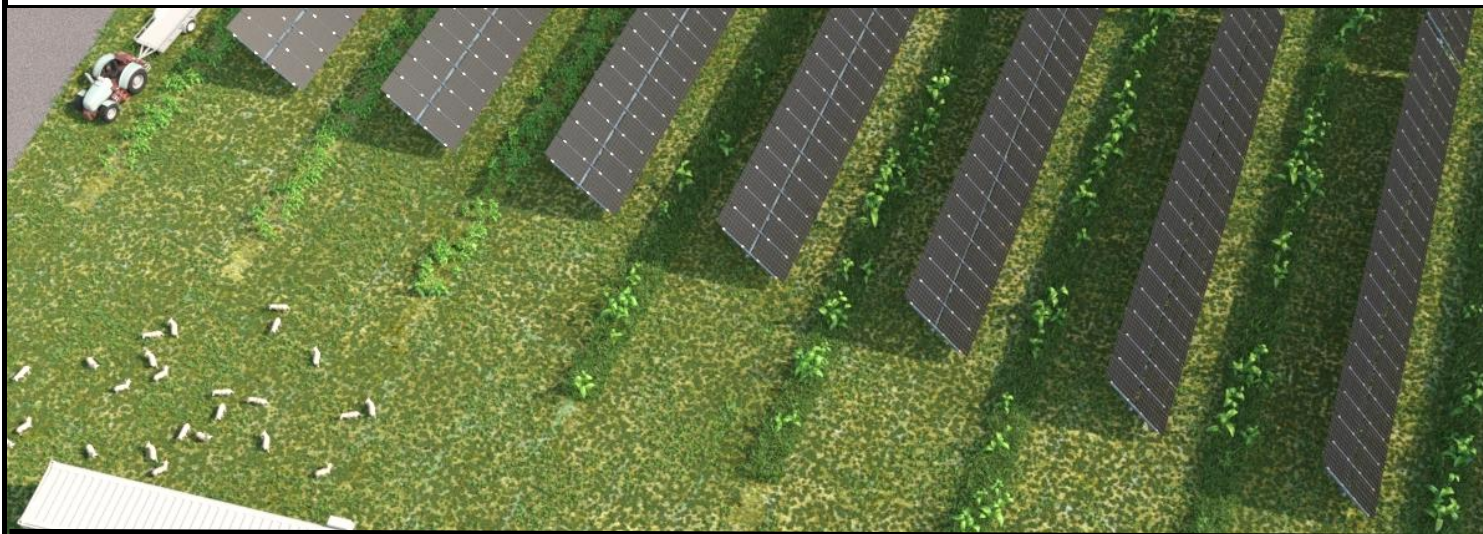


Committente



X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II, n. 349, 00186 Roma
Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
partita iva 17129671008



Progettista:



AS S.r.l.: Viale Jonio 95 - 00141 Roma - info@architetturasostenibile.com

PROGETTO AGROVOLTAICO "LUCERA"


Progetto per la realizzazione di un impianto Agrovoltaico di potenza pari a 37,25 MWp e relative opere di connessione alla RTN

Località

REGIONE PUGLIA – COMUNE DI LUCERA (FG) E SAN SEVERO (FG)

Titolo

RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA

Data di produzione 04-2024	Revisione del	Codice elaborato
X-ELIO ITALIA S.r.l si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.	Revisione del	AS_LUC_R05
Timbro e firma Autore 	Timbro e firma Responsabile AS	Timbro e firma Xelio

Sommario

- Premessa	2
- Localizzazione	3
- Inquadramento idrogeologico.....	6
- Piano Assetto Idrogeologico PAI	7
- Verifica idrologico-idraulica - Campo Ovest	14
- Cavidotto	30
- Conclusioni.....	36

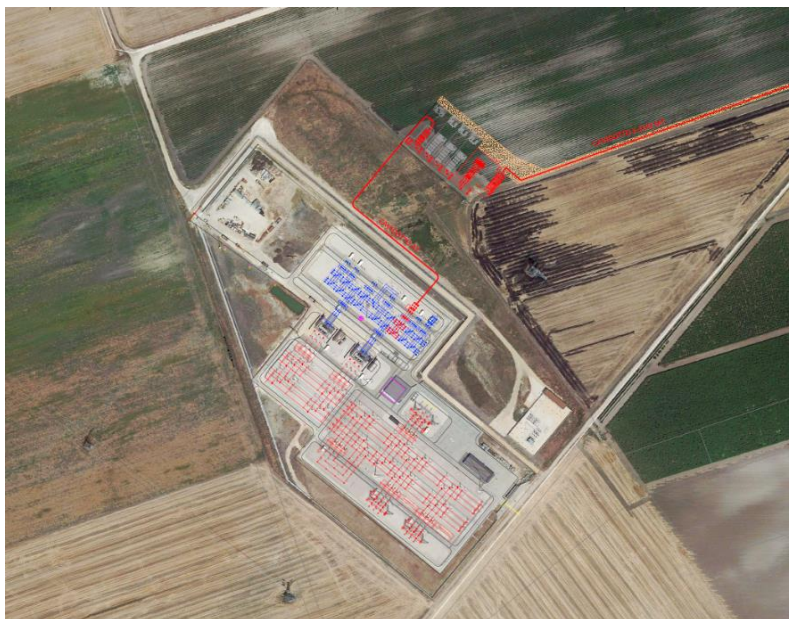
Premessa

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto Agrovoltaiico per la produzione di energia elettrica denominato "Lucera", che sarà suddiviso in n. 2 campi "Est" ed "Ovest" e verrà realizzato con tracker ad inseguimento monoassiale, ad asse inclinato con rotazione assiale e azimuth fisso, che alloggeranno 54.389 moduli fotovoltaici da 685 Wp, per una potenza complessiva pari a 37,25 MWp.

L'impianto, situato nel Comune di Lucera (FG) e solo per quanto riguarda le opere di connessione nel Comune di San Severo (FG), sarà integrato con un sistema di accumulo di potenza pari a 15 MW e verrà collegato, mediante cavo interrato in MT e sottostazione utente condivisa di trasformazione MT/AT, ad uno stallo a 150 kV della Stazione Elettrica a 380/150 kV della RTN denominata "San Severo", come da Soluzione Tecnica Minima Generale ("STMG") proposta da Terna S.p.A. ed accettata da X-Elio.

L'impianto agro-voltaico, coprirà una superficie complessiva di circa 49,71 ha, di cui pannellata circa 17,57 ha (percentualmente circa il 35,3 dell'intera area).





Ortofoto progetto SSE (Google Earth)

Localizzazione

L'impianto fotovoltaico, denominato "Lucera", sarà realizzato in Puglia, in provincia di Foggia, sul territorio del comune di Lucera, località "Motta Caropresa", coprendo un'area di circa 49,71 ha, di cui pannellata circa 17,57 ha (percentualmente circa il 35,3 dell'intera superficie)

Specificatamente, sono previste due aree di impianto agro-voltaico, una denominata "Campo Ovest" di 16,0597 ettari e l'altra "Campo Est" di ettari 33,65, poste tra loro ad una distanza in linea d'aria di circa 0,9 Km.

Le aree di impianto "Est" e "Ovest" distano circa Km 15 dal centro abitato di Foggia, circa Km 11 da San Severo e circa 6 Km da Lucera.

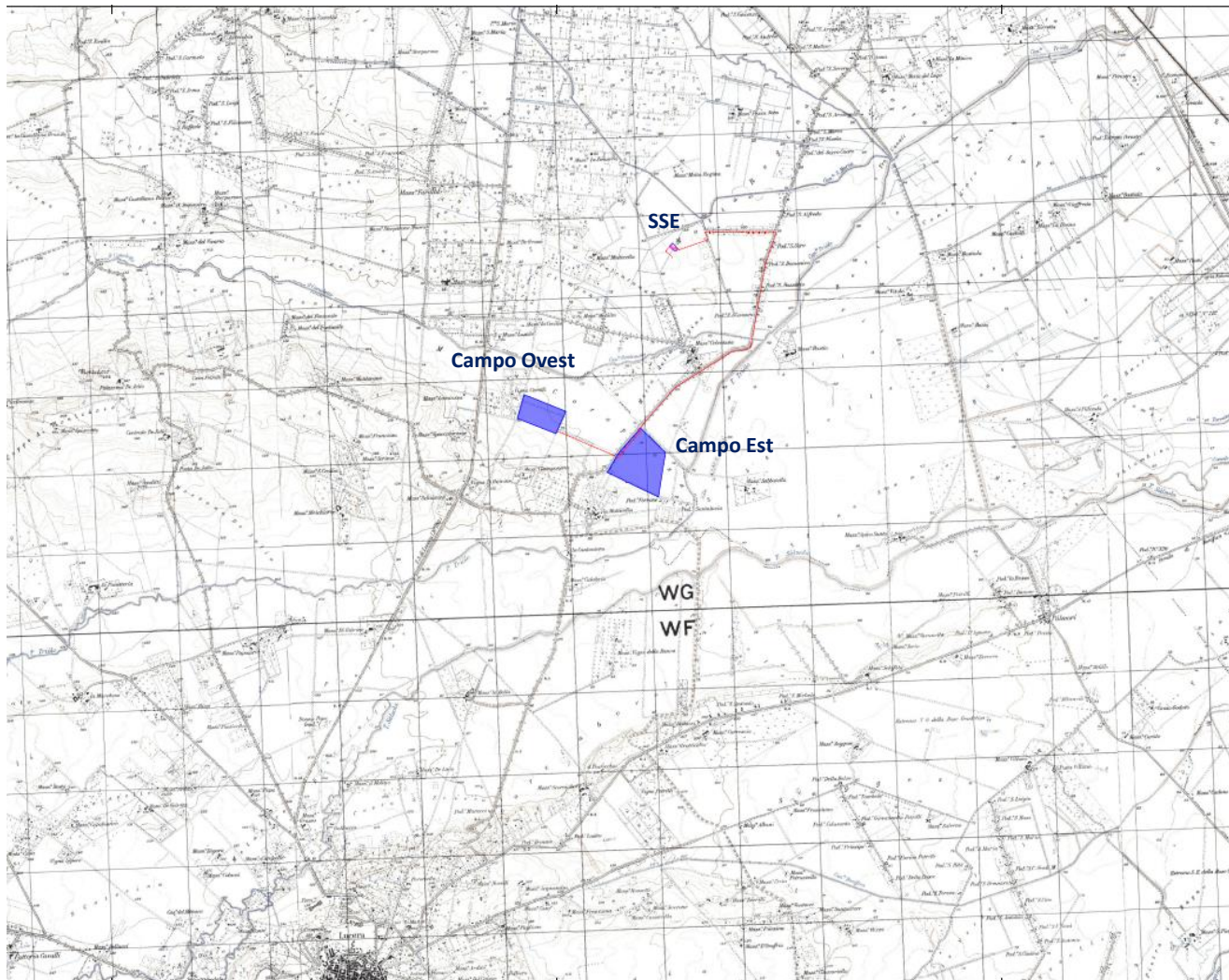
L'accesso alle aree in cui si vuole realizzare l'impianto non presenta particolari difficoltà, in quanto ben asservite dalle infrastrutture stradali esistenti.

