



REGIONE SARDEGNA  
COMUNI DI VILLANOVAFORRU, SARDARA, SANLURI E  
FURTEI (SU)

PROGETTO

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica  
di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"  
Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)  
Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW

TITOLO

**Rel.27 - Relazione Compatibilità Idraulica**

PROPONENTE



ENGIE TREXENTA S.r.l.

Sede legale e Amministrativa:

Via Chiese 72  
20126 Milano (MI)  
PEC: [engietrexenta@legalmail.it](mailto:engietrexenta@legalmail.it)

PROGETTISTA



SCM ingegneria S.r.l.  
Via Carlo del Croix, 55  
Tel.: +39 0831-728955  
72022 Latiano (BR)  
Mail: [info@scmingegneria.com](mailto:info@scmingegneria.com)

Dott. Ing. Daniele Cavallo



Scala	Formato Stampa	Cod.Elaborato	Rev.	Nome File	Foglio
	A4-A3-A1	EOMRMD-I_Rel.27	01	EOMRMD-I_Rel.27-Relazione Compatibilità Idraulica	---

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	07/11/2023	Emesso per iter autorizzativo	M.O. - R.F.	D. Cavallo	D. Cavallo

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
1.1	Descrizione del progetto.....	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
3	CENNI CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E LITOLOGICHE .....	5
4	ANALISI IDROGRAFICA .....	5
4.1	Inquadramento idrografico generale.....	5
4.2	Analisi idrografica ed idrologica dell'area di progetto.....	6
5	METODOLOGIA DI STUDIO .....	8
6	IDENTIFICAZIONE DEI TRONCHI IDROGRAFICI DI INTRESSE.....	8
7	ANALISI IDROLOGICA .....	9
7.1	Valutazione del Curve Number .....	10
7.2	Valutazione del Tempo di corrivazione .....	11
7.3	Altezza di pioggia critica di durata $T_C$ e tempo di ritorno $T_R$ .....	14
7.4	Calcolo delle Curve di Probabilità Pluviometrica .....	19
7.5	Determinazione delle Portate di Massima Piena .....	21
8	VALUTAZIONE SULLA SIGNIFICATIVITA' IDROGRAFICA DEGLI IMPLUVI.....	21
8.1	Valutazione di Significatività Impluvio Est.....	22
8.2	Valutazione di Significatività Impluvio Ovest.....	22
9	ANALISI IDRAULICA.....	24
9.1	Modellazione Idraulica Impluvio Ovest.....	25
9.1.1	<i>Parametri di Input e Risultati della simulazione</i> .....	26
10	CONCLUSIONI.....	30

## 1 PREMESSA

La società ENGIE TREXENTA S.R.L. intende realizzare nei Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU), una centrale, per la produzione di energia da fonte eolica, comprensiva delle relative opere ed infrastrutture necessarie per la connessione alla rete elettrica, per una potenza di 36 MW; originariamente la potenza dell'impianto prevista era pari a 42 MW, ma sono state successivamente apportate delle modifiche al layout d'impianto a valle dell'identificazione di interferenze con il progetto di un impianto eolico da 55,8 MW presentato dalla società *Asja Serra* e localizzato nella medesima area.

Al fine di risolvere tali interferenze è stato rivisto il progetto inizialmente presentato andando a ridurre il numero di aerogeneratori, da 7 a 5, e il modello degli stessi, da 7,2 MW ciascuno invece di 6 MW, risultando in una riduzione di potenza totale di impianto da 42 MW a 36 MW.

Nell'ambito dell'iter autorizzativo, a seguito della nota prot. 0080436 del 18/05/2023 con la quale in competente *Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza* ha comunicato l'esito positivo di procedibilità dell'Istanza, la *Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato della Difesa dell'Ambiente – Direzione Generale dell'Ambiente* ha condotto la relativa istruttoria, le cui risultanze sono state comunicate alla Società Proponente con nota prot. n. 18661 del 19/06/2023.

Il presente documento viene redatto a parziale evasione del punto 2) della nota di seguito integralmente riportato:

*“con riferimento all'analisi dei vincoli PAI vigenti, nel rinviare a quanto segnalato dalla Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna, si rileva l'interferenza dell' aerogeneratore WTG07 con aree classificate a pericolosità moderata da frana Hg1, mentre, per quanto riguarda le opere lineari (cavidotto, viabilità), si rilevano interferenze con aree classificate a pericolosità geomorfologica Hg2 e con il reticolo idrografico ufficiale ai fini PAI. Inoltre, si segnala l'interferenza della Stazione RTN in progetto con due elementi idrici rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965, che integra il reticolo idrografico ai fini PAI, così come previsto dalla Deliberazione del C.I. n. 3 del 30.07.2015”.*

Avendo, in altra sede, già prodotto Relazione Asseverata inerente gli aspetti geomorfologici, per come espressamente richiesto nella nota della Direzione Generale dell'Ambiente, la presente relazione riferisce unicamente sullo Studio di Compatibilità idraulica (ai sensi dell'art. 24 e allegato E delle NA-PAI Sardegna) relativamente alle interferenze segnalate tra il reticolo idrografico, la nuova stazione RTN e la nuova Stazione Utente.

