

REGIONE SARDEGNA

Provincia del Nord-Est Sardegna

COMUNI DI LURAS E TEMPIO PAUSANIA



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	25/02/22	NASTASI M.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	31/01/22	NASTASI M.	FURNO C.	NASTASI A.

Committente:

VGE 04

Volta Green Energy

Piazza Manifattura, 1 – 38068 Rovereto (TN)
Tel. +39 0464 625100 – Fax +39 0464 625101 – PEC vge04@legalmail.it



Società di Progettazione:



Ingegneria & Innovazione

Via Jonica, 16 – Loc. Belvedere – 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

PARCO EOLICO PETRA BIANCA

Progettista/Resp. Tecnico:

Dott. Ing. Cesare Furno
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Catania
n° 6130 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Geologo:

Dott. Geol. Milko Nastasi
Ordine Regionale
dei Geologi di Sicilia
n° 3139 sez. A

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C20042S05-PD-RT-05-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

DEFINITIVO

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO-IDROGRAFICO	6
3.1 Influenza della viabilità sul reticolo idrografico	8
4. METODO DI STUDIO	9
5. RISULTATI DEL CALCOLO	11
5.1 Bacino 1	11
5.2 Bacino 2.....	14
6. POSA DEL CAVIDOTTO.....	17
7. OPERE IDRAULICHE.....	18
CONCLUSIONI.....	20

Allegati:

- corografia scala 1:25000;
- carta idrografica 1:25000;
- carta delle interferenze 1:25000.

1. PREMESSA

VGE 04 S.r.l. (di seguito anche la “Società”) è una società appartenente al Gruppo Volta Green Energy (di seguito anche “VGE”).

Volta Green Energy, con sede in 38068 Rovereto (TN), Piazza Manifattura n. 1, iscritta alla CCIAA di Trento al n° 02469060228, REA TN – 226969, Codice Fiscale e Partita IVA 02469060228 opera nel settore della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e nasce dall’esperienza più che decennale di professionisti, con oltre 500 MW di parchi eolici e 100 MW di impianti fotovoltaici sviluppati, costruiti e gestiti.

Ad oggi, Volta Green Energy impiega poco più di una ventina di risorse e svolge in proprio la ricerca, lo sviluppo e la costruzione di nuovi progetti.

Ogni attività è svolta sulla base della conoscenza delle specifiche criticità e nel rispetto degli equilibri sociali, ambientali e territoriali in cui si inseriscono gli impianti in esercizio e le nuove iniziative.

Le attività svolte da Volta Green Energy afferiscono all’intero processo che porta alla produzione di energia da fonti rinnovabili: sviluppo di nuovi progetti, finanziamento, costruzione, Operation & Maintenance, vendita dell’energia; queste attività coinvolgono direttamente l’ambiente e le comunità dove sono presenti gli impianti. Per questo, Volta Green Energy è dotata di un Sistema di Gestione Integrato che include temi etici e legali (D.Lgs. 231/01), requisiti di sistema ambientale (ISO 14001:2015) e di gestione salute e sicurezza (UNI ISO 45001:2018).

Volta Green Energy ha recentemente completato i lavori di una delle prime installazioni eoliche in Italia che, da aprile 2020 con successo, è operativa su base merchant, e cioè si sostiene economicamente senza il ricorso a produzione incentivata.

Si tratta di due ampliamenti di un parco eolico già in esercizio da 48 MW con una potenza aggiuntiva di 18 MW. Tutte le altre attività di realizzazione dei due impianti (ingegneria, permitting, lavori civili ed elettrici, acquisti, consulenze, ecc), le attività di collaudo, nonché gestione, coordinamento e armonizzazione tra tutti i diversi soggetti coinvolti e le rispettive attività, sono state svolte da Volta Green Energy, le cui professionalità avevano portato avanti anche lo sviluppo delle iniziative.

Oggi Volta Green Energy, insieme ad un partner di primaria importanza nel settore delle energie rinnovabili, sta realizzando un impianto eolico della potenza di circa 44 MW, costituito da 9 aerogeneratori dopo aver portato avanti direttamente anche lo sviluppo dell’iniziativa.

VGE 04, anch’essa con sede in 38068 Rovereto (TN), Piazza Manifattura n. 1, iscritta alla CCIAA di Trento al n° 02630420228, REA n° TN - 238605, Codice Fiscale e Partita IVA 02630420228, ha in progetto la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, mediante l’installazione di 14 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6 MW, per una potenza complessiva di 84 MW, sito nei Comuni di Luras e di Tempio Pausania, in provincia del Nord-Est Sardegna (di seguito anche “Parco Eolico Petra Bianca”).

Secondo quanto previsto dalla soluzione di connessione con Codice Pratica 202002705, rilasciata da Terna SpA in data 14/04/2021, poi accettata in data 21/05/2021, l’impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso una sottostazione elettrica utente di trasformazione e consegna (di seguito anche “SSEU”) da collegare

in antenna a 150 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata “Tempio” da inserire in entra – esce alla linea 150 kV “Olbia - Tempio” previa realizzazione di un nuovo elettrodotto di collegamento della RTN a 150 kV tra la SE di Santa Teresa e la nuova SE Buddusò.

Il modello tipo di aerogeneratore (di seguito anche “WTG”) scelto, dopo opportune considerazioni tecniche ed economico finanziarie, è il modello tipo Siemens Gamesa SG170 da 6 MW con altezza mozzo pari a 115 m, diametro rotore pari a 170 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questo modello tipo di aerogeneratore è allo stato attuale quello ritenuto più idoneo per il sito di progetto dell’impianto.

L’area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade in località Silonis, Calvonaiu, Cae’e Figu/Labias e Bisettara del Comune di Luras e in località La Menta, Monte Cuscuscione, Padru di Lampada, Petra Ruia, Li Espi, Funtana di casa, Tanca Longa e Bonifica Padulo del Comune di Tempio Pausania entrambi in provincia di Nord-Est Sardegna, su una superficie prevalentemente destinata a pascolo.

I terreni sui quali si intende realizzare l’impianto sono tutti di proprietà privata; di questi, quelli su cui è prevista l’installazione degli aerogeneratori sono per lo più già nella disponibilità della Società proponente. Il territorio è caratterizzato da un’orografia prevalentemente collinare, le posizioni delle macchine hanno all’incirca un’altitudine che varia dai 260 m ai 520 m s.l.m.

Il parco eolico in progetto convoglierà l’energia prodotta verso la Sotto Stazione Elettrica (SSEU) in progetto di proprietà di VGE 04 S.r.l. nel Comune di Calangianus, in provincia del Nord-Est Sardegna, nelle particelle 216 e 213 del foglio 45, per la trasformazione e la consegna dell’energia elettrica alla rete di trasmissione nazionale.

Detta Sotto Stazione sarà collegata alla stazione 150 kV “Tempio” nel Comune di Calangianus, in provincia del Nord-Est Sardegna, in catasto nel foglio 45, particella n. 271, da connettere alla rete di trasmissione nazionale.

L’elettrodotto in media tensione (“MT”) collegherà tutti gli aerogeneratori e serve per il vettoriamento dell’energia elettrica prodotta dagli stessi fino alla sottostazione elettrica utente. Un breve tratto di elettrodotto, previsto all’interno di una strada pubblica, ricadrà anche nel territorio del Comune di Aggius.

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl, con sede in Siracusa.

Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale, nel settore della transizione ecologica e non solo.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell’ambito delle consulenze tecniche, ingegneristiche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata.

La società pone a fondamento delle proprie attività ed iniziative, i principi fondamentali della qualità, dell’ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Al fine di verificare la fattibilità del progetto in esame e definire al meglio il modello geologico in fase di progetto definitivo, è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree in esame, spinte fino ad un intorno utile a definire le caratteristiche sopra menzionate.