In dettaglio, al campo "Est" si giunge percorrendo la SP 20 e, quindi una strada interpoderale; al campo "Ovest" si giunge percorrendo la stessa SP 20, con la quale è fronte strada.

La sottostazione utente sarà ubicata nei pressi della stazione elettrica esistente, in territorio di San Severo.

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Inquadramento su IGM: F° 163 I SE "Lucera"

Campo Ovest		Campo Est	
WGS84 UTM 33N	X: 530629.14473 Y: 4602398.5336	WGS84 UTM 33N	X: 531834.14002 Y: 4601754.85678
WGS84 UTM 32N	X: 1030976.30723 Y: 4621954.56898	WGS84 UTM 32N	X: 1032227.50621 Y: 4621394.38578
Gauss Boaga Est	X: 2550630.54143 Y: 4602479.50323	Gauss Boaga Est	X: 2551835.59162 Y: 4601835.80743
lat/lon WGS84	X: 15.36739 Y: 41.57268	lat/lon WGS84	X: 15.38181 Y: 41.56684

X-ELIO LUCERA S.R.L.

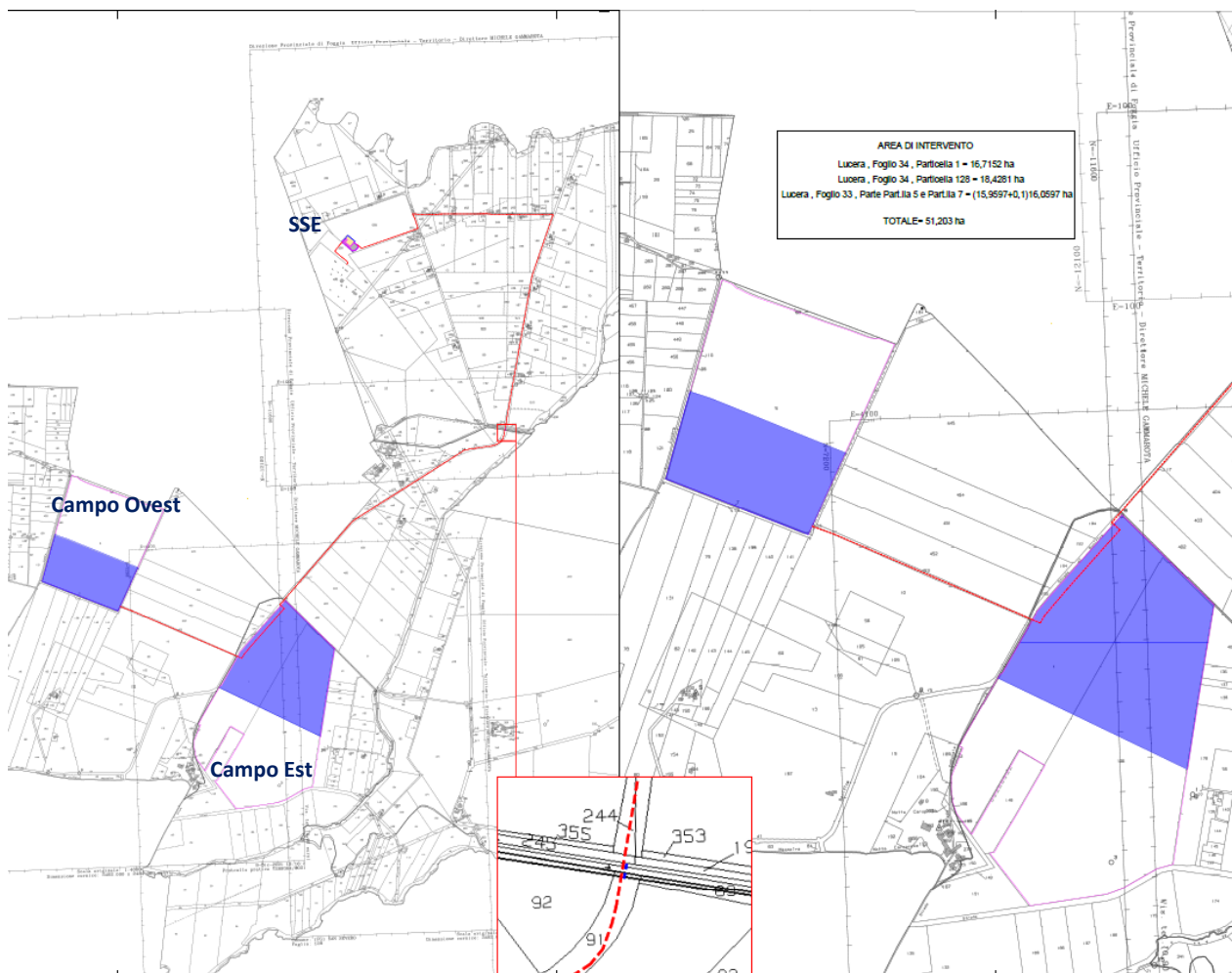
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

SU		
WGS84 UTM 33N	X: 532297.39835	Y: 4604419.73925
WGS84 UTM 32N	X: 1032505.08867	Y: 4624094.41139
Gauss Boaga Est	X: 2552298.87126	Y: 4604500.76886
lat/lon WGS84	X: 15.38751	Y: 41.59082

Dati catastali

Per i dati catastali dei terreni interessati dal progetto, nonché per tutte le particelle interessate da servitù di elettrodotto e/o passaggio fare riferimento all'elaborato particellare di esproprio.

Zona	Comune	Foglio	Particelle
Campo Ovest	Lucera	33	5 - 7
Campo Est	Lucera	34	1 - 128
SSE utente	S. Severo	126	559
Cavidotto Ovest-Est	Lucera	33	10 - 111 - 114 - 453
		34	sp20 - 1
Cavidotto est	Lucera	34	1
Cavidotto Est-SSE	Lucera	34	sp20 - 1
	S. Severo	128	1 - 9 - 91 - 95 - 96 - 99 - 102 - 110 - 115 - 116 - 117 - 159
		126	Sp20 - s.c. senza nome - s.v. Motta Regina - 4 - 50 - 180 - 185 - 196 - 212 - 244 - 245 - 252 - 258 - 335 - 336 - 346 - 393 - 394 - 396 - 397 - 401 - 429 - 517 - 526 - 543 - 546 - 558 - 559
Cavidotto SSE-SE	S. Severo	126	466 - 550 - 559



Inquadramento su base catastale

INQUADRAMENTO IDROLOGICO

L'area in oggetto si trova all'interno del PAI della Regione Puglia, pertanto, l'inquadramento idrologico è stato improntato sulla visione preliminare del piano di bacino suddetto.

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Piano Assetto Idrogeologico Puglia (PAI)

Il PAI, adottato con Delibera Istituzionale n°25 del 15/12/2004 ed approvato con Delibera Istituzionale n°39 del 30/11/2005, è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti, necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Dal punto di vista normativo, è necessario tener conto delle seguenti prescrizioni:

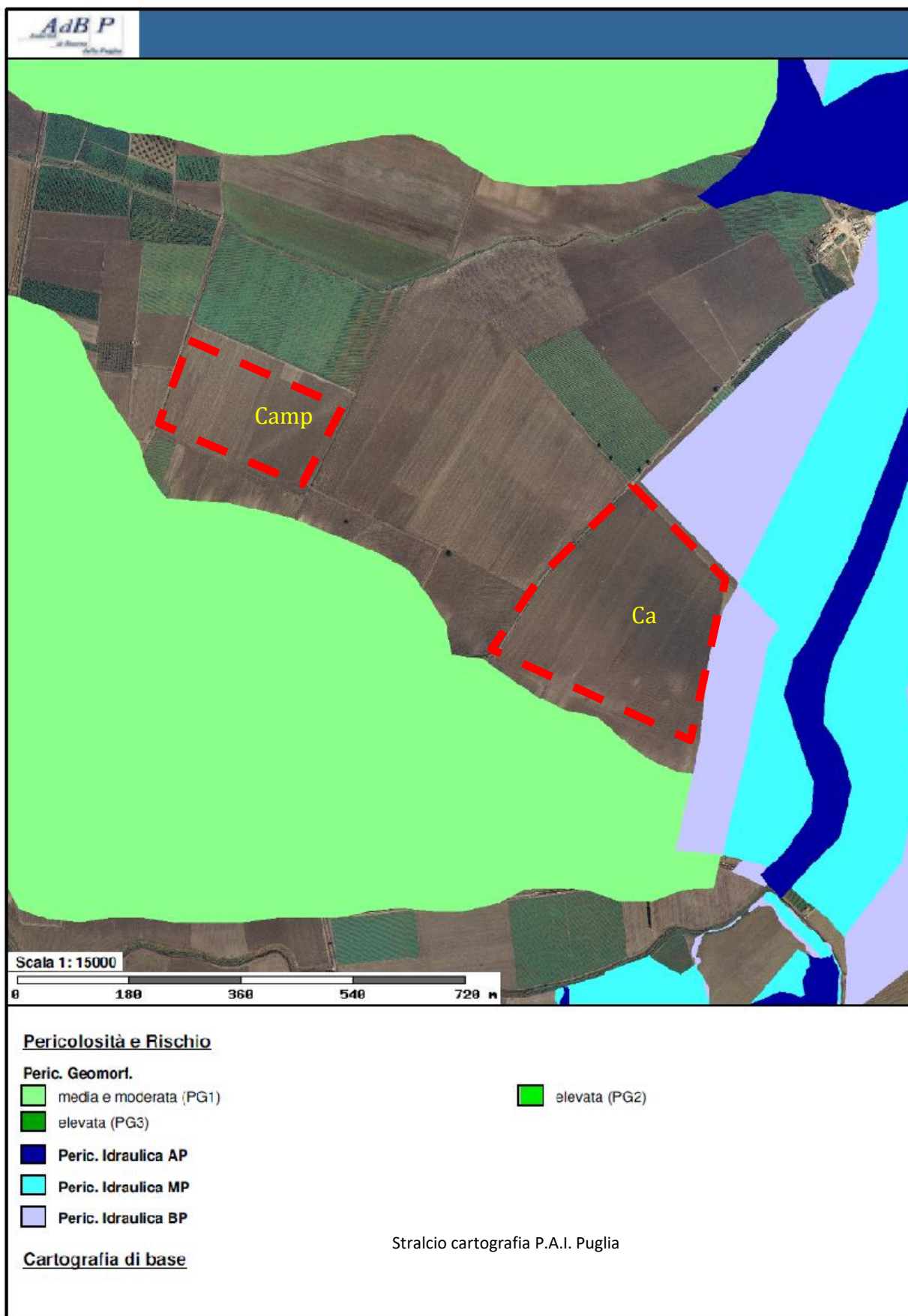
- Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino (PAI) del 30 novembre 2005;
- Legge Regionale n° 19 del 19 luglio 2013 "Norme in materia di riordino degli organismi collegiali operanti a livello tecnico-amministrativo e consultivo e di semplificazione dei procedimenti amministrativi".