### 1.1 Descrizione del progetto

La centrale di produzione, detta anche “Parco Eolico”, nel progetto in variante sarà costituita da n.5 aerogeneratori della potenza unitaria di 7,2 MW, interconnessi da una rete interrata di cavi MT 30 kV, che in fase di realizzazione potrebbe essere aumentata fino ad un massimo di 36 kV, in funzione di aspetti successivi inerenti eventuali opportunità legate alla connessione. Le opere di connessione prevedono la costruzione di una stazione elettrica di trasformazione MT/AT, anche detta “Stazione Utente”, di proprietà del soggetto produttore e delle infrastrutture di seguito brevemente descritte:

1. Parco eolico composto da 5 aerogeneratori, della potenza complessiva di 36.000 kW,

ubicati nei comuni di Villanovaforru, Sardara e Sanluri (SU)

2. Elettrodotto in cavo interrato, in media tensione, per il vettoriamento dell’energia prodotta dagli aerogeneratori verso la stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV;
3. Nuova Stazione di Utente 30/150 kV;
4. Opere Condivise dell’Impianto di Utente (Opere Condivise), costituite da sbarre comuni, dallo stallo arrivo linea e da una linea in cavo interrato a 150 kV, condivise tra la Società ed altri operatori, in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri - Selargius”;
5. Nuovo stallo utente da realizzarsi nella nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 380/150 kV della RTN da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 380 kV “Ittiri - Selargius”.

Si evidenzia che la Società Proponente ha acquisito l’iniziativa, inclusa la proposta di connessione da parte di Terna, dalla società RENEWABLES CIRCULAR DEVELOPMENT S.R.L. in data 25/05/2022, la quale aveva presentato a Terna S.p.A. (nella qualità di Gestore della rete) la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 42,0 MW; alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202100406. In data 19/07/2021, il gestore ha trasmesso la *soluzione tecnica minima generale* per la connessione (STMG), formalmente accettata in data 17/11/2021.

Lo schema di connessione alla RTN, descritto nella STMG, prevede che l’impianto eolico debba essere collegato in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri - Selargius”.

Al fine di razionalizzare l’utilizzo delle strutture di rete, il Gestore ha proposto alla Società di condividere lo stallo RTN nella nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV con altri produttori.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il parco eolico, per come definito in precedenza, è costituito da 5 aerogeneratori a circoscrivere un areale circa 200 ettari, di forma vagamente pentagonale, allungato in direzione N.W – S.E. e ricadente nei territori comunali di Villanovaforru (aerogeneratore WTG07) e Sanluri, circa 4,0 km a N.W. da quest’ultimo centro abitato (Tavola 01).

Il cavidotto di collegamento tra l’area del parco eolico e le stazioni di trasformazione ricade quasi esclusivamente sul territorio comunale di Sanluri (dove insistono tutte le stazioni) ad eccezione di un piccolo tratto di circa 600 metri che interessa una viabilità esistente sul territorio comunale di Furtei.

Dal punto di vista cartografico il Parco Eolico, ricade a cavallo delle tavolette I.G.M.I, in scala 1:25.000, denominate “Villamar” (Fog. 539, Sez. II), e “Sanluri” (Fog. 539, Sez. II), mentre il cavidotto va ad interessare esclusivamente quest’ultima.

Con riferimento alla cartografia C.T.R., in scala 1:10.000, gli aerogeneratori interessano le tavole 539150 “Lunamatrona” e 547030 “Sanluri”, mentre la porzione terminale del cavidotto e le stazioni di trasformazione anche la tavola 547040 “Furtei”.

### 3 CENNI CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E LITOLOGICHE

Con specifico riferimento ai siti interessati dalla future stazioni di trasformazione, dal punto di vista morfologico l'area si presenta sostanzialmente sub-pianeggiante, con pendenze generalmente inferiori ai 5° e con quote altimetriche mediamente comprese tra i 140 e 150 s.l.m., (Tavv. 02 e 03).

Dal punto di vista litologico la *Carta Geologica Regionale* indica per l'areale di interesse un substrato sedimentario miocenico, affiorante o di bassa profondità, costituito da Marne Siltose alternate a livelli arenacei (Formazione della Marmilla) con diffusa presenza di coperture eluvio-colluviali oloceniche (Tav. 04).

In funzione della conformazione morfologica e litologica evidenziata l'areale non risulta interessato da fenomeni gravitativi di dissesto morfologico o idraulico in ragione dell'assenza, nell'intorno delle aree di progetto, di corsi d'acqua di un certo rilievo.