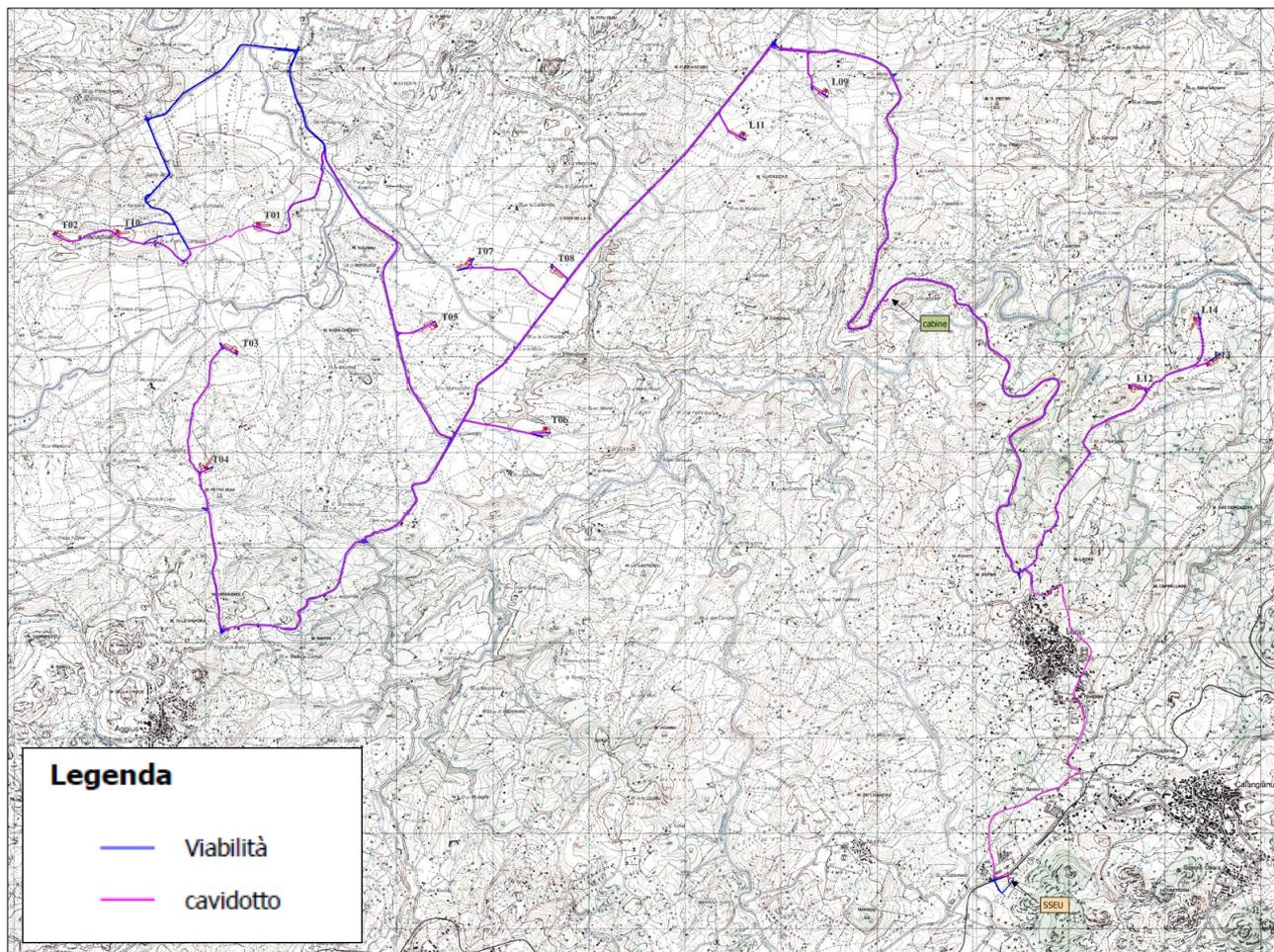


Figura 1 - Corografia della zona in scala 1:25000

L'area sulla quale verranno installate le turbine ricade nel Foglio 443 IV NO Tempio Pausania, 443 I Calangianus (fig.1). Le turbine sono ubicate nel territorio comunale di Luras e Tempio Pausania, con la SSEU ubicata nel territorio di Calangianus tutte in provincia del Nord-Est Sardegna.

Le quote relative all'impianto eolico vanno dai 264 ai 521 m.s.l.m e si trova ubicato a Nord dei paesi di Luras, Calangianus, Tempio Pausania e Aggius.

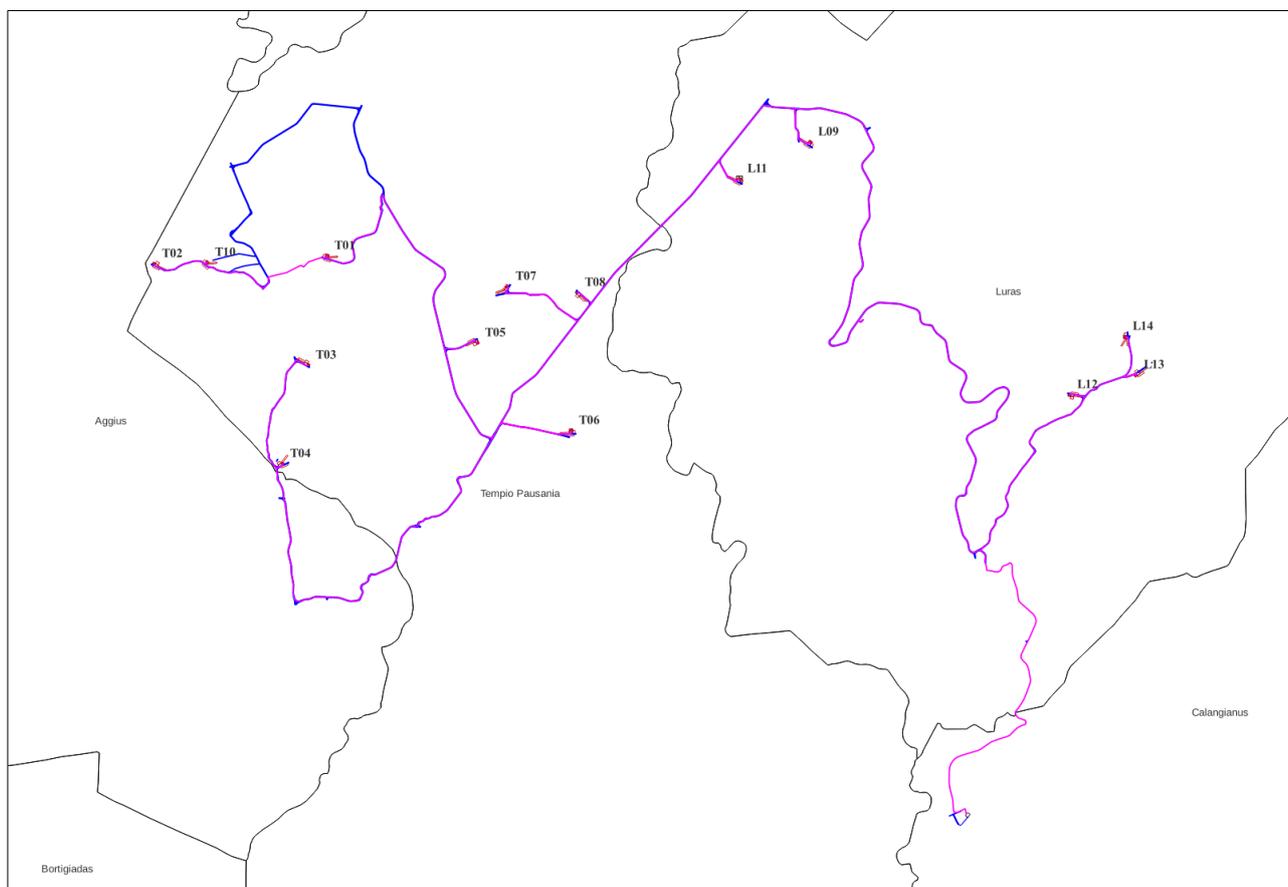


Figura 2 - Mappa dei vari siti dell'impianto in progetto

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO-IDROGRAFICO

L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Autonoma della Sardegna in scala 1:10000, più precisamente all'interno delle CTR n° 443070, 443060, 443050, 443030, 443020, 443010, 427150, 427140, 427130.