In particolare, in riferimento a quanto prescritto dalle N.T.A. del Piano di Bacino (PAI), si precisa che, in base alla cartografia ufficiale del PAI, nessuna delle aree destinate all'impianto fotovoltaico e/o sottostazione rientra tra quelle interessate da pericolosità idraulica e/o rischio geomorfologico.

Per il campo Ovest, lambito da due canali, nella pagine che seguono saranno eseguiti gli studi idraulici per la verifica dell'allagamento potenziale. Lo studio si articola in due parti, una stima idrologica mediante la procedura SCS-CN standard e un calcolo della capacità idraulica, eseguito mediante l'utilizzo della formula di Chèzy del moto uniforme nei canali a superficie.

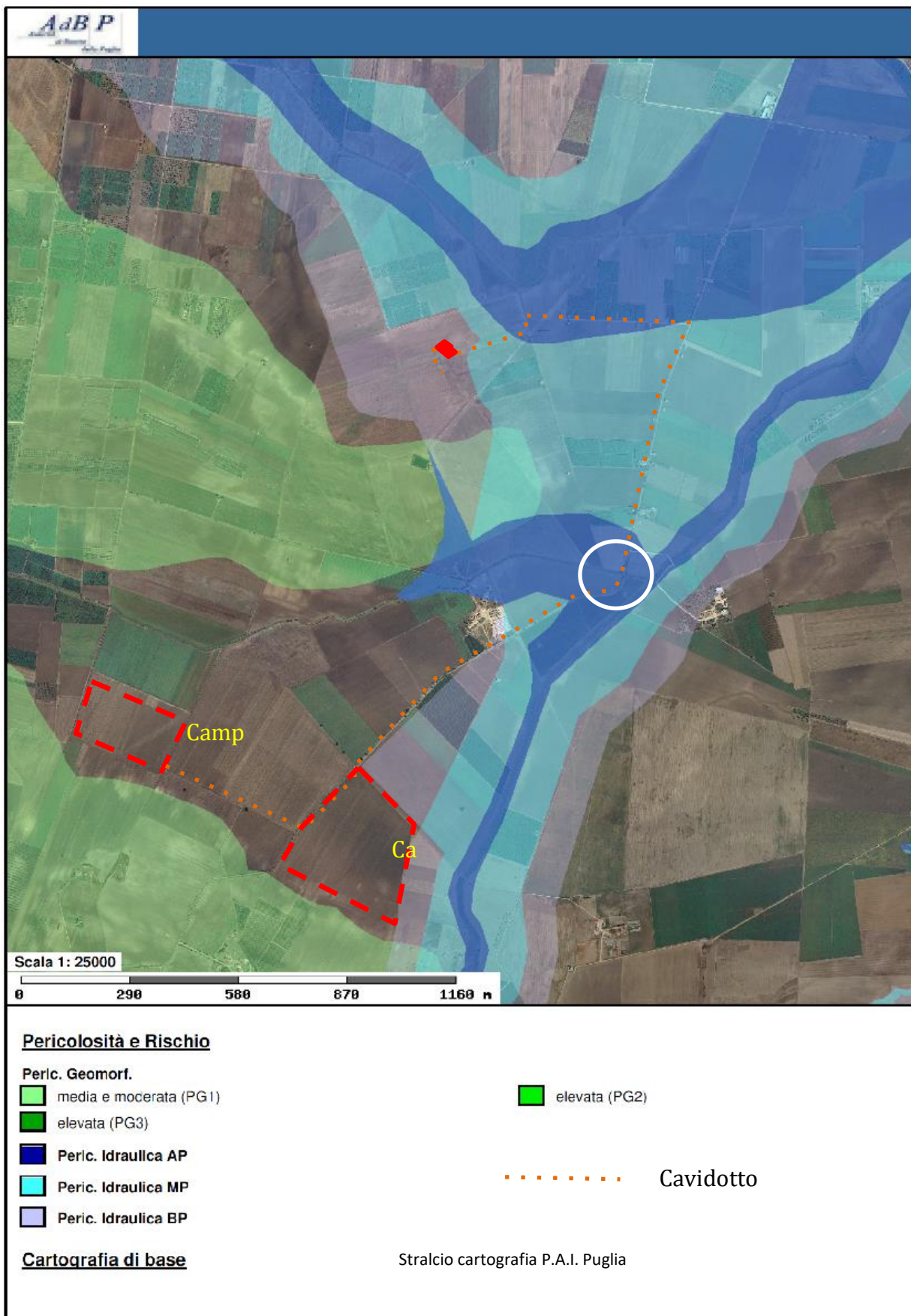
Per quel che riguarda il tracciato del cavidotto di collegamento dell'impianto agrovoltico con la SSU, lo stesso è stato scelto con particolare attenzione per minimizzare interferenze e punti di intersezione con reticoli idrografici o ulteriori vincoli: il cavidotto interrato si sviluppa in asse con la viabilità stradale, per collegare i campi alla futura SSE.

In particolare, in riferimento a quanto prescritto dalle N.T.A. del Piano di Bacino (PAI), si precisa che, in base alla cartografia ufficiale del PAI, nessuna delle aree destinate all'impianto fotovoltaico rientra tra quelle interessate da pericolosità idraulica e/o rischio geomorfologico. Viceversa il terreno destinato alla Sottostazione è interessata da bassa pericolosità idraulica. Come riportato dall'art. 9 delle NTA del PAI, nelle aree a bassa probabilità di inondazione sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.



X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Il cavidotto sarà realizzato interamente su strada, attraverserà per 2 volte i reticoli e per lunghi tratti aree interessate da pericolosità idraulica. Entrambi gli attraversamenti saranno realizzati con la tecnica della TOC; il primo riguarda il canale irriguo presente lungo il margine ovest del Campo Ovest, il secondo lungo il tracciato stradale. Per entrambi è stato valutato il grado di erosione dovuto al flusso idrico.

I lavori di realizzazione del cavidotto, non prevedono nessuna variazione dell'attuale assetto morfologico-idraulico, non aumentano il livello di pericolosità idraulica, non comportano rischi per persone, manufatti ed ambiente.

L'intervento rientra tra le opere consentite dal PAI, di cui alla lettera "d" del comma "1" degli art.li 8 e 9 delle NTA del PAI (nuove infrastrutture a rete di interesse pubblico, non delocalizzabili).



Piano quotato su ortofoto

Per quanto riguarda la SSE, tracciando una sezione trasversale alla direzione di flusso, è possibile stimare un'altezza massima del tirante idraulico pari a 40 cm.

Pertanto le opere di progetto dovranno avere un piano di appoggio delle apparecchiature superiore all'altezza di massimo allagamento. Inoltre, dato che l'intervento si trova nella parte periferica dell'area di possibile allagamento, a circa 480 m dal reticolo idrografico canalizzato ed è posizionato quasi in aderenza

X-ELIO LUCERA S.R.L.