### 4 ANALISI IDROGRAFICA

#### 4.1 Inquadramento idrografico generale

Dal punto di vista idrografico regionale il sito di progetto ricade nell'area di confine tra le due macro-aree idrografiche identificate come *Sub-bacino idrografico del Tirso* e *Sub-bacino idrografico Flumendosa-Campidano-Cixerri* (Fig. 4.1), all'interno di quest'ultimo.

Più nel dettaglio, tutte le opere in progetto ricadono all'interno del bacino idrografico del *Flumini Mannu* (Tavola 05), il quale con una superficie drenata di 593 km<sup>2</sup> (1710 km<sup>2</sup> compresi gli affluenti) e una lunghezza dell'asta principale di circa 42,1 km, risulta essere uno dei più importanti corsi d'acqua della Sardegna sud-occidentale e scorrendo verso sud sfocia nello *Stagno di Cagliari* dopo aver attraversato tutto il territorio della Marmilla e successivamente del Campidano.

Il Flumini Mannu, che assume tale denominazione a valle della Diga di Is Barroccus, svariati chilometri a nord delle aree di progetto, scorre circa 1,8 km ad est dell'area della sottostazione e circa 4,6 km dal Parco eolico.

In funzione della conformazione idrografica esistente, quasi tutti i corsi d'acqua interferenti con le aree di progetto (cavidotto e stazioni di trasformazione), risultano essere incisioni idrografiche assai modeste, di basso ordine gerarchico (secondo la classificazione di Horton-Strahler), per lo più di ordine 1 o 2 e pertanto caratterizzati da un regime idrologico spiccatamente torrentizio, con lunghi periodi di secca alternati a brevissimi periodi di deflusso in corrispondenza di eventi piovosi significativamente lunghi o particolarmente intensi.

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW

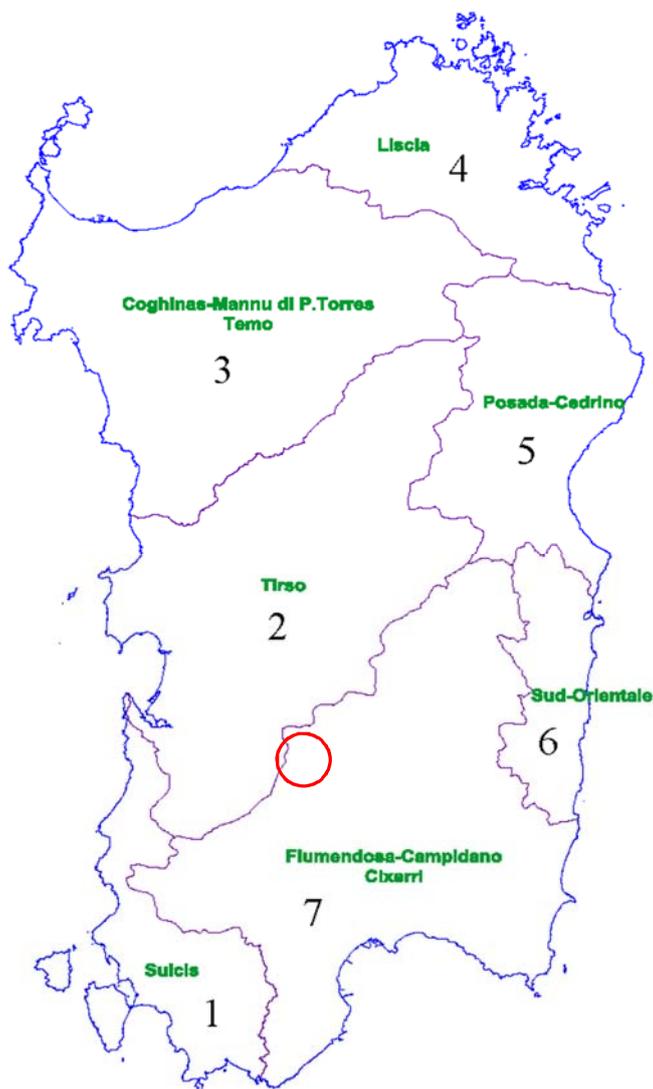


Figura 4-1 – Delimitazione dei sub-bacini Regionali Sardi

#### 4.2 Analisi idrografica ed idrologica dell'area di progetto

Con specifico riferimento alle future *Stazioni di Trasformazione*, oggetto della presente relazione, gli areali di progetto non ricadono in zone individuate a Pericolosità Idraulica, negli strati informativi del P.A.I.