Tale zona appartiene ad un contesto geomorfologico caratterizzato da un'area collinare digradante verso N e verso S confluendo nella valle del Riu Turrari con una percentuale medio del 6%.

Sono presenti diverse incisioni che morfologicamente hanno una geometria arrotondata nelle zone più a valle e incisioni a V nelle zone collinari.

La particolare conformazione orografica del Foglio 443 "Tempio Pausania", costituito in prevalenza da settori con elevata altimetria, come il massiccio del M. Limbara, che rappresenta la seconda area montuosa della Sardegna, condiziona fortemente l'evoluzione del reticolo idrografico, fondamentalmente caratterizzato dalla presenza di aste fluviali del primo, secondo e terzo ordine gerarchico.

I lineamenti strutturali di questo settore della Gallura, strettamente correlati agli effetti della tettonica terziaria, hanno invece condizionato fortemente su tutto il territorio la forma del reticolo idrografico, che è di tipo centrifugo attorno al massiccio del M. Limbara, e angolare quando si imposta e va a coincidere con le principali direttrici tettoniche.

In questi casi i corsi d'acqua tendono a formare una serie di gomiti e di meandri incassati in roccia tra cui i più evidenti sono quelli del Fiume Coghinas, il terzo fiume della Sardegna per ordine di lunghezza, che attraversa un settore molto limitato a SW del Foglio con ampi meandri nelle località C. Littu 'e Mela, Li Tuccuneddi, La Olta di Giovanni Multino e Donnigazza.

Analogo andamento mostra il Riu Carana, che scorre in direzione W-E nel settore settentrionale del Foglio, con un corso articolato che alterna tratti ad elevata pendenza con alveo in roccia (fig.100), a tratti meno inclinati con presenza di depositi ghiaiosi di fondo entro i quali si articola l'alveo di magra; esso costituisce il principale immissario del Lago del Liscia (fig.101), che ricade parzialmente nell'area NE del Foglio.

Alcuni fiumi mostrano invece andamento prevalentemente lineare, impostati lungo direttrici tettoniche dirette NE-SW; fra questi citiamo il Riu Su Rizzolu de Curadore, che dal "Passo del Limbara" fiancheggia la S.S. 392 scorrendo nella stretta valle compresa fra il M. Limbara e Sarra Balascia.

Altri corsi d'acqua principali sono il Riu Turrali, che drena le acque della "Valle della Luna", nel settore NW del Foglio, il Riu Parapinta che si articola nel settore a N di Tempio Pausania, il Riu Salauna - Badu Mesina che scorre nel settore

NW del M. Limbara e il Riu Lu Miriacheddu - Taroni che si sviluppa con un reticolo a tratti nettamente angolare, nel settore orientale del Foglio 443 "Tempio Pausania".

Dalla consultazione dei pozzi la falda superficiale si trova in alcuni punti intorno ai 20 m dal p.c., quella profonda intorno ai 60 m dal p.c..

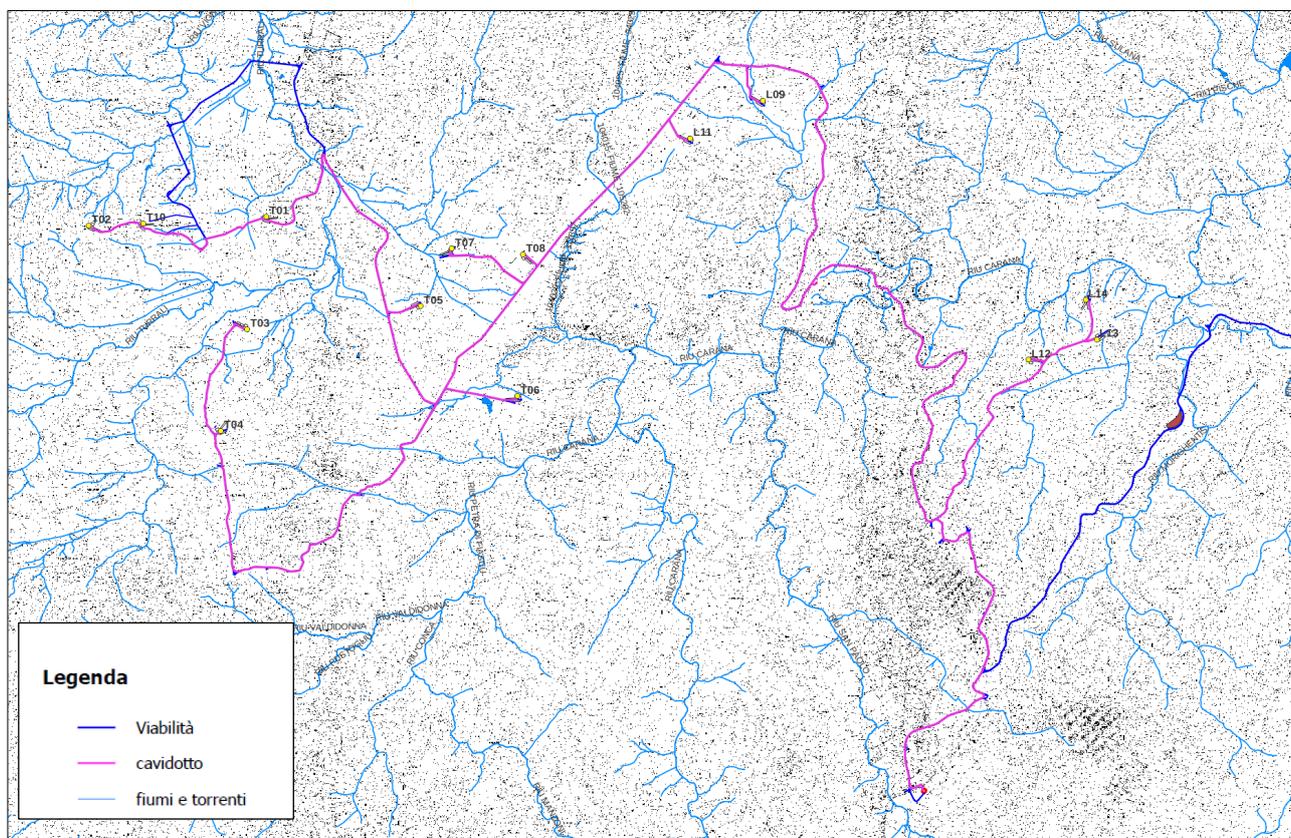


Figura 3 - Area interessata dagli impianti con reticolo idrografico presente

3.1 Influenza della viabilità sul reticolo idrografico

Sono stati individuati due interferenze con il cavidotto e la viabilità, per cui si è proceduto all'individuazione dei bacini degli impluvi interessati, ognuno con le dovute estensioni areali, dai quali è stato eseguito lo studio idrologico.

Queste interferenze sono:

Tra la L09 e L12 all'altezza del ponte di Piras sul Riu Carana (sezione di chiusura bacino 3);

A NE della T01 sul Riu Turrari (sezione di chiusura bacino 2);