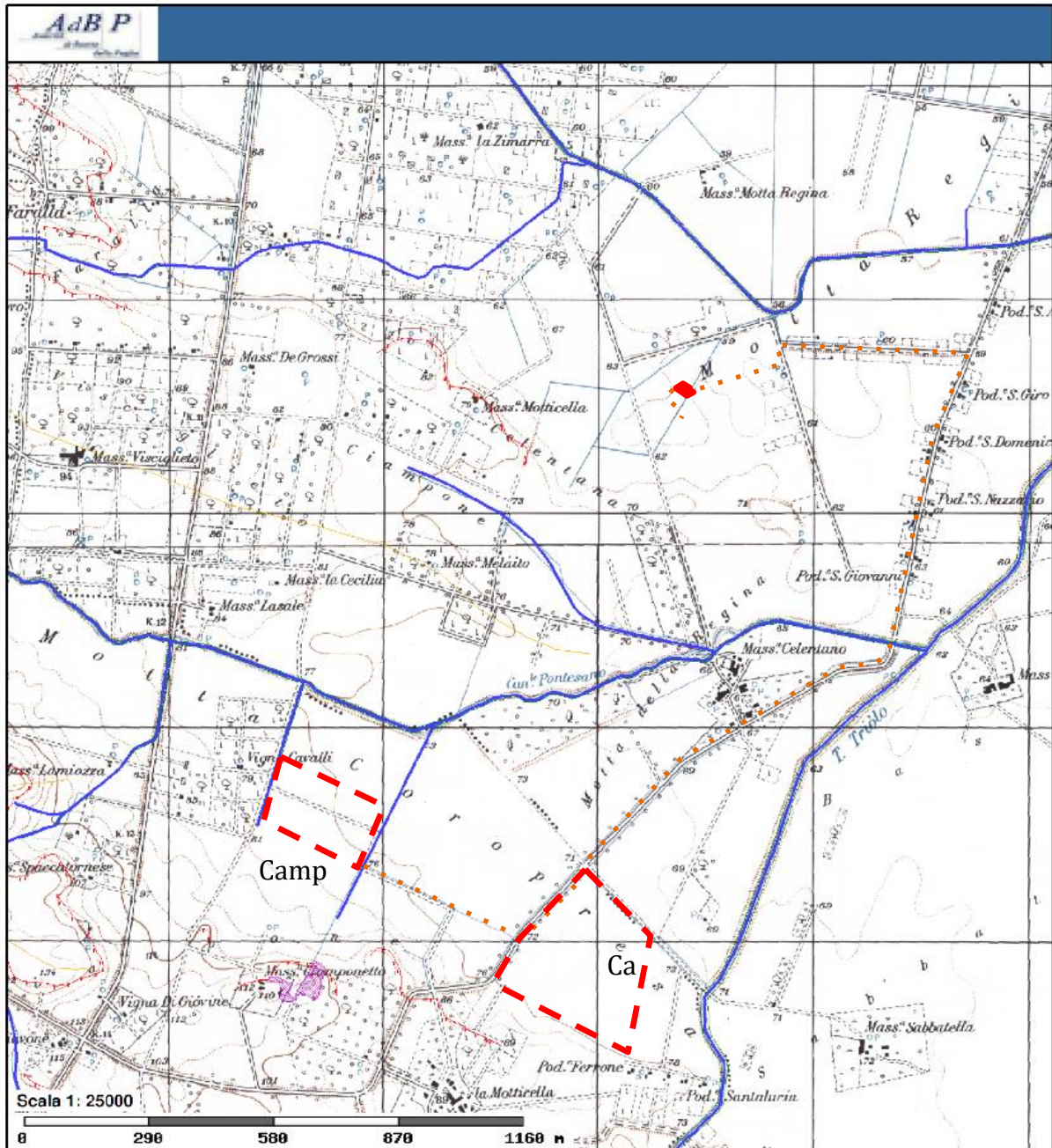
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

con la centrale elettrica esistente, la realizzazione della SSE non comporterà nessuna variazione dell'attuale regime idraulico né a monte né a valle dell'area interessata.

Carta Idrogeomorfologica

Con delibera n. 1792 del 2007, la Giunta Regionale della Puglia ha affidato all'Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere una nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), adeguato al Decreto Legislativo 42/2004. In relazione al dettaglio di restituzione della Carta Idrogeomorfologica (scala 1:25.000), il Comitato Istituzionale, all'interno della Delibera n. 48/2009, ha inteso prevedere una successiva fase di verifica, aggiornamento e condivisione al fine di rendere la Carta conforme ed adeguata ad un utilizzo alla scala comunale, in considerazione dei continui approfondimenti conoscitivi che l'Autorità di Bacino della Puglia svolge nell'ambito dei tavoli tecnici di copianificazione per i PUG, e delle istruttorie di progetti ed interventi di competenza.

L'analisi della Carta Idrogeomorfologica ha evidenziato che la Carta Idrogeomorfologica non presenta reticoli idraulici non verificati e perimetrati dal PAI. Pertanto, le aree in oggetto non sono interessate dagli art. 6 e 10 delle NTA del PAI.



OROGRAFIA

▲ Punti sommitali

Rilievo e relativa quota al suolo s.l.m.

▲ 0 - 100 m

▲ 300 - 700 m

▲ 100 - 300 m

▲ 700 - 1200 m

..... Cavidotto

FORME DI VERSANTE

Linee

▨ Orlo di scarpata delimitante forme semispianate




































▨ Cresta smussata

▨ Cresta affilata

▨ Asse di dislivvio

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

	
 Nicchia di distacco	
Poligoni	
 Corpo di frana	 Cono di detrito
 Area interessata da dissesto diffuso	 Area a calanchi e forme similari
FORME DI MODELLAMENTO DI CORSO D'ACQUA	
Cigli e ripe	
 Ciglio di sponda	 Ripa di erosione
FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE	
Corsi d'acqua	
 Corso d'acqua	 Corso d'acqua episodico
 Corso d'acqua obliterato	 Corso d'acqua tombato
 Recapito finale di bacino endoreico	
 Sorgenti	
 Canali lagunari	
BACINI IDRICI	
Bacini	
 Lago naturale	 Lago artificiale
 Laguna costiera	 Salina
 Stagno, acquitrino, zona palustre	
FORME CARSIICHE	
 Dolline	
 Grotte naturali	
 Orlo di depressione carsica	
 Voragini	
FORME ED ELEMENTI DI ORIGINE ANTROPICA	
Linee	
 Argine	 Traversa fluviale
 Opera di difesa costiera	
Poligoni	
 Diga	 Opera ed infrastruttura portuale
 Discarica controllata	 Area di cava attiva
 Cava abbandonata	 Cava riqualificata
 Cava rinaturalizzata	 Discarica di residui di cava
 Miniera abbandonata	 Discarica di residui di miniera
SINGOLARITA DI INTERESSE PAESAGGISTICO	
 Geositi	
Cartografia di base	

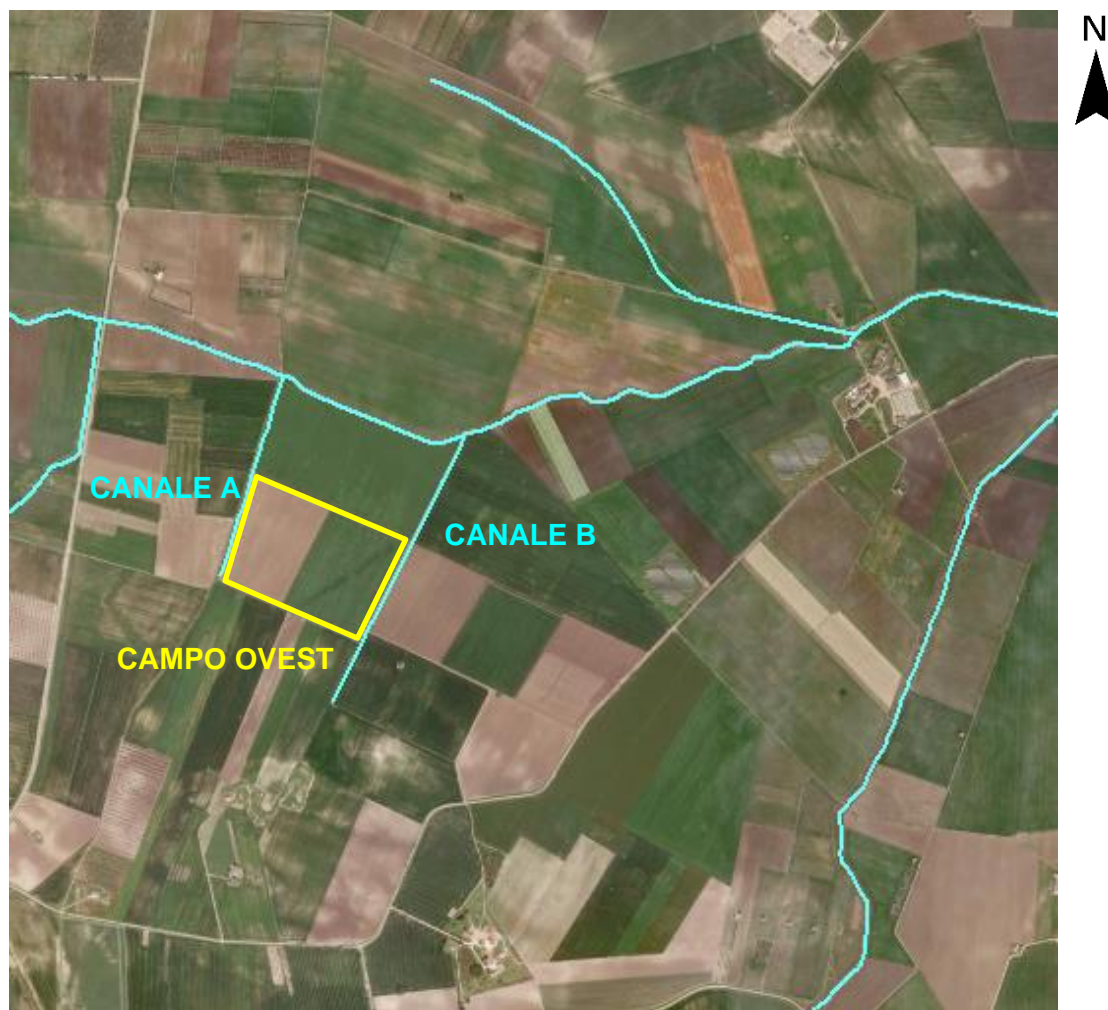
Stralcio carta Idrogeomorfologica

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

VERIFICA IDROLOGICA - CAMPO OVEST

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 dei due corsi 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.



Ortofoto dello stato dei luoghi

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 LUCERA S.R.L.