Gli areali di progetto, per la loro intera estensione non interferiscono direttamente con alcun "Elemento idrico" riportato nel reticolo idrografico di riferimento regionale (strato informativo 04\_Elemento\_Idrico.shp), riportato nella tavola Tav. 06 e in Figura 4-2, tuttavia, come evidenziato nella nota della *Direzione Generale dell'Ambiente*, la Stazione RTN interferisce con due elementi idrici rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), la quale cartografia integra il reticolo idrografico ai fini PAI (Tav. 07 e figura 4.3); una delle 2 interferenze (quella più occidentale) è riportata anche sulla CTR in scala 10.000.

Entrambi gli elementi idrografici risultano classificabili come impluvi di ordine gerarchico 1 (secondo la classificazione Horton-Strahler).

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"  
Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)  
Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW

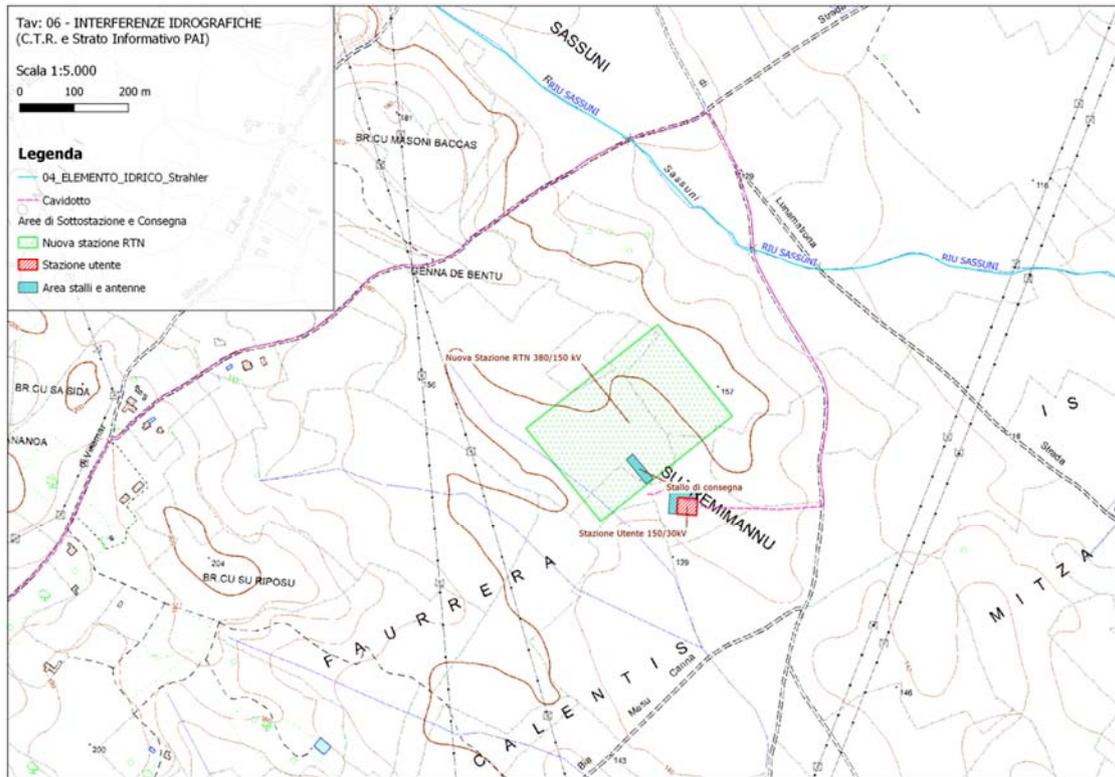


Figura 4-2 – Planimetria interferenze reticolo idrografico CTR e Strato Informativo PAI