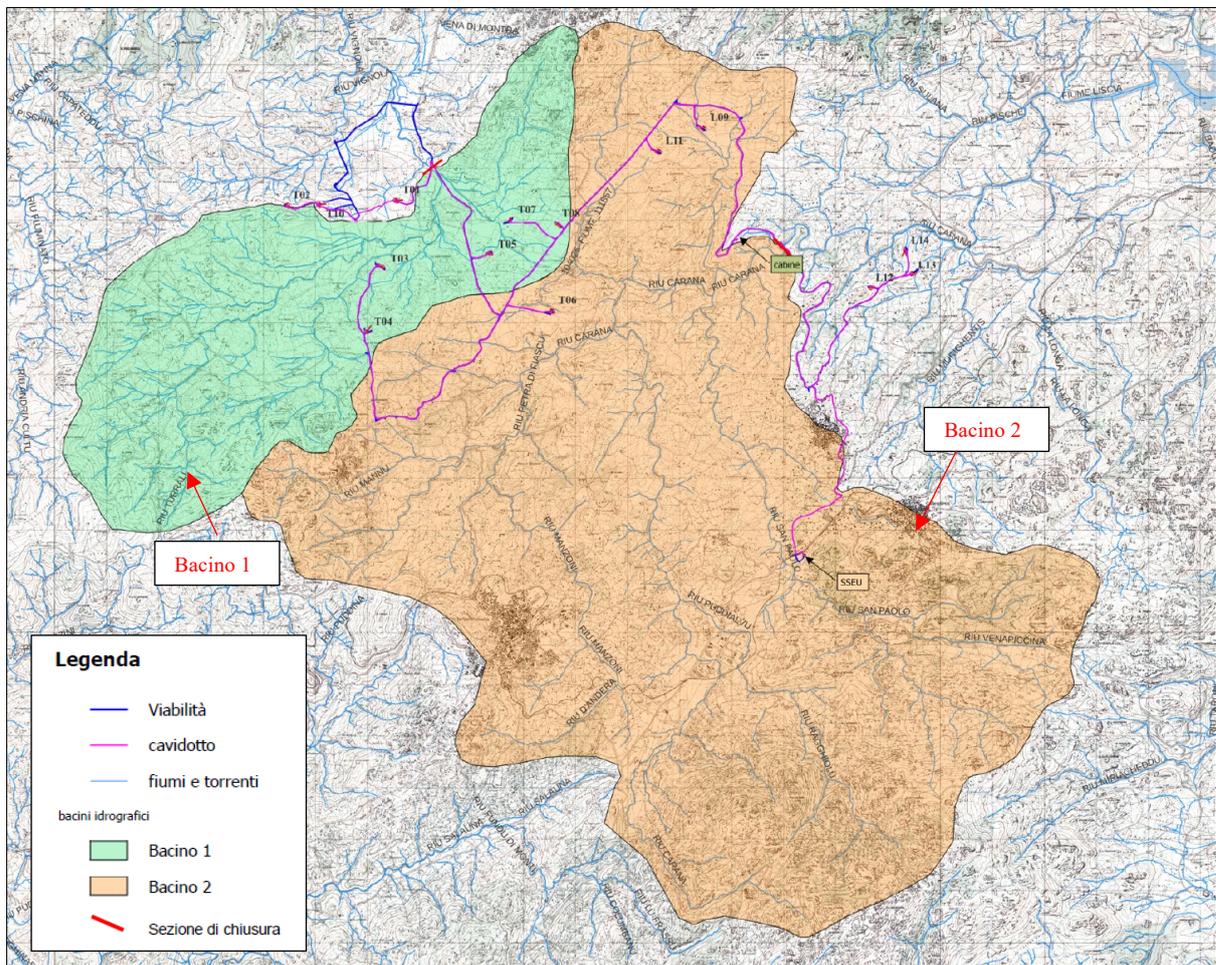


Figura 4 – Bacini di nostro interesse

4. METODO DI STUDIO

Viste le incisioni modeste presenti e la fase progettuale definitiva è stato fatto uno studio di massima sui torrenti che passano sugli impluvi elencati precedentemente, essendo anche quelli più rilevanti.

I dati utilizzati, pochi per analisi più ampie e dettagliate, sono stati ottenuti dagli annali idrologici dal 2008 al 2019 negli annali idrologici della regione con registrazione delle massime precipitazioni annue per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore sono presenti solo per il periodo sopra detto, e attraverso il metodo di Gumbel e alla formula del metodo razionale si ottengono le portate massime a diversi tempi di ritorno.

La formula razionale, conosciuta anche come metodo razionale o metodo delle sole piogge, è una formula che, sotto alcune ipotesi, permette la stima della portata al colmo di piena che un evento di pioggia di determinato tempo di ritorno può produrre in una data sezione di chiusura di un bacino idrografico; viene utilizzata nella

progettazione dei collettori fognari e dei canali artificiali, oltre che nella verifica della capacità idraulica degli alvei fluviali.

L'idrogramma di piena viene approssimato da un triangolo. Viene inoltre assunta l'ipotesi che la durata t_p della precipitazione di progetto P sia pari al tempo di corrivazione t_c . All'istante t_c , quando tutta la superficie del bacino concorre alla produzione del deflusso alla sezione di chiusura, la precipitazione cessa e la portata inizia a diminuire. Quindi anche t_a , (tempo di accumulo o di concentrazione) risulta esattamente uguale a t_c e t_p .

La scelta di un idrogramma simmetrico (triangolo isoscele) rende infine la durata della fase di esaurimento t_e esattamente pari alle altre grandezze.

$$Q_p = \frac{CPA}{3.6t_c}$$

La soluzione è geometrica, tenendo conto che l'area dell'idrogramma corrisponde al volume di deflusso V in m^3 ed esprimendo l'area A in km^2 , la precipitazione P in mm e i tempi t in ore. La portata al picco Q_p viene ovviamente espressa in m^3s^{-1} mentre il coefficiente di deflusso C è adimensionale.

Il concetto di **tempo di corrivazione (Tc)** è stato formulato ben prima dell'avvento delle tecniche di analisi distribuita del DEM con tecniche GIS. Secondo la definizione classica il tempo di corrivazione – t_c è il tempo che impiega una “goccia d'acqua” caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per giungere alla sezione di chiusura.

Nelle formule successive t_c è espresso in ore.

Formula di Giandotti
 $A > 170 km^2$

$$= \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

Formula di Tournon
 $30 < A < 170 km^2$

$$= \frac{0.396L}{\sqrt{P_i}} \left(\frac{S}{L^2} \sqrt{\frac{P_i}{P_b}} \right)^{0.72}$$

Formula di Pezzoli
 bacini piccoli

$$= 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8}$$

Per entrambi i bacini utilizzeremo la formula di Tournon per bacini medio grandi

5. RISULTATI DEL CALCOLO

5.1 Bacino 1

Il bacino 1 ha un'estensione di 40 km² circa e la sezione di chiusura è individuata a NE della T01 sul Riu Turrari.

Di seguito verranno riportati il risultato del bacino individuato.

Superficie del Bacino	S =	40,30	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	12,50	Km
Altitudine max percorso idraulico	Hmax =	687,00	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	H0 =	396,00	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,02	(m/m)
Altitudine max bacino	Hmax =	887,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	H0 =	396,00	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	Hm =	641,50	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	Hm - H0 =	245,50	m
Pendenza media bacino	Pb =	0,05	(m/m)
Lunghezza da Qmax bacino - sezione		8500	m

Per le analisi statistiche si è presa come riferimento la stazione di Tempio che, per la quantità di dati di registrazione di eventi estremi con durate inferiori al giorno, e per la sua ubicazione, può essere ritenuta significativa.

I dati, ricavati negli annali idrologici della regione si riferiscono al periodo dal 2008 al 2018, con registrazione delle massime precipitazioni annue per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Serie osservazioni

Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
2020	19,60	25,30	40,90	60,50	79,90
2019	19,00	28,20	40,80	50,80	61,60
2018	27,80	55,80	76,00	84,40	93,80
2017	14,40	34,40	46,80	50,80	56,80
2016	27,00	53,60	64,80	86,00	82,40
2015	28,00	38,20	41,40	50,00	61,00
2014	21,00	32,60	35,20	41,40	48,60
2013	44,40	85,20	85,60	92,20	92,60
2012	46,80	72,00	80,60	90,40	126,60
2010	20,10	27,20	50,00	66,30	78,40
2009	41,60	75,30	81,00	92,20	103,00
2008	43,20	71,00	82,60	90,60	110,10

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)
Superficie del Bacino	$S = 40,30$ Km ²	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m \cdot H_0}} =$
Lunghezza percorso idraulico principale	$L = 12,50$ Km	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Kirpich, Watt-} \\ \text{Chow, Pezzoli} \end{array} \right. \Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8}$
Altitudine max percorso idraulico	$H_{max} = 687,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine min percorso idraulico	$H_0 = 396,00$ m (s.l.m.)	Tournon $\Rightarrow T_c = \frac{0.396L}{\sqrt{P_i}} \left(\frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0.72} = 3,95765$
Pendenza media percorso idraulico	$P_i = 0,02$ (m/m)	
Altitudine max bacino	$H_{max} = 887,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine sezione considerata	$H_0 = 396,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine media bacino	$H_m = 641,50$ m (s.l.m.)	
Dislivello medio bacino	$H_m - H_0 = 245,50$ m	
Pendenza media bacino	$P_b = 0,05$ (m/m)	
Lunghezza da Qmax bacino - sezione	8500 m	

CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO
(FORMULA del METODO RAZIONALE)

$$Q_{max} = \frac{c h_{(t,T)} S}{3.6 t_c}$$

c = coefficiente di deflusso
 $h_{(t,T)}$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)
 S = superficie del bacino (km²)
 t_c = tempo di corrivazione (ore)
 $3,6$ = fattore di conversione che permette di ottenere la Qmax in m3/sec

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Molto permeabile sabbioso o ghialoso	0,20	0,15	0,10
Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40

RISULTATI

Deflusso $c =$	0,40	S (km ²) =	40,30	t_c (ore) =	3,96
----------------	-------------	--------------------------	--------------	---------------	-------------

Tr (anni)	a	n	t_c (ore)	$h_{(t,T)}$ (mm)	Q_{max} (m ³ /sec)
10	49,7113	0,2790	3,96	72,97	82,56
30	61,7045	0,2630	3,96	88,60	100,24
50	67,1841	0,2574	3,96	95,72	108,30
100	74,5784	0,2510	3,96	105,33	119,17
200	81,9487	0,2456	3,96	114,89	129,99

ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI
 (Metodo di Gumbel)

Tabella 1 - Valori per ciascuna durata t, della media $\mu(h_t)$, dello scarto quadratico medio $\sigma(h_t)$ e dei due parametri α_t e u_t della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	12	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		29,41	49,90	60,48	71,30	82,90
$\sigma(h_t)$		11,53	21,62	19,72	19,84	23,52
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0,11	0,06	0,07	0,06	0,05
$u_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		24,22	40,17	51,60	62,37	72,31

Tabella 2 - Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{max} =$	44,45	78,09	86,19	97,17	113,57
30 anni	$h_{max} =$	54,64	97,20	103,61	114,70	134,36
50 anni	$h_{max} =$	59,30	105,92	111,57	122,70	143,86
100 anni	$h_{max} =$	65,58	117,69	122,30	133,50	156,66
200 anni	$h_{max} =$	71,83	129,41	132,99	144,25	169,41

Tabella 3 -

Tr		LEGGE DI PIOGGIA	$h = a \times t^n$
10 anni	→		$h=49,711xt^{0,279}$
30 anni	→		$h=61,704xt^{0,263}$
50 anni	→		$h=67,184xt^{0,2574}$
100 anni	→		$h=74,578xt^{0,251}$
200 anni	→		$h=81,949xt^{0,2456}$

5.2 Bacino 2

Il bacino 2 ha un'estensione di circa 135 km² con sezione di chiusura tra la L09 e L12 sul Riu Carana.



Di seguito verranno riportati il risultato del bacino individuato.

Superficie del Bacino	S =	135,00	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	24,00	Km
Altitudine max percorso idraulico	Hmax =	1268,00	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	H0 =	229,00	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,04	(m/m)
Altitudine max bacino	Hmax =	1336,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	H0 =	229,00	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	Hm =	782,50	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	Hm - H0 =	553,50	m
Pendenza media bacino	Pb =	0,02	(m/m)
Lunghezza da Qmax bacino - sezione		13700	m

Serie di osservazione

Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
2020	19,60	25,30	40,90	60,50	79,90
2019	19,00	28,20	40,80	50,80	61,60
2018	27,80	55,80	76,00	84,40	93,80
2017	14,40	34,40	46,80	50,80	56,80
2016	27,00	53,60	64,80	86,00	82,40
2015	28,00	38,20	41,40	50,00	61,00
2014	21,00	32,60	35,20	41,40	48,60
2013	44,40	85,20	85,60	92,20	92,60
2012	46,80	72,00	80,60	90,40	126,60
2010	20,10	27,20	50,00	66,30	78,40
2009	41,60	75,30	81,00	92,20	103,00
2008	43,20	71,00	82,60	90,60	110,10

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)
Superficie del Bacino	$S = 135,00$ Km ²	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m \cdot H_0}} =$
Lunghezza percorso idraulico principale	$L = 24,00$ Km	{ Kirpich, Watt- Chow, Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8} =$
Altitudine max percorso idraulico	$H_{max} = 1268,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine min percorso idraulico	$H_0 = 229,00$ m (s.l.m.)	Toumon $\Rightarrow T_c = \frac{0.396L}{\sqrt{P_i}} \left(\frac{S}{L^2} \sqrt{\frac{P_i}{P_b}} \right)^{0.72} = 11,5278$
Pendenza media percorso idraulico	$P_i = 0,04$ (m/m)	
Altitudine max bacino	$H_{max} = 1336,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine sezione considerata	$H_0 = 229,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine media bacino	$H_m = 782,50$ m (s.l.m.)	
Dislivello medio bacino	$H_m - H_0 = 553,50$ m	
Pendenza media bacino	$P_b = 0,02$ (m/m)	
Lunghezza da Qmax bacino - sezione	13700 m	

CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO (FORMULA del METODO RAZIONALE)																				
$Q_{max} = \frac{ch(t, T)S}{3.6t_c}$	c = coefficiente di deflusso $h_{(t,T)}$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm) S = superficie del bacino (km ²) t_c = tempo di corrivazione (ore) 3,6 = fattore di conversione che permette di ottenere la Qmax in m ³ /sec																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di suolo</th> <th colspan="3">Copertura del bacino</th> </tr> <tr> <th>Coltivi</th> <th>Pascoli</th> <th>Boschi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Molto permeabile sabbioso o ghiaioso</td> <td>0,20</td> <td>0,15</td> <td>0,10</td> </tr> <tr> <td>Mediamente permeabili; medio impasto o simili</td> <td>0,40</td> <td>0,35</td> <td>0,30</td> </tr> <tr> <td>Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile</td> <td>0,50</td> <td>0,45</td> <td>0,40</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di suolo	Copertura del bacino			Coltivi	Pascoli	Boschi	Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10	Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30	Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40
Tipo di suolo	Copertura del bacino																			
	Coltivi	Pascoli	Boschi																	
Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10																	
Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30																	
Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40																	
RISULTATI																				
Deflusso $c =$	0,30 S (km ²) = 135,00 t_c (ore) = 11,53																			
T_f (anni)	a	n	tC (ore)	h_(L,T) (mm)	Q_{max} (m ³ /sec)															
10	49,7113	0,2790	11,53	98,33	95,96															
30	61,7045	0,2630	11,53	117,36	114,54															
50	67,1841	0,2574	11,53	126,04	123,01															
100	74,5784	0,2510	11,53	137,74	134,42															
200	81,9487	0,2456	11,53	149,40	145,80															

**ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI
 (Metodo di Gumbel)**

Tabella 1 - Valori per ciascuna durata t, della media $\mu(h_t)$, dello scarto quadratico medio $\sigma(h_t)$ e dei due parametri α_t e u_t della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	12	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		29,41	49,90	60,48	71,30	82,90
$\sigma(h_t)$		11,53	21,62	19,72	19,84	23,52
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0,11	0,06	0,07	0,06	0,05
$u_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		24,22	40,17	51,60	62,37	72,31

Tabella 2 - Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{max} =$	44,45	78,09	86,19	97,17	113,57
30 anni	$h_{max} =$	54,64	97,20	103,61	114,70	134,36
50 anni	$h_{max} =$	59,30	105,92	111,57	122,70	143,86
100 anni	$h_{max} =$	65,58	117,69	122,30	133,50	156,66
200 anni	$h_{max} =$	71,83	129,41	132,99	144,25	169,41

Tabella 3 -

Tr		LEGGE DI PIOGGIA	$h = a \times t^n$
10 anni	→		$h=49,711xt^{0,279}$
30 anni	→		$h=61,704xt^{0,263}$
50 anni	→		$h=67,184xt^{0,2574}$
100 anni	→		$h=74,578xt^{0,251}$
200 anni	→		$h=81,949xt^{0,2456}$

6. POSA DEL CAVIDOTTO

Come già spiegato nei paragrafi precedenti, il tracciato del cavidotto di collegamento con la sottostazione elettrica, interseca in diversi punti il reticolo idrografico riportato nell'allegato 2. L'attraversamento può avvenire, superando una infrastruttura idraulica (tombino, ponte ecc..) oppure "a raso" dove esiste un leggero avvallamento lungo la strada di servizio.