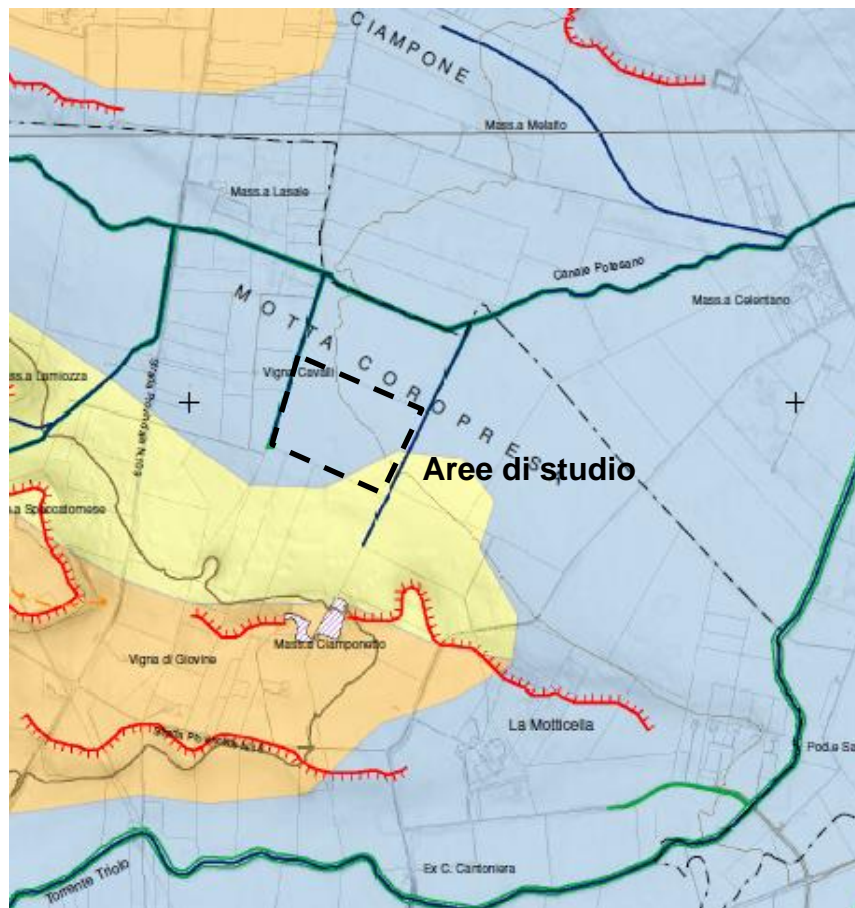
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

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

Caratteristiche dei bacini di alimentazione

La quota media per l'area è di circa 87 m s.l.m, con distanza lineare dal golfo di Manfredonia di circa 43.8 Km.

Il campo risulta lambito in destra e in sinistra da due reticoli canalizzati. Tali rami confluiscono nel principale Torrente Triolo, che procede verso San Severo e sbocca a mare.



Stralcio Carta Idrogeomorfologica (SIT Puglia)

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

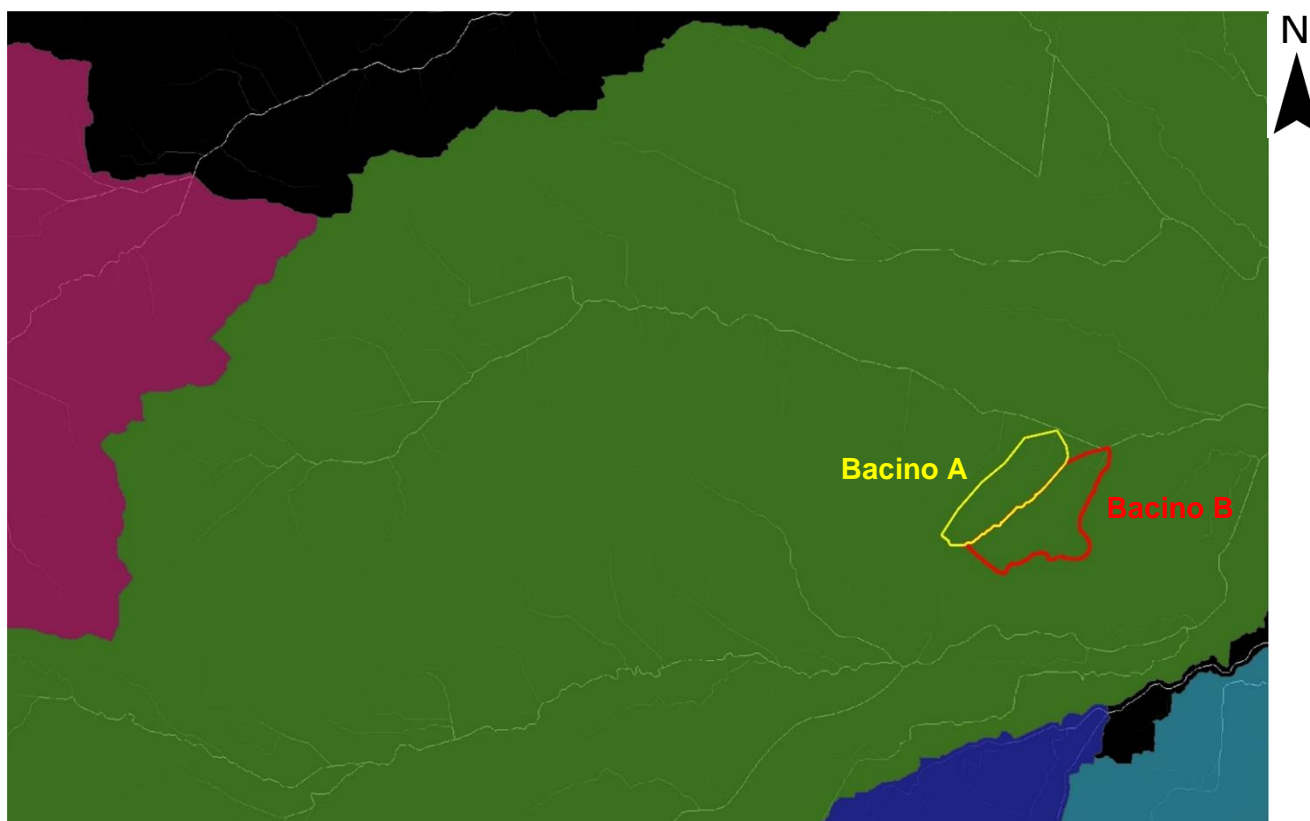
Individuazione bacino idrografico

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.

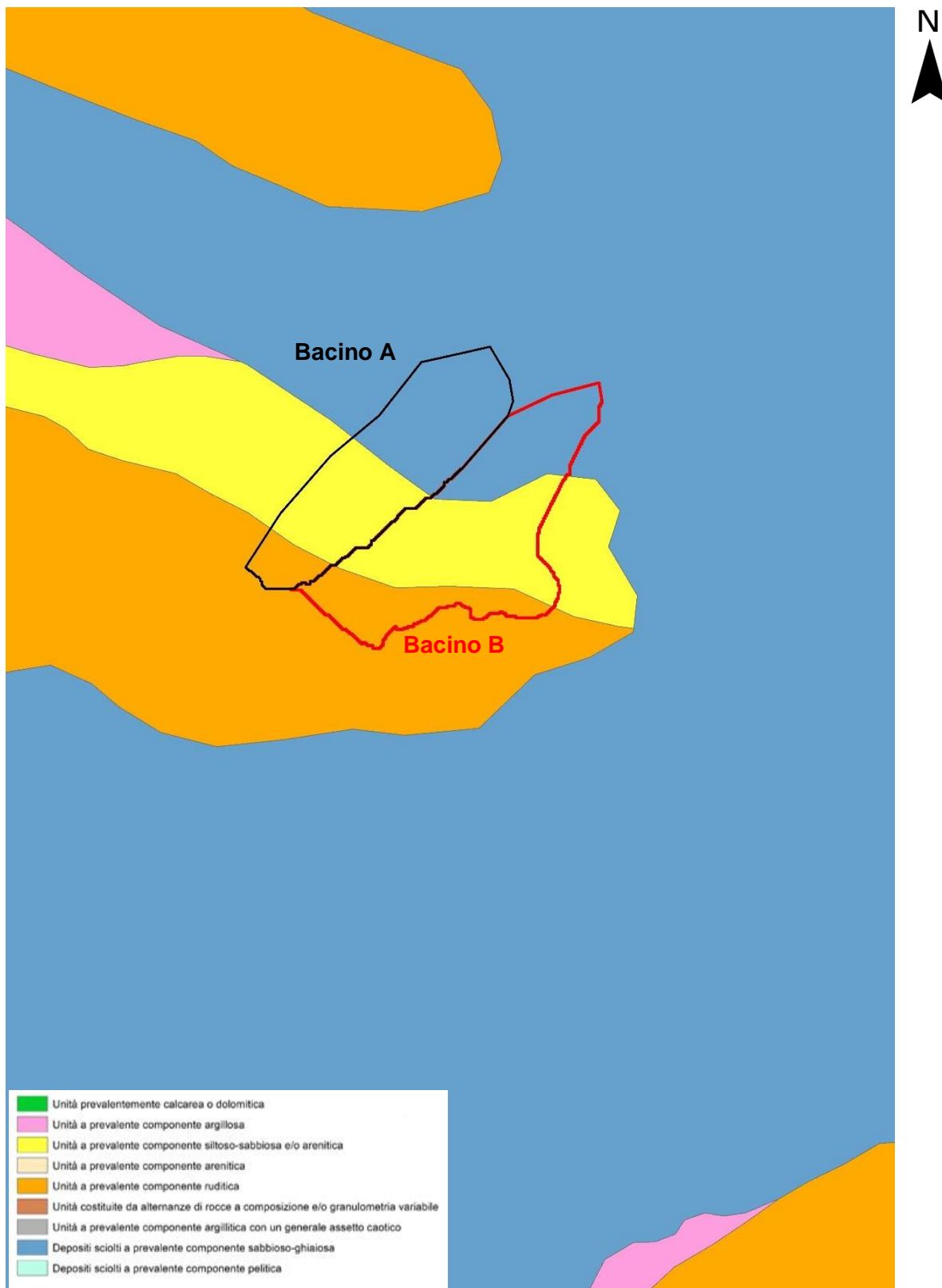
Nello specifico i dati topografici di partenza sono stati elaborati al fine di ottenere un DEM formato Grid che consente un'analisi topografica di maggiore dettaglio rispetto ad una elaborazione in formato TIN. Attraverso l'utilizzo del software Geo-HMS è stato possibile determinare il bacino idrografico 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 dei due reticoli, utilizzati per effettuare i calcoli idraulici.