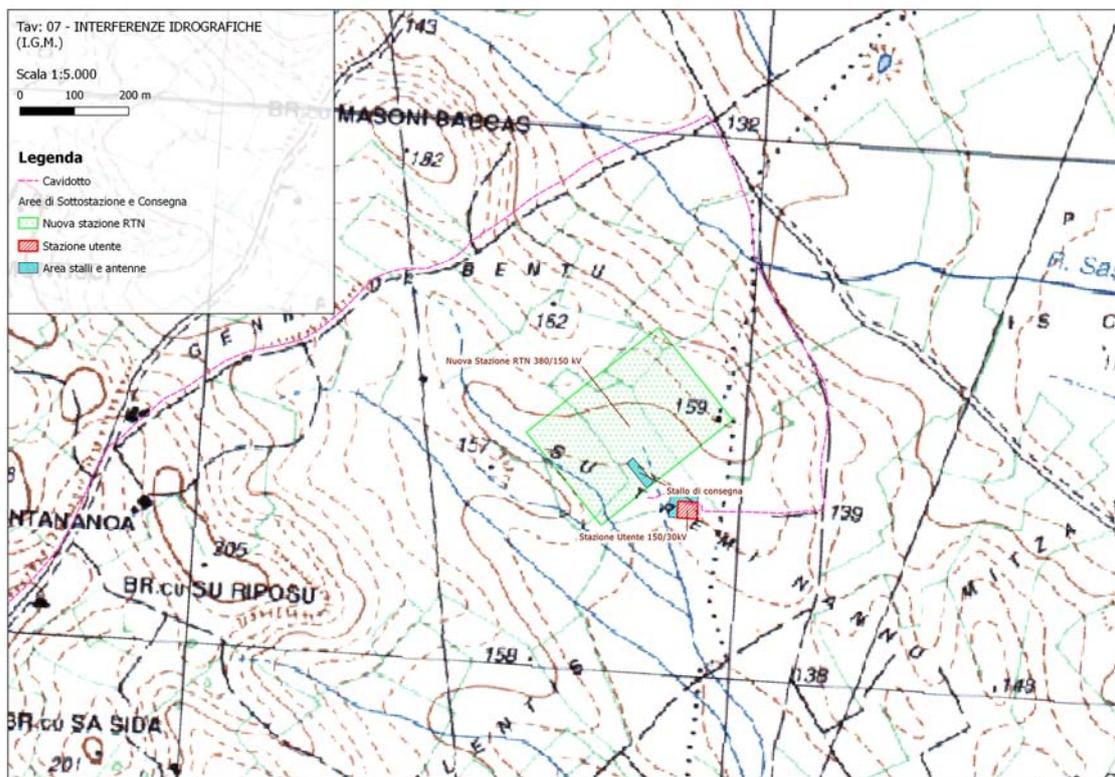


Figura 4-3 – Planimetria interferenze reticolo idrografico IGM

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato “Marmilla”

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



Per entrambi gli impluvi è stato predisposto uno studio idrologico ed eventualmente idraulico, finalizzato all'analisi di compatibilità idraulica del progetto.

I due impluvi sono stati in questa sede identificati rispettivamente come “*Impluvio Ovest*” ed “*Impluvio Est*” in relazione alla loro ubicazione rispetto alla stazione RTN.

L’*Impluvio Ovest*, con riferimento sia alla cartografia IGM che alla CTR, andrebbe ad interferire con la Stazione RTN per circa 140 in corrispondenza del suo margine occidentale, mentre l’*Impluvio Est*, riportato unicamente su IGM, per un tratto di circa 65 metri in corrispondenza del limite meridionale della Stazione; anche nell’IGM tale interferenza è riportata in tratteggio, ovvero come presunta.

## 5 METODOLOGIA DI STUDIO

Tenuto conto che l’area di interesse allo stato attuale non risulta interferire con “*aree di pericolosità idraulica*”, l’analisi di Compatibilità Idraulica di cui all’art.24 delle NTA-PAI 2023, ha visto un’iniziale un’analisi idrografica ed idrologica degli impluvi, propedeutica alle eventuali successive valutazioni idrauliche, che hanno anche permesso di valutare la significatività idrografica degli stessi.

Ai fini della Compatibilità Idraulica per l’impluvio ovest è stata prevista una leggera deviazione del corso d’acqua, rispetto a quanto rappresentato sulla cartografia.

Nello specifico l’analisi ha visto:

- 1) Identificazione dei tronchi critici del reticolo idrografico oggetto di interesse;
- 2) Identificazione ed analisi morfometrica dei sottobacini idrografici sottesi dai tronchi individuati;
- 3) Analisi idrologica dei sottobacini individuati con calcolo delle portate di piena per tempi di ritorno T pari a 50, 100, 200 e 500 anni;
- 4) Valutazione sulla significatività idrografica degli impluvi;
- 5) Analisi idraulica per la valutazione della modifica di percorso dell’impluvio ovest, condotto con tecniche di moto permanente, in corrispondenza delle portate di piena calcolate in precedenza.

## 6 IDENTIFICAZIONE DEI TRONCHI IDROGRAFICI DI INTRESSE

Sia dal rilevamento geomorfologico di campagna che dall’analisi delle ortofoto satellitari storiche, sono emerse delle difformità tra quanto riportato in cartografia e quanto rilevato, è apparso necessario, pertanto, una valutazione iniziale al fine di identificare l’esatta ubicazione dei tronchi idrografici oggetto di interesse.

Con riferimento a quanto riportato in figura 6-1, non sono emerse evidenze circa la presenza di una linea di corrivazione delle acque stabile in corrispondenza dell’*impluvio Ovest*; l’analisi delle ortofoto satellitari storiche rileva unicamente la presenza occasionale di una linea di impluvio rettilinea a valle dell’area di impianto (appendice B).

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



Per l'analisi idrologica dell'impluvio è stata pertanto considerata la naturale linea di deflusso delle acque, riportata in giallo scuro in figura 6-1 e basata sulla modellazione del Terreno eseguita in ambiente GIS a partire dal Modello Digitale del Terreno con risoluzione 1 metro.