Per tutti gli attraversamenti vale il comune denominatore: tutela delle infrastrutture idrauliche esistenti senza alterare la morfologia del reticolo attuale.

Per questo motivo, si anticipa che:

- il cavidotto viene normalmente interrato lungo la viabilità di servizio ad una profondità di circa 1 m utilizzando lo stesso materiale di scavo per il rinterro (verificando la trincea alle forze di erosione massime);
- nel caso di attraversamento di una infrastruttura idraulica, sarà posato al di sotto della stessa, utilizzando la tecnologia NO DIG (TOC o con spingitubo) garantendo un franco di sicurezza di circa 40 – 50 cm dalla fondazione del tombino o base dello scavo.

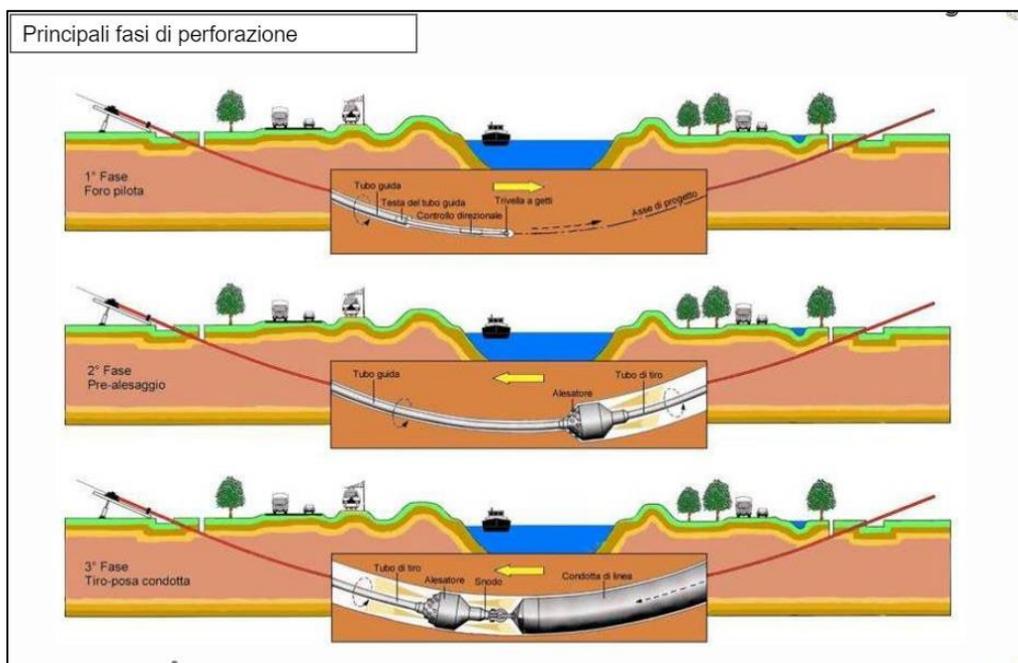


Figura 5 – illustrazione tecnica TOC

- nel caso di attraversamento di un impluvio o corso d'acqua si farà passare il cavidotto, utilizzando una delle tecnologie sopra enunciate ad una profondità di 2 – 2,50 m garantendo la resistenza del rinterro alle azioni di

trascinamento delle piene (che saranno verificate in seguito). Una volta attraversato il reticolo il cavo sarà posato in sede stradale sempre alla profondità di circa 1 m.

La verifica dell'erosione della trincea di rinterro, viene effettuata in base alle forze di trascinamento generate dalla piena nel caso più gravoso. Una volta verificato il rinterro della trincea descritto in progetto nelle condizioni peggiorative, questo viene steso, a vantaggio di sicurezza, a tutti gli attraversamenti.

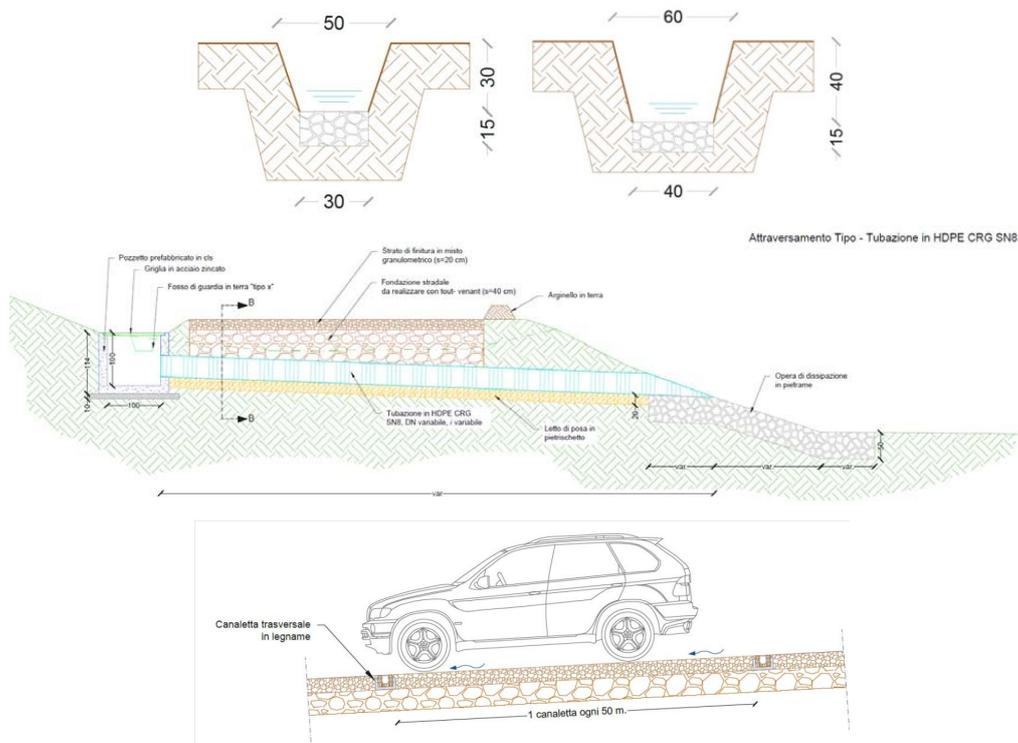
La profondità di 2 – 2,50 m ci mette in sicurezza anche per quanto riguarda l'erosione del letto fluviale, in quanto l'erosione è molto lenta a causa degli apporti sedimentari durante eventi di piena e soprattutto per la natura litologica dei terreni in loco.

7. OPERE IDRAULICHE

La durabilità delle strade e delle piazzole di un parco eolico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

In fase di esecuzione, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche, come ad esempio:



I fossi di guardia sono di forma trapezia e vengono utilizzati sia quando la sezione stradale è in rilevato sia quando è in trincea. Nel primo caso il fosso è posto al piede del rilevato e serve a raccogliere le acque che scendono dal rilevato stesso e a convogliarle verso il recapito finale più vicino.

Le canalette trasversali in legno sono una soluzione economica, ma estremamente efficace, per interrompere il deflusso dell'acqua piovana sulle strade sterrate o bianche.

Sono particolarmente indicate quando la pendenza della strada supera l'8 per cento per limitare la lunghezza del percorso compiuto dall'acqua che, altrimenti, acquisisce un maggior potere erosivo creando solchi che ne compromettono la transitabilità.

La messa in posa delle canalette è abbastanza semplice. E' sufficiente realizzare un solco che tagli la strada con una inclinazione di circa 30° rispetto alla normale all'asse longitudinale della strada dove annegare la canaletta. In questo modo l'acqua verrà convogliata verso il pluviale di monte (se la strada ha una pendenza trasversale verso monte) o verso valle (se la strada ha pendenza trasversale verso valle).