Individuazione delle linee di drenaggio e relativi bacini di alimentazione



Stralcio carta litologica, rispetto ai due bacini di alimentazione

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Tab. 1: Caratteristiche reticoli

	CANALE A	CANALE B
area bacino	0.80 km ²	1.04 km ²
lunghezza asta	663 m	973 m
lunghezza bacino	1797 m	1922 m
altezza media bacino	90 m	85 m
quota sez. chiusura	75 m	71 m
quota max bacino	133 m	100 m
quota max asta	79.3 m	82.6 m

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 due (Tavoliere), in cui la curva di probabilità pluviometrica ha la seguente formula:

$$X(t, z) = 22.23 \cdot t^{0.247}$$

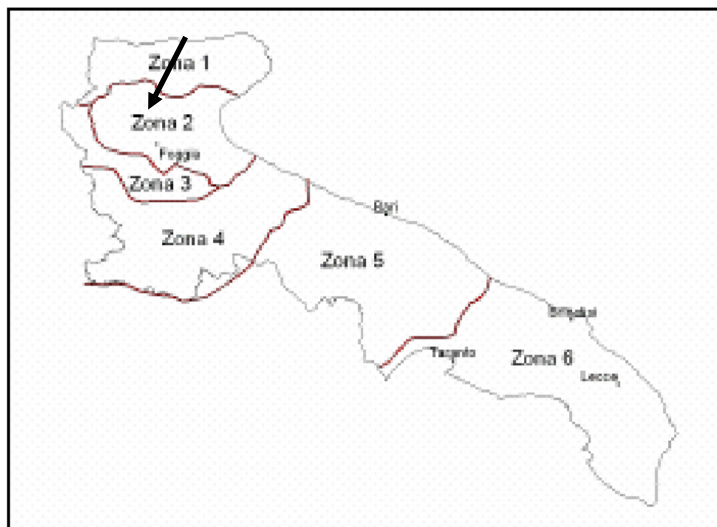
Dopo aver trovato il valore di X_t (per prefissato tempo di ritardo) si calcola il fattore di crescita K_t in funzione del tempo di ritorno, utilizzando la formula:

$$a = 0,1599 \quad K_t = a + b \ln T$$

$$b = 0,5166$$

T = tempo di ritorno

A questo punto il valore della pioggia è dato da: $P = X_t \cdot K_t$



Sottozone omogenee (TCEV)

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:

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I + S)}$$

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

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
A = MOLTO PERMEABILE	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B = POCO PERMEABILE	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
C = QUASI IMPERMEABILE	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.
D = IMPERMEABILE	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:

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

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	
	terrazzato	Povero	61	72	79	82	
	“	Buono	59	70	78	81	
	Linee rette	Povero	66	77	85	89	
Seminativo intenso o prateria	“	Buono	58	72	81	85	
	Isoipse	Povero	64	75	83	85	
	“	Buono	55	69	78	83	
	terrazzato	Povero	63	73	80	83	
	“	Buono	51	67	76	80	
	Linee rette	Povero	68	79	86	89	
Pascolo	“	Medio	49	69	79	84	
	“	Buono	39	61	74	80	
	Isoipse	Povero	47	67	81	88	
	“	Medio	25	59	75	83	
	“	Buono	6	35	70	79	
	Prato	-----	Buono	30	58	71	78
Bosco	-----	Povero	45	66	77	83	
	-----	Medio	36	60	73	79	
	-----	Buono	25	55	70	77	
	-----	-----	59	74	82	86	
Fattoria	-----	-----	89	92	94	95	
Centri commerciali	-----	-----	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
	Parcheggi 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

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Elaborazione e analisi dei risultati

Per il calcolo delle portate sono state considerate le intere aree sottese dai bacini di alimentazione.

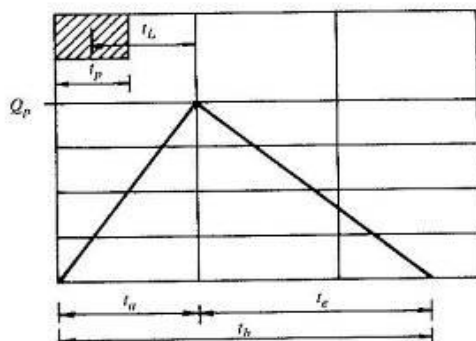
Come coefficiente si è utilizzata la media matematica tra il CN II e il CN III.

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^3 , 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:

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

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

in cui:

V = volume di deflusso espresso in mm;

A = area del bacino espressa in Km²;

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.

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.

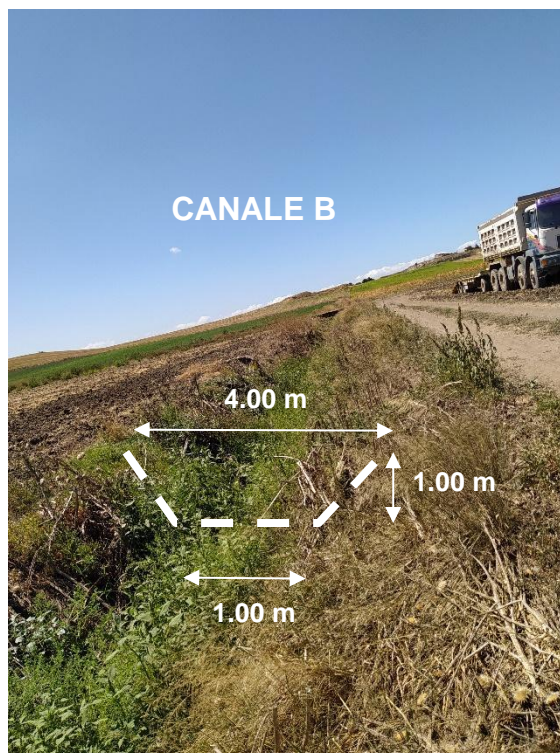
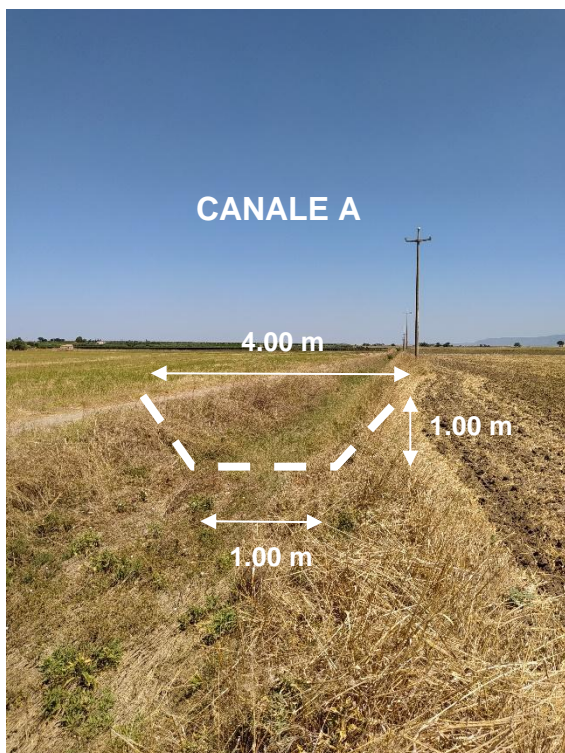
Attraverso la convoluzione di tale afflusso netto con l'idrogramma definito dal SCS, precedentemente valutato per il bacino in esame, si ottengono i risultati contenuti nella seguente tabella.

	t _c (ore)	t _a (ore)	Q200 (m ³ /s)
CANALE A	0.62	0.68	3.11
CANALE B	1.24	1.36	2.90

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

CALCOLO IDRAULICO CANALI - CAMPO OVEST

Il due canali verificati presentano forma trapezoidale e sponde in cemento, ricoperte, come il fondo, quasi interamente da vegetazione fitta, come mostrato nella foto che seguono. Come coefficiente di scabrezza (Kutter) si è scelto un valore cautelativo pari a 1,50.



Canali

NATURA DELLE PARETI	γ	m
1. Paredi di cemento perfettamente lisciate o di tavole piallate o tubazioni di eternit	0,06	0,12
2. Paredi di cemento lisciate o di tavole piallate o tubazioni di acciaio senza saldatura	0,10	0,15
3. Paredi di intonaco ordinario, grès ceramico, lamiera sottile con chiodature poco sporgenti, ghisa nuova	0,16	0,20
4. Tubazioni in cem. lisciate, con diametro > 0,40 m, o tubazioni in lamiera con molte chiodature	0,18	—
5. Calcestruzzo piano, tubi di cem. con giunture frequenti, ghisa in servizio corrente	0,23	0,25
6. Paredi in cem. non bene lisciate, o pareti di tavole grezze, o di muratura ordinaria molto accurata, o in terra molto regolare, o tubi di ghisa in servizio da molti anni, o tubi in lamiera con moltissime chiodature.	0,36	—
7. Paredi di cemento male lisciate, o di pietrame ordinario	0,46	0,55
8. Terra irregolare, calcestruzzo grezzo o vecchio, cement-gun, ghisa vecchia	0,85	0,75
9. Canali in terra con lievi depositi di sabbia sul fondo, o con pareti di muratura in cattive condizioni, o con pareti metalliche o rivestite di lamiera con chiodatura ordinaria	1,00	1,25
10. Terra a sez. irregolare con erbe sporgenti, fiumi naturali in letto regolare	1,30	1,75
11. Canali in terra in cattive condizioni, vegetazione sul fondo e sulle sponde, o depositi irregolari di massi e ghiaia	1,75	2,50
12. Canali di terra in abbandono, con sezione quasi interamente ostruita dalla vegetazione, o corsi naturali con alveo in ghiaia.	2,30	3,00

Coeff. Kutter

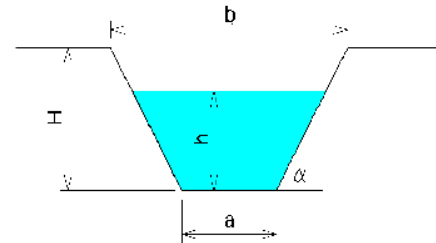
X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Calcolo capacità idraulica sezione di forma trapezoidale

Le condotte e i canali a pelo libero possono essere dimensionati e verificati applicando la formula di Chèzy del moto uniforme nei canali a superficie libera.

H	1.00	altezza [m]
a	1.00	base minore [m]
b	4.00	base maggiore [m]
h	0.65	altezza acqua [m]
p	0.80%	pendenza
m	1.50	coeff. di scabrosità di Kutter



Inclinazione scarpata α 33.69 °

Contorno bagnato $Pb = a + 2h / \text{sen } \alpha$ 3.344 [m]

Area di deflusso $A = h[a + h \text{ tg}(90 - \alpha)]$ 1.2838 [m²]

Raggio idraulico $Ri = \frac{A}{Pb}$ 0.384 [m]

**Capacità idraulica per un'altezza d'acqua h = 0.65 m
Ipotesi di moto uniforme**

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

RISULTATI

c =	29.23	
V =	1.62	[m/sec]
Q =	2.08	[mc/sec]
	2080	[l/sec]

Il calcolo, eseguito per una capienza del 65 %, ha fornito un valore pari a 2.08 mc/s. La tabella seguente evidenzia la portata alle diverse altezze di riempimento del canale. Quando il canale è a pieno regime supporta una portata pari a 5,42 mc/s, di gran lunga maggiore delle portate calcolate per i due bacini di alimentazione e paria 3.11 mc/sec (canale A) e 2.90 mc/sec (canale B). Pertanto la capacità idraulica degli canali è verificata.