Relativamente all'*impluvio Est*, invece è stata rilevata la presenza stabile di un canale rettilineo permanente, di natura antropica, riportata in giallo chiaro in figura 6-1; per l'analisi idrologica dell'impluvio è stata pertanto considerata tale linea di deflusso.

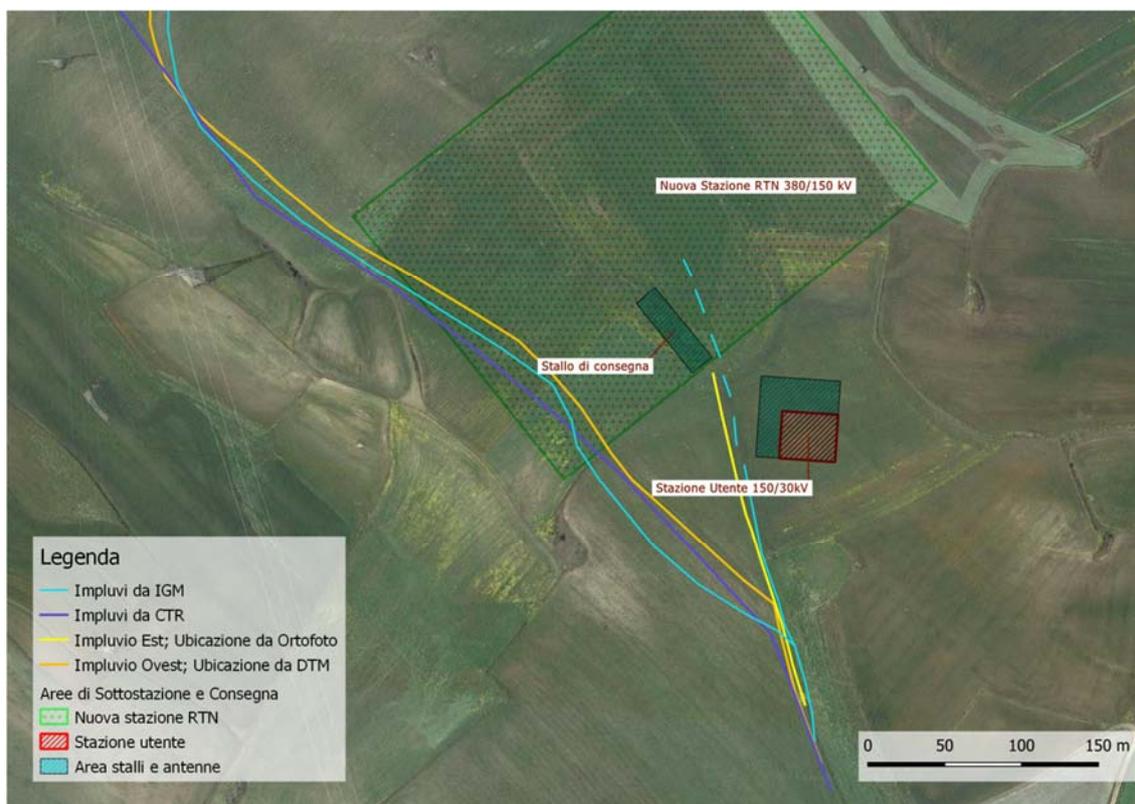


Figura 6-1 – Planimetria identificazione tronchi idrografici di interesse

## 7 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica per la definizione delle portate di massima piena, è stata condotta con metodologia conforme a quelle descritte nelle "Linee guida per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia – Agosto 2000", avvalendosi di analisi con Sistemi Informativi Geografici (GIS) e con riferimento ai tempi di ritorno indicati, pari a 50, 100, 200 e 500 anni.

Nello specifico la determinazione delle *Portate di Massima Piena* è stata effettuata mediante Metodo Indiretto con l'utilizzo della Formula Razionale basata sulla distribuzione TCEV, per come suggerito nelle linee guida. La relazione che definisce in modo esplicito la Formula Razionale nel modello basato sulla distribuzione TCEV è:

$$Q = \frac{\emptyset * ARF * S * H(Tc)}{3.6 * Tc}$$

dove

Q = portata di massima Piena (m<sup>3</sup>/s)

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato “Marmilla”

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



$\Phi$  = coefficiente di deflusso

ARF = fattore di ragguglio della precipitazione

S = area del bacino idrografico sotteso (km<sup>2</sup>)

H(T<sub>C</sub>) = altezza di pioggia critica di durata T<sub>C</sub> e tempo di ritorno T<sub>R</sub>

T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione

Il coefficiente di deflusso  $\Phi$  è stato valutato con il metodo SCS-Curve Number

$$\Phi = \frac{(H - 0.2 \cdot S)^2}{H \cdot (H + 0.8 \cdot S)} \quad \text{con} \quad S = 254 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

dove H= H(T<sub>C</sub>) (pioggia lorda) ed CN = curve number

## 7.1 Valutazione del Curve Number

Il valore del Curve Number è stato definito utilizzando lo strato informativo vettoriale “Curve Number Regionale” (curveNumber/cn-vector.shp); un estratto dello stato informativo con indicati i sottobacini idrografici oggetto dell’analisi idrologica è riportato nella Tavola 08 ed in figura 7-1.