Oltre all'economicità, il pregio delle canalette trasversali in legno, rispetto ad altre soluzioni quali le canalette in cemento o in metallo, è che sono facilmente trasportabili per il peso contenuto (basta caricarle sul portapacchi!) e ragionevolmente maneggevoli.

CONCLUSIONI

Il seguente studio, considerando la fase progettuale in atto, ha portato alle seguenti conclusioni:

È stata visualizzata e studiata la cartografia presente con l'inserimento del reticolo fluviale in formato .shp ottenuto dal geoportale della regione Sardegna.

Le turbine in progetto non interferiscono con il reticolo fluviale, mentre il cavidotto interseca diversi impluvi, vedi allegato 2, dei quali è stato deciso di prenderne in considerazione due con l'individuazione dei relativi bacini.

I bacini sono:

Tra la L09 e L12 all'altezza del ponte di Piras sul Riu Carana (sezione di chiusura bacino 2);

A NE della T01 sul Riu Turrari (sezione di chiusura bacino 1);

Per i calcoli idrologici sono stati consultati gli annali idrologici regionali e sono stati utilizzati i dati degli ultimi 10 anni, che seppur pochi per un'analisi statistica dettagliata ci danno comunque delle indicazioni considerando le precipitazioni maggiori in 1,3,6,12,24 ore.

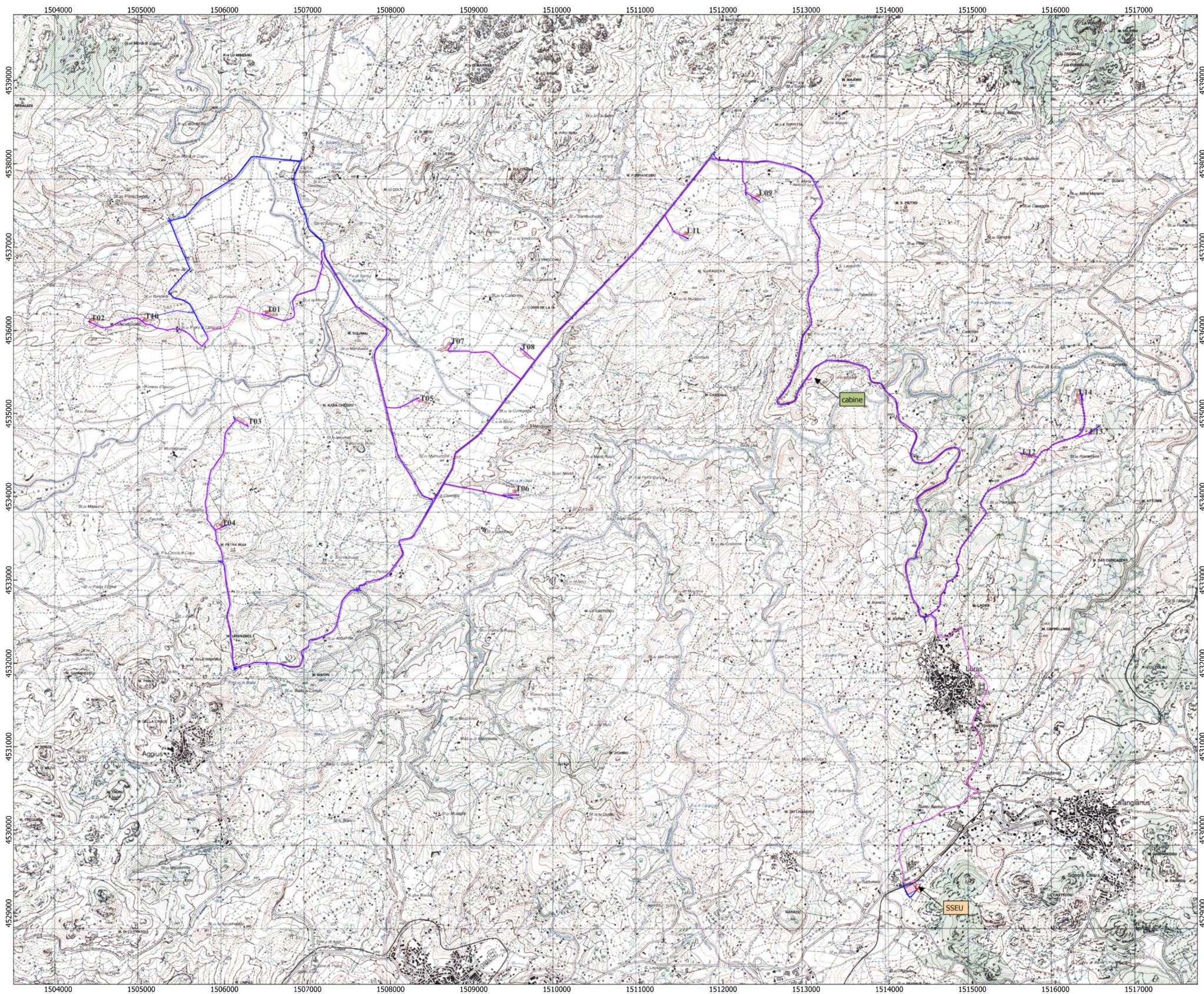
L'altezza massima rinvenuta con tempo di ritorno di 50 anni per il bacino 1 è di 108.3 mm mentre per il bacino 2 è di 123 mm, per cui non sussistono problemi per gli attraversamenti del cavidotto o della viabilità esistente o di nuova costruzione.

Affinchè non si intacchino le opere idrauliche esistenti e si preservi la morfologia esistente, il cavidotto sarà fatto passare tramite tecnologia TOC, spinta ad una profondità tra i 2 – 2,5 metri di profondità, al fine di evitare problemi di erosione fluviale che ne intaccherebbe la funzionalità.

Dal punto di vista erosivo la litologia presente non favorisce una forte erosione dell'alveo, considerando che la stessa può avvenire durante forti piogge e posizionando il cavidotto alla giusta profondità questo problema verrebbe bypassato.

FIRMA





Sistema di riferimento
"WGS 84 / UTM zone 32N"