X-ELIO LUCERA S.R.L.

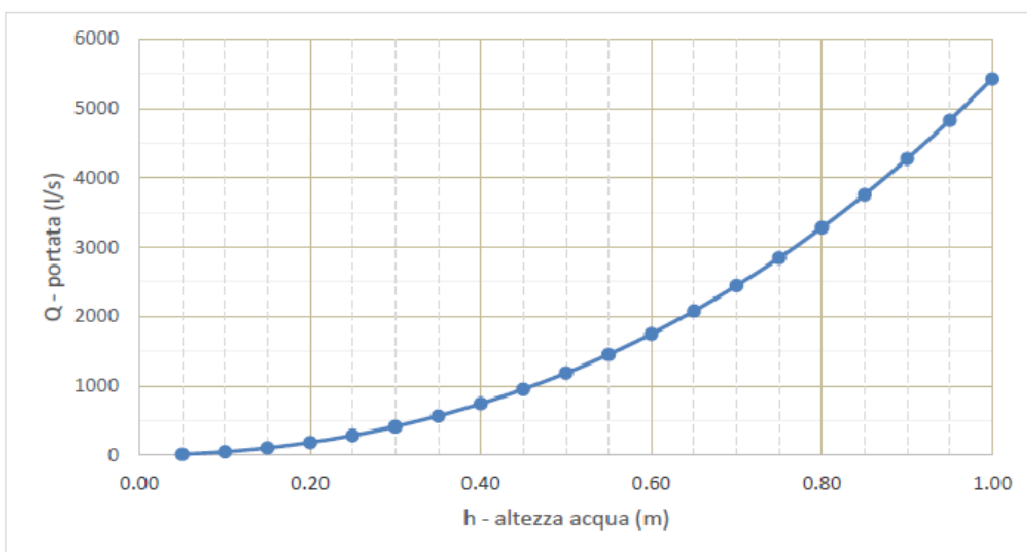
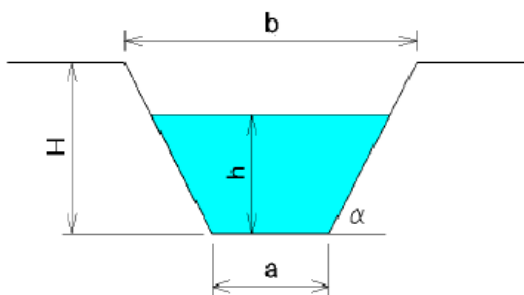
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Capacità idraulica per varie altezze d'acqua

H	1.00	altezza (m)
a	1.00	base minore (m)
b	4.00	base maggiore (m)
p	0.80%	pendenza
m	1.5	coeff. di scabrosità di Kutter

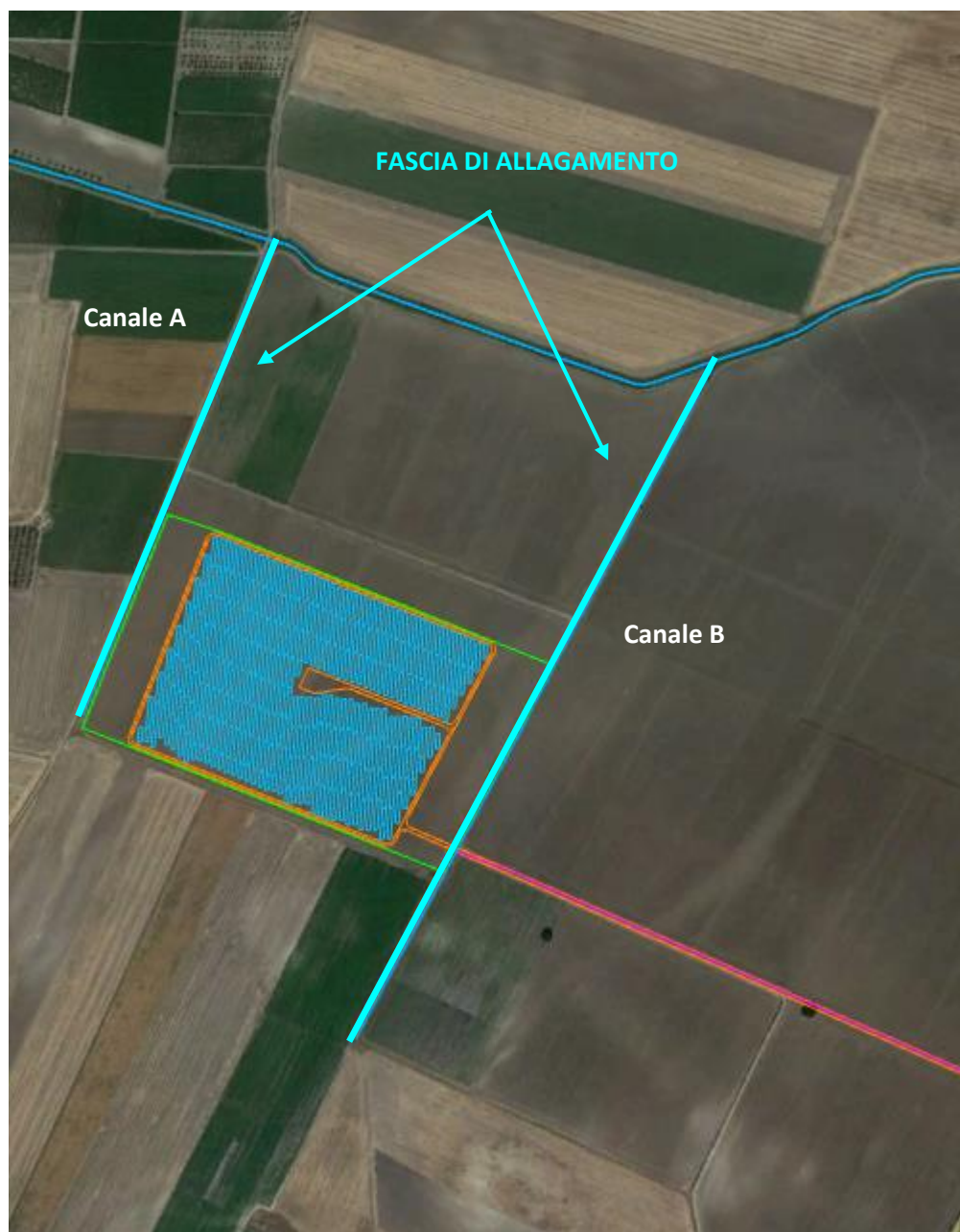
h [m]	Q [l/sec]
0.05	12.778
0.10	48.551
0.15	106.211
0.20	186.006
0.25	288.726
0.30	415.425
0.35	567.297
0.40	745.608
0.45	951.662
0.50	1186.783
0.55	1452.301
0.60	1749.546
0.65	2079.842
0.70	2444.506
0.75	2844.843
0.80	3282.148
0.85	3757.706
0.90	4272.786
0.95	4828.648
1.00	5426.539

h = altezza d'acqua
 Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente



X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Fascia di allagamento dei due canali

CAVIDOTTO

Intersezioni con le aree a pericolosità idraulica e col reticolo idrografico

In relazione alle opere a realizzarsi lungo le strade interessate da pericolosità PAI, tenendo presente quanto la Società X-ELIO LUCERA S.R.L. afferma nella relazione tecnica allegata a cui si rimanda, nonché il fatto che non è previsto alcun manufatto fuori terra tale che possa modificare il deflusso idrico naturale delle acque, che si sviluppa in concomitanza degli eventi di pioggia maggiormente copiosi, è possibile affermare quanto segue:

- le attività si svolgeranno in maniera tale da non incrementare il livello di pericolosità idraulica presente, né comprometteranno eventuali futuri interventi di sistemazione idraulica e/o mitigazione del rischio;
- non ci sarà accumulo di materiale o qualsiasi forma di ostacolo al regolare deflusso delle acque;
- gli scavi saranno tempestivamente richiusi e ripristinati a regola d'arte evitando infiltrazioni d'acqua all'interno sia durante i lavori che in fase di esercizio;
- il materiale di risulta qualora non riutilizzato, sarà conferito in ossequio alla normativa vigente;
- l'intervento, seppur privato, risulta di interesse pubblico e sociale e viene realizzato come potenziamento della rete infrastrutturale presente;
- la morfologia originaria del terreno non sarà in alcun modo modificata;

L'analisi morfologica evidenzia una generale inclinazione della superficie topografica da sud verso nord, con una pendenza generalmente variabile dall'1 al 2%. Pertanto, dal punto di vista idraulico le acque meteoriche sono caratterizzate da uno scorrimento continuo, senza possibilità di ristagno ma con velocità di scorrimento lenta. Pertanto, le superficie ricadenti nella aree a pericolosità idraulica saranno interessate dalla presenza di acqua solo nel lasso di tempo della precipitazione e solo in caso di esondazione del reticolo idrografico.

Inoltre, i cavidotti sono a tenuta stagna e possono trovarsi anche in ambiente saturo di acqua senza deteriorarsi.

La Società X-ELIO si assume tutte le responsabilità riguardo la tenuta e l'utilizzo dei suddetti cavidotti anche in caso di allagamento dell'area su cui si trova il tracciato.

Il tracciato del cavidotto prevede n° 2 attraversamenti del reticolo idrografico, entrambi saranno superati mediante tecnica della trivellazione orizzontale controllata T.O.C..