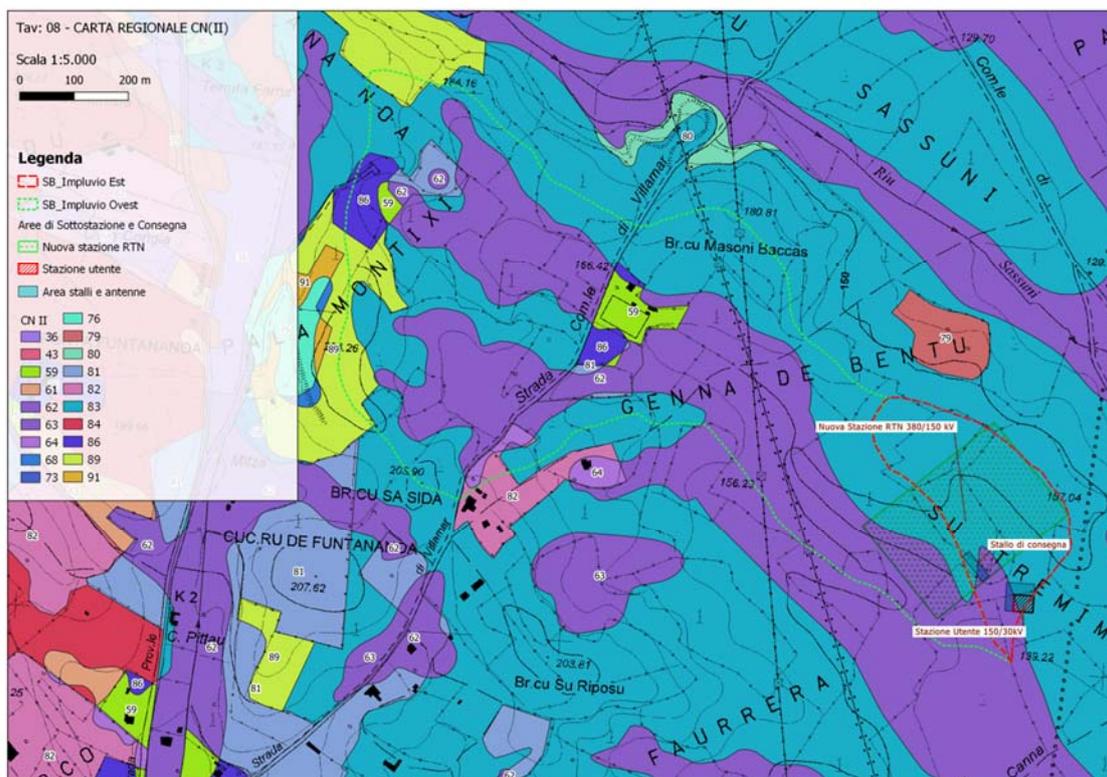


Figura 7-1 – Estratto Strato Informativo Regionale – Curve Number

Nella tabelle a seguire vengono riportati i dettagli per il calcolo del CN globale, per ciascun sottobacino oggetto di studio, ottenuto mediante somma aritmetica ponderale tenendo conto dei vari areali.

<b>Sottobacino Impluvio Ovest</b>				
<u>Uso del Suolo</u>	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
Seminativo semplice e/o colture erbacee a pieno campo	A	47.86	<b>63</b>	30.0
	D	40.41	<b>83</b>	33.5
Oliveto	D	1.30	<b>81</b>	1.1
Sistemi colturali e particellari complessi	A	0.56	<b>64</b>	0.4
	D	0.56	<b>82</b>	0.5
Fabbricati rurali	A	2.42	<b>59</b>	1.4
	D	2.98	<b>86</b>	2.6
Prati artificiali	D	3.91	<b>89</b>	3.5
CN Globale		100		<b>73.0</b>

Il valore finale del parametro adimensionale CN risulta 73,0.

<b>Sottobacino Impluvio Est</b>				
<u>Uso del Suolo</u>	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
Seminativo semplice e/o colture erbacee a pieno campo	A	12.35	<b>63</b>	7.8
	D	87.65	<b>83</b>	72.7
CN Globale		100		<b>80.5</b>

Il valore finale del parametro adimensionale CN risulta 80,5.

## 7.2 Valutazione del Tempo di corrivazione

La stima del flusso idrico globale all'interno di un bacino si deduce a partire dalle curve di probabilità pluviometrica, ovvero dalle altezze delle piogge critiche previste (generalmente in senso probabilistico), in corrispondenza di una determinata durata temporale  $t$  e le stesse caratteristiche della portata di piena (portata massima, tempo di picco, volume di deflusso, idrogramma di piena, etc.) dipendono da uno stesso valore temporale noto come tempo di corrivazione ( $t_c$ ).