Legenda

- Viabilità
- cavidotto
- IPOTESI_FUTURA_SE_RTN_in_GIS_a150_kv_denominataTempio

REGIONE SARDEGNA
Provincia del Nord-Est Sardegna

COMUNI DI LURAS E TEMPIO PAUSANIA



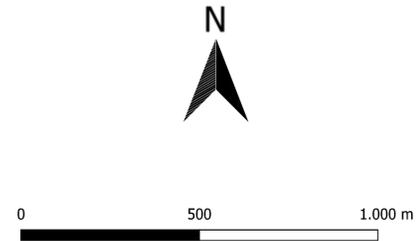
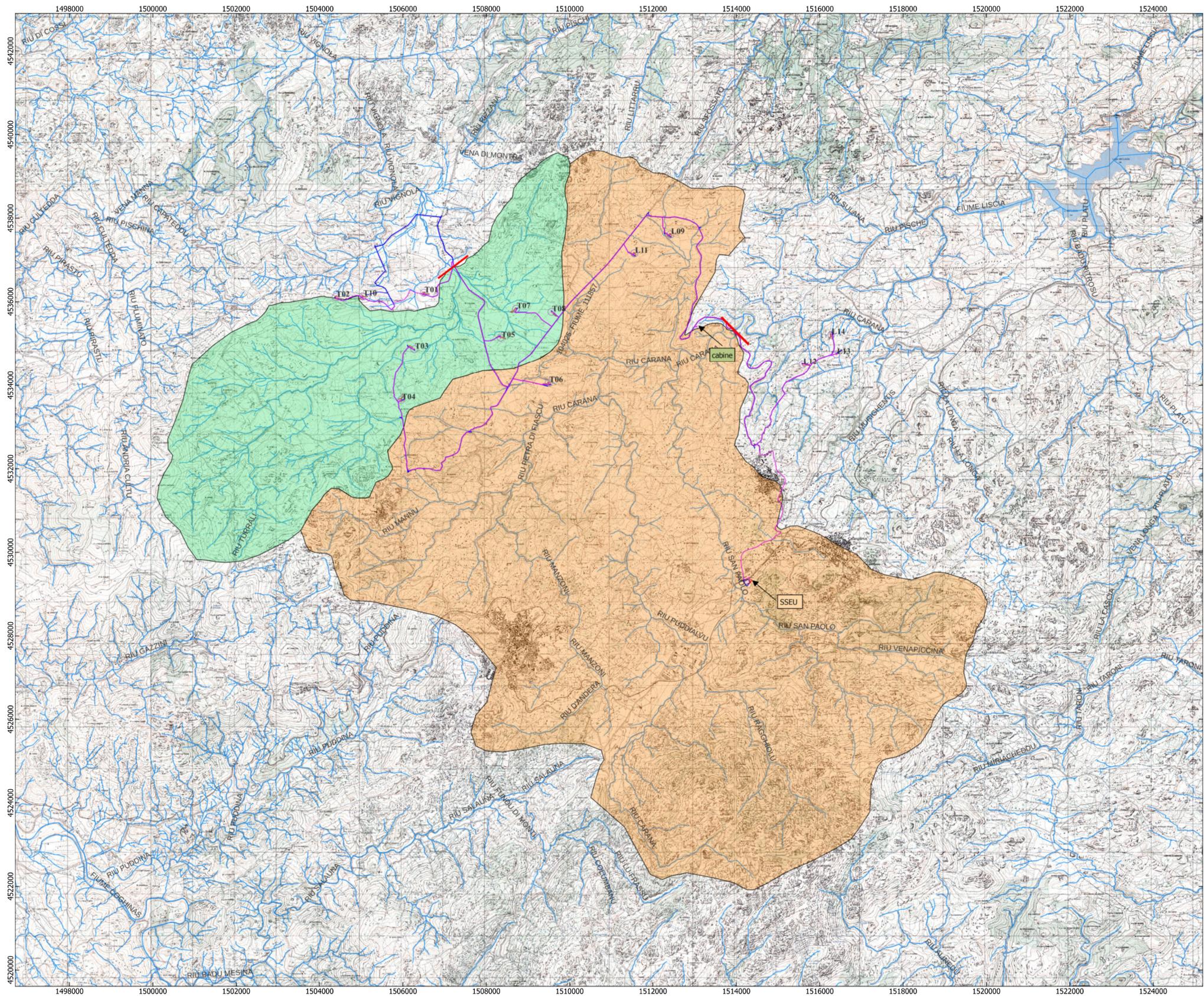
committente:
Volta Green Energy
SGS SGS

Società di Progettazione: **Antex group** Ingegneria & Innovazione
Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto: **PARCO EOLICO PETRA BIANCA** Livello: **DEFINITIVO**

Elaborato: **COROGRAFIA** Il geologo:

Scala: 1:25000 Nome DIS/ Allegato: 1 F.to: A1



Sistema di riferimento
"WGS 84 / UTM zone 32N"

Legenda

- cavidotto
 - viabilità
 - IPOTESI FUTURA SE RTN_in_GIS_a150_kv_denominataTempio
- bacini idrografici
- Bacino 1
 - Bacino 2
 - Sezione di chiusura

REGIONE SARDEGNA
Provincia del Nord-Est Sardegna

COMUNI DI LURAS E TEMPIO PAUSANIA



committente:

VG E 04



Società di Progettazione:



Ingegneria & Innovazione

Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

PARCO EOLICO PETRA BIANCA

Livello:

DEFINITIVO

Elaborato:

CARTA IDROGRAFICA

Il geologo

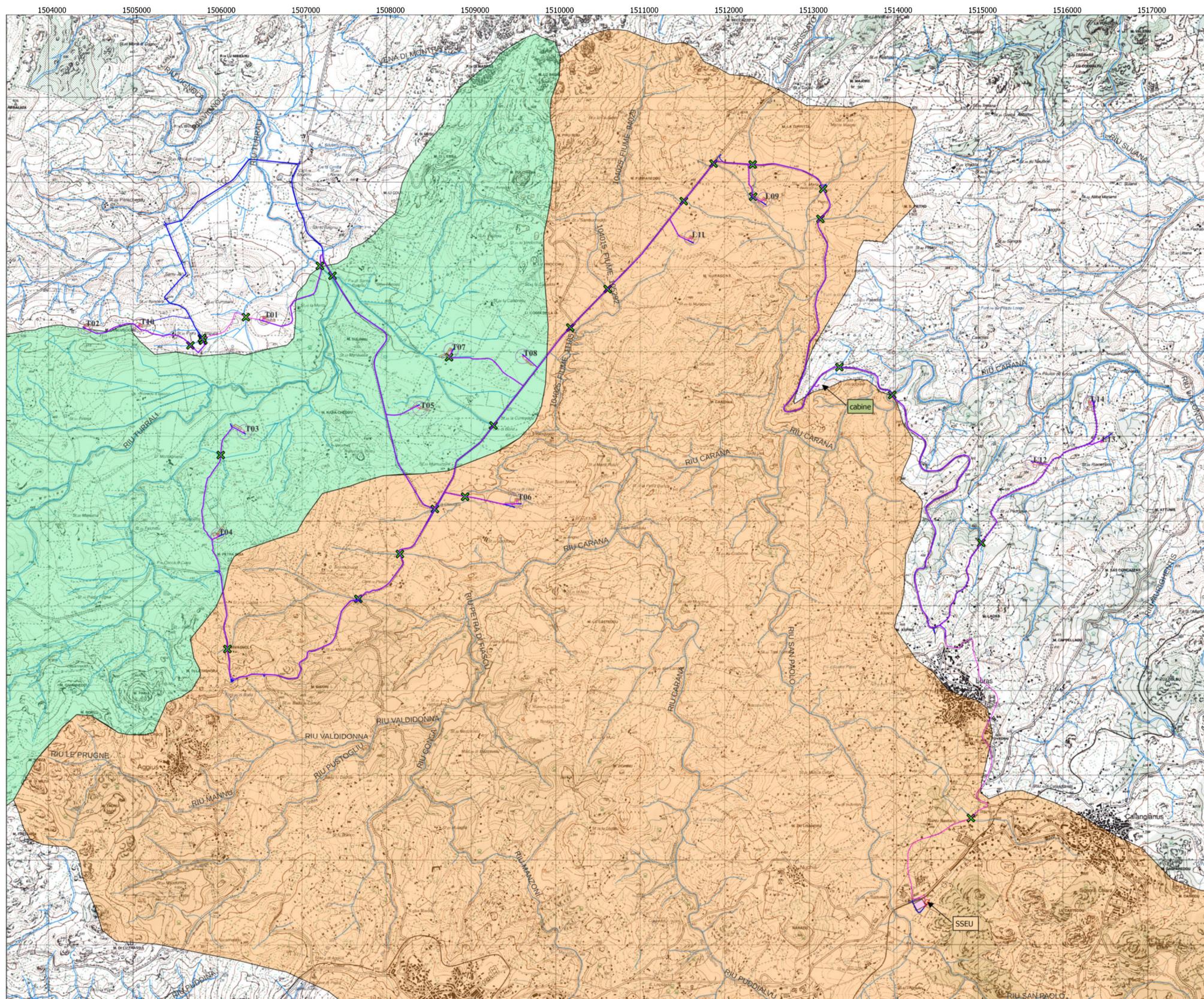


Scala:
1:50000

Nome DIS/

Allegato:
2

F.to:
A1



Sistema di riferimento
"WGS 84 / UTM zone 32N"

Legenda

- cavidotto
- viabilità
- IPOTESI FUTURA SE RTN_in_GIS_a150_kv_denominataTempio
- fiumi e torrenti
- X Interferenze
- Bacino 1
- Bacino 2

REGIONE SARDEGNA
Provincia del Nord-Est Sardegna

COMUNI DI LURAS E TEMPIO PAUSANIA



committente:

VG E 04



Società di Progettazione:



Ingegneria & Innovazione

Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

PARCO EOLICO PETRA BIANCA

Livello:

DEFINITIVO

Elaborato:

**CARTA DELLE INTERFERENZE
CON IL RETICOLO IDROGRAFICO**

Il geologo



Scala:
1:25000

Nome DIS/

Allegato:
3

F.to:
A1