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

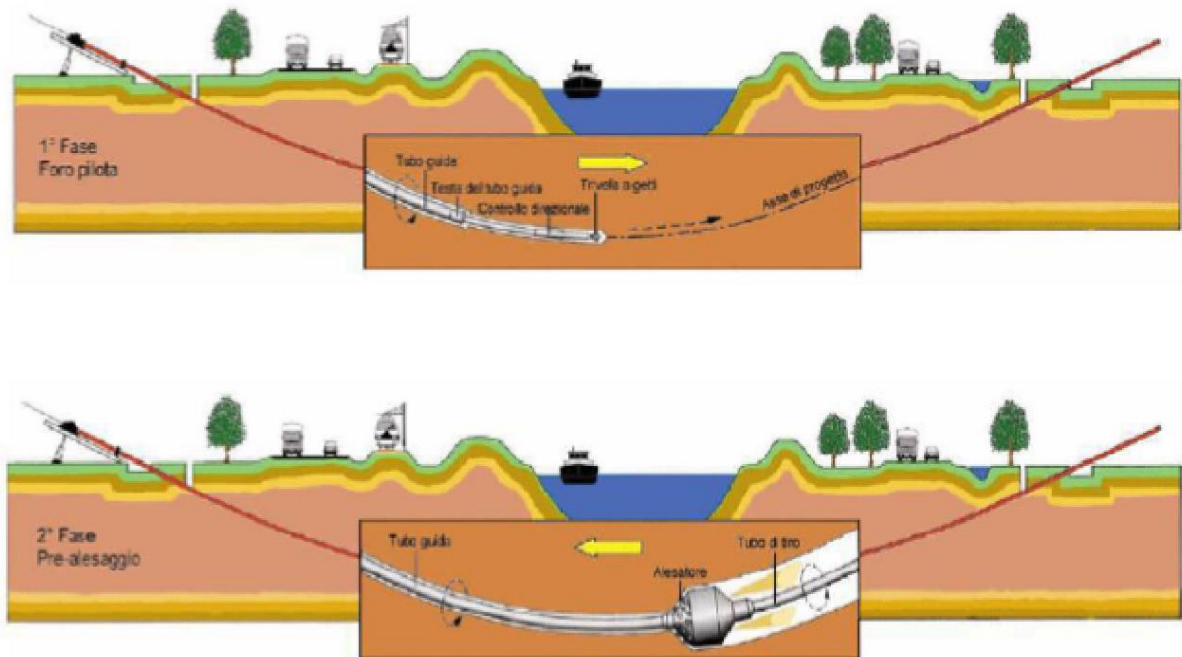
Tale tecnica consente di posare, per mezzo della perforazione orizzontale controllata, linee di servizio sotto ostacoli quali strade, fiumi e torrenti, edifici e autostrade, con scarso o nessun impatto sulla superficie. Questo tipo di perforazione consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto 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.

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



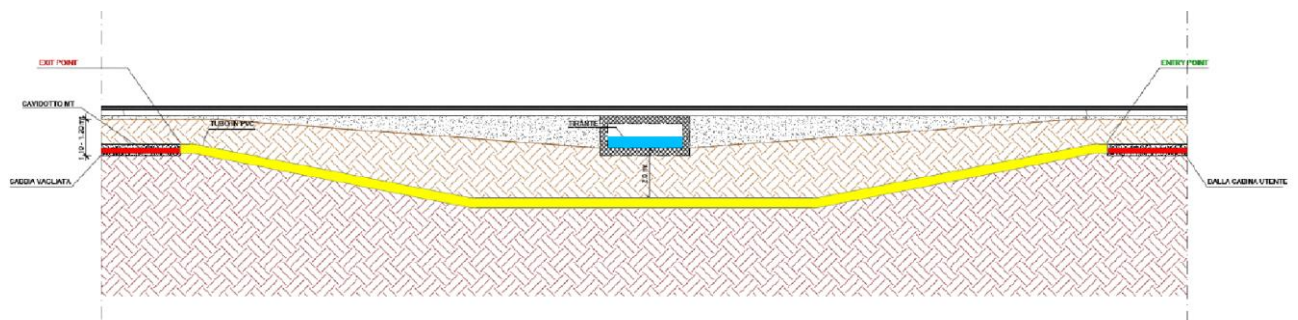
L'esecuzione della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) consta essenzialmente di due fasi di lavoro:

- 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

X-ELIO LUCERA S.R.L.




Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Planimetria attraversamenti con tracciato del cavidotto

Primo attraversamento



-  Attraversamento
-  Cavidotto
-  Reticolo- PAI

X-ELIO LUCERA S.R.L.

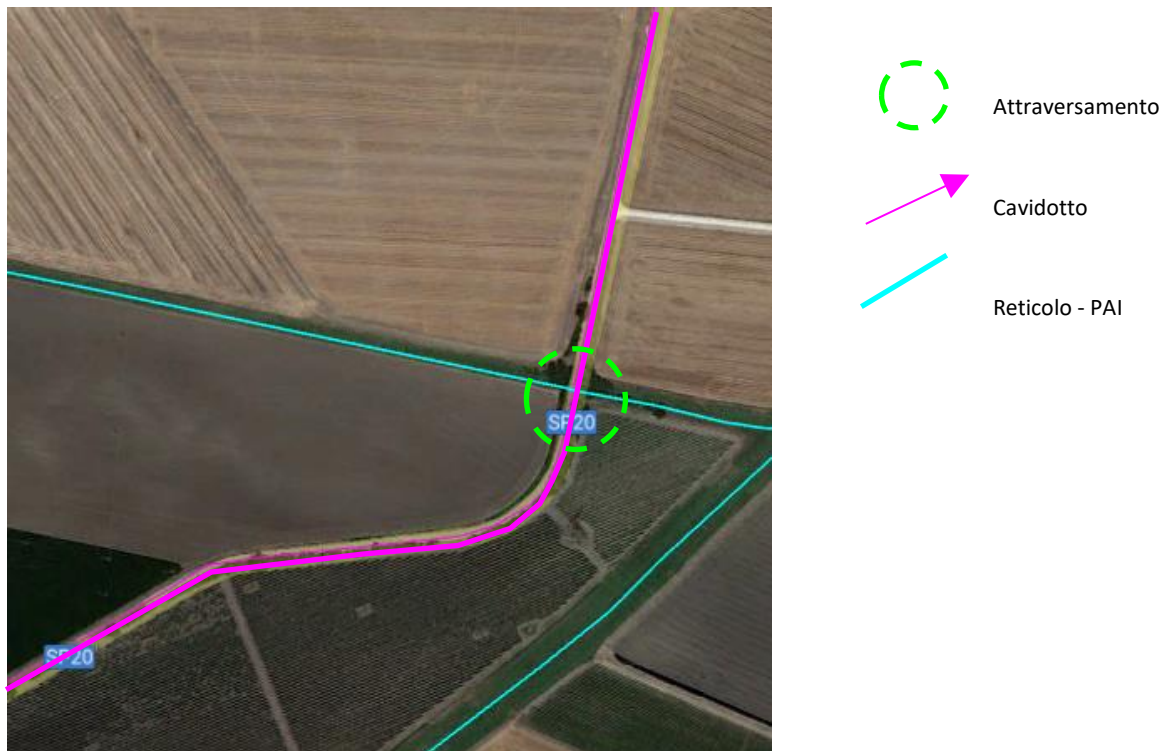
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Procedendo dal campo Ovest verso il Campo Est si intercetta la prima interferenza in corrispondenza del canale "B", presente lungo il confine del Campo Ovest. Trattandosi di un canale cementato non si ha rischio di erosione del fondo. Inoltre, come evidenziato nella relazione geologica, la falda idrica è presente ad una profondità non inferiore a 280 m. Non sono state intercettate falda idriche superficiali.

Secondo attraversamento

Procedendo dal campo Ovest verso la SSE, l'interferenza si trova in corrispondenza del canale perpendicolare alla SP20. Trattandosi di un canale in terra, è stata eseguita la verifica ad erosione.

Come evidenziato nella relazione geologica, la falda idrica è presente ad una profondità non inferiore a 280 m.



Calcolo erosione alveo attraversamento 2

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 del reticolo sopra indicato, 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 l'attraversamento 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 dell'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 δ come differenza tra il tirante d'acqua "h" antecedente alla erosione e il tirante d'acqua "he" a fenomeno avvenuto:

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

$$\delta = h_e - h$$

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:

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

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

Considerando i seguenti dati:

Q =	15.7	mc/sec	portata
L =	15	m	larghezza canale
hc =	1.3	m	profondità canale
q =	1.05	m ³ /sec	portata per unità di larghezza del canale
h =	1.30	m	tirante idrico antecedente all'erosione
d ₅₀ =	0.00006	m	

Pertanto, l'erosione può raggiungere al massimo il valore di:

$$\delta = 0.67 h$$

CONCLUSIONI

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

Il campo ovest è lambito in destra e in sinistra da due canali in cemento:

- lo studio idrologico ha permesso di calcolare le portate risultanti dai bacini di alimentazione dei due canali: canale A= 3.11 m³/sec; canale B= 2.90 m³/sec;
- mediante la formula di Chezy è stata stimata la massima capacità idraulica degli stessi, risultata di gran lunga superiore alle portate suddette, ovvero pari a 5.42 m³/sec.

Pertanto la realizzazione dell'impianto agrovoltico non sarà inficiata dal potenziale allagamento e potrà interessare i campi ovest ed est interamente.

X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 17129671008 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

In base alla cartografia PAI, i Campi agrovoltai non sono interessati da pericolosità geomorfologica e/o idraulica.

Il tracciato del cavidotto si sviluppa interamente su strada di collegamento tra gli Impianti e la SSE.

Per circa metà della sua lunghezza il cavidotto ricade in zona perimetrata in alta, media e bassa pericolosità idraulica dal PAI.

Dato che l'intero tracciato ricade su strada e non sono previste opere fuori terra, la sua realizzazione non comporterà alcuna riduzione della sezione utile per il deflusso idrico. I due attraversamenti saranno eseguiti con l'utilizzo della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.). In particolare, è stato anche valutato il grado di erosione in corrispondenza dell'attraversamento ubicato in zona PAI, risultato pari a 0.67 m e pertanto compatibile con le opere a farsi.

La SSE rientra nell'area definita dal PAI a "bassa pericolosità idraulica" dove, in base all'art. 9 delle NTA del PAI, sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio. Lo studio ha identificato un'altezza massima del tirante idrico pari a 40 cm. Le opere di progetto dovranno quindi collocarsi ad un'altezza dal piano campagna superiore a questa misura. Infine la particolare collocazione della SSE non comporterà nessuna modifica dell'attuale regime idraulico.
