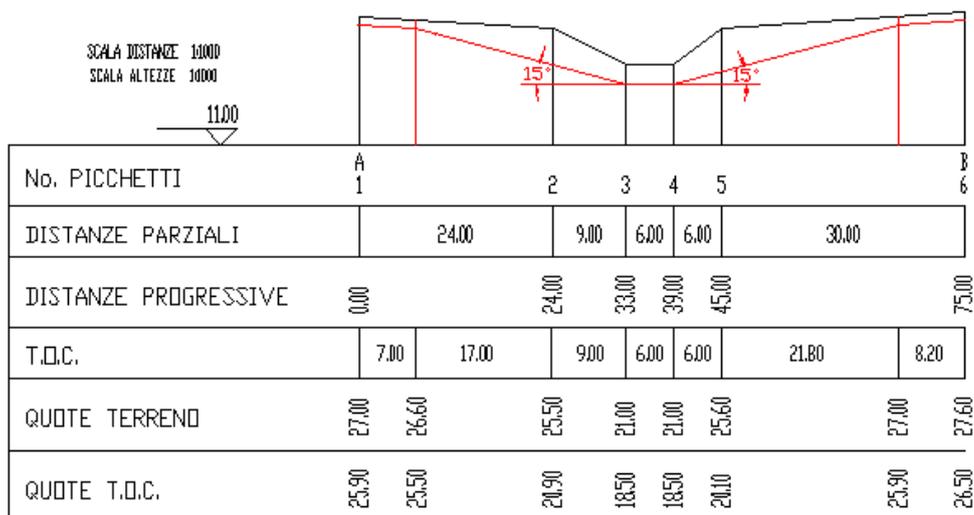
Il tracciato realizzato mediante tale tecnica consente in genere, salvo casi particolari, inclinazioni dell'ordine dei 12÷15 gradi. In genere la trivellazione viene eseguita ad una profondità di almeno 2,00 m sotto l'alveo dei corsi d'acqua (cfr. figure seguenti), mentre i pozzetti di ispezione che coincidono con quello di partenza e di arrivo della tubazione di attraversamento vengono realizzati alla quota del terreno. L'intervento verrà eseguito rigorosamente in sicurezza idraulica al fine di avere il cavo di MT in posizione di tutta sicurezza rispetto alle possibili ondate di piena.



## Tipologia di attraversamento dell'alveo in caso di ponti e/o tombini



## Sezione



Attraversamento Canale Lama di Pozzo

## Interferenze con la falda idrica sotterranea

Come riportato nella relazione geologica, lo studio di dettaglio dell'idrogeologia presente nell'area oggetto di studio è stato basato sui risultati della campagna geognostica (pozzetti di prova, indagini

**X-ELIO ITALIA 5 S.R.L**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

sismiche ed elettriche) e sulle informazioni relative ad una serie di perforazioni eseguite in zona, per la realizzazione di pozzi ad uso irriguo, riportati sul portale dell'ISPRA.

In particolare, a breve distanza dalla sezione di attraversamento esiste un pozzo ad uso irriguo identificato con la sigla "205151" la cui stratigrafia è la seguente:

Pozzo 205151 (40 m)	
0-3.00	Terreno
3.00-15.00	Sabbia
15.00-23.00	Sabbia e ghiaia
23.00-36.00	Argilla
36.00-44.00	Ghiaia
44.00-54.00	Ghiaia con acqua
54.00-60.00	argilla



Pozzo ad uso irrigui (ISPRA)

I risultati ottenuti dalla campagna geognostica possono così essere sintetizzati:

- I pozzetti esplorativi, profondi 3,50 m, non hanno intercettato nessuna falda idrica;
- Le indagini sismiche a rifrazione e MASW non hanno intercettato orizzonti le cui velocità  $V_p$  e  $V_s$  possono essere collegata a falde acquifere, sino a 15 m circa;
- L'indagine geoelettrica non ha intercettato orizzonti la cui resistività può essere collegata a falde acquifere, sino a 13 m circa;
- Considerando tutti i dati in esame, la profondità di intercettazione della falda profonda nei terreni in progetto, non è inferiore a 15 m dal p.c.

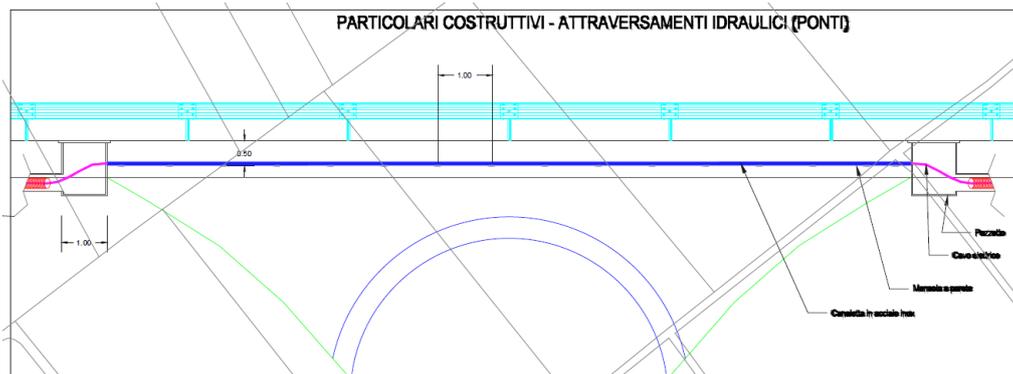
Pertanto, dato che l'attraversamento del canale avverrà ad una profondità di 2.50 m al di sotto dell'alveo del canale, e quindi a circa 8.50 m rispetto al piano campagna, non si hanno interferenze con la falda idrica.

## SECONDO ATTRAVERSAMENTO

In questo tratto il cavidotto viaggia lungo la s.c. 135 e, all'altezza della sottostazione, devia in corrispondenza del tratturo di collegamento. Quest'ultimo attraversa il Canale con un ponticello esistente, lungo circa 5 m, sul cui fianco verrà posizionato il cavidotto.

### X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726  
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250  
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



## Conclusioni

In riferimento alla richiesta di elaborati integrativi, sono state meglio identificate le intersezioni tra il cavidotto ed il reticolo idrografico, nello specifico con il canale “Lama di Pozzo”.

In particolare, come da richiesta, gli attraversamenti in esame sono due, il primo in prossimità del “Campo Sud”, il secondo ” in prossimità della “sottostazione”.

Il primo attraversamento sarà eseguito perpendicolarmente al canale, mediante la tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC). È stato quindi svolto lo studio idrologico-idraulico del tratto di canale interessato, verificando la profondità di attraversamento del cavidotto in relazione alla capacità erosiva del canale. Inoltre, è stata valutata la possibile interferenza con la falda acquifera presente in zona.

Il suddetto studio ha portato alle seguenti conclusioni:

- la fascia di allagamento è completamente contenuta nel canale;
- non ci sono interferenze tra l’area a pericolosità idraulica e la zona occupata per le operazioni di attraversamento in TOC;
- la profondità di attraversamento, stimata in 2,50 m al di sotto dell’alveo del canale, è ampiamente cautelativa rispetto alla capacità erosiva, valutata in 0,69 m;
- la profondità di attraversamento, stimata in 8,50 m al di sotto del piano campagna, è ampiamente cautelativa rispetto alla profondità della falda idrica, superiore a 15 m dal p.c..

Il secondo attraversamento sarà posizionato in corrispondenza di un tubo-camicia agganciato alla campata dell’esistente ponte di attraversamento del canale.