Il tempo di corrivazione  $t_c$  è definibile come "il tempo richiesto ad una singola particella d'acqua per raggiungere, dal punto più distante, la sezione di chiusura del bacino". Sostanzialmente esso indica l'istante nel quale tutto il bacino sotteso dalla sezione di riferimento contribuirà, contemporaneamente, alla formazione del deflusso; se infatti la durata della pioggia  $t$  risulta inferiore a  $t_c$  le porzioni più distanti del bacino alla fine della precipitazione (istante  $t$ ) non avranno ancora contribuito al deflusso nella sezione di chiusura e quando questo avverrà le zone più vicine alla sezione di chiusura avranno già smesso di contribuire.

Il calcolo del tempo di corrivazione è ad oggi oggetto di molte incertezze, in letteratura sono disponibili numerose formulazioni empiriche ricavate da modelli basati su bacini reali, che tuttavia restituiscono valori anche significativamente diversi per lo stesso bacino. L'applicazione di una formula piuttosto che un'altra è quindi legata alla ricerca di una somiglianza tra il bacino in esame e il modello utilizzato.

Nel presente studio la valutazione del  $t_c$  è stata effettuata esclusivamente con riferimento alle formule previste nelle Linee Guida del PAI (Fig. 7.2), adottando per i calcoli successivi il valore più basso ottenuto, come specificatamente richiesto nelle suddette linee guida.

<i>Soil Conservation Service</i> <sup>11</sup>	$t_c = 1.67 * \frac{100L^{0.8} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{1900 \cdot i^{0.5}_{versante}} \text{ [minuti]}$ <p><math>L</math> = Lunghezza asta principale in piedi <math>i</math> = pendenza media del bacino (%)</p>
<i>Formula di Giandotti</i>	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - h}} \text{ [ore]}$ <p>dove : <math>A</math> in <math>Km^2</math>, <math>L</math> in <math>Km</math>, <math>h</math> quota sezione chiusura, <math>H_m</math> quota media del bacino.</p>
<i>Formula di Pasini</i>	$T_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{J_m}} \text{ [ore]}$ <p>dove : <math>A</math> in <math>Km^2</math>, <math>L</math> in <math>Km</math>, <math>J_m</math> pendenza media del reticolo idrografico</p>
<i>Formula VAPI-Sardegna</i> <sup>12</sup>	$T_c = 0.212 \cdot A^{0.231} \cdot \left(\frac{H_m}{J_m}\right)^{0.289} \text{ [ore]}$ <p>dove : <math>A</math> in <math>Km^2</math>, <math>L</math> in <math>Km</math>, <math>h</math> quota sezione chiusura, <math>J_m</math> pendenza media del reticolo</p>

Figura 7-2 – Formule utilizzate per il calcolo del tempo di corrivazione

Tutte le formulazioni sopra esposte richiedono la determinazione di alcuni parametri morfometrici, caratteristici del bacino stesso; tali parametri sono stati definiti mediante un'analisi morfometrica effettuata in ambiente GIS utilizzando diversi algoritmi di calcolo implementati nel software Q-Gis, usando come base di elaborazione il Modello Digitale del Terreno a passo 1 metro (DTM), disponibile liberamente on-line su SardegnaGeoportale.

I risultati dell'analisi, sia in termini di caratteristiche morfometriche sia di stima finale del tempo di corrivazione, vengono riportati nelle tabelle a seguire:

<i>Analisi Morfometrica Sottobacino Idrografico Ovest</i>		
Superficie Totale Bacino	0.537	Km <sup>2</sup>
Altezza Massima Bacino	204.7	metri (s.l.m.)
Altezza Media Bacino	171.3	metri (s.l.m.)
Lunghezza Asta Principale	1.703	km
Quota Sezione di Chiusura	139.2	metri (s.l.m.)
Pendenza Media Asta Principale	3.42	%
Pendenza Media Bacino / Reticolo	10.51	%

	<b>Tempo di corrivazione tc (ore)</b>
<i>Formula Giandotti</i>	1.210
<i>Formula Pasini</i>	<b>0.567</b>
<i>Formula VA.PI. Sardegna</i>	2.028
<i>Formula SCS</i>	13.279

Per le successive analisi idrologiche, come accennato, è stato utilizzato il valore più basso, ovvero quello della formulazione di Pasini pari a **0,576 ore**.

<i>Analisi Morfometrica Sottobacino Idrografico Est</i>		
Superficie Totale Bacino	0.081	Km <sup>2</sup>
Altezza Massima Bacino	161.7	metri (s.l.m.)
Altezza Media Bacino	151.3	metri (s.l.m.)
Lunghezza Asta Principale	0.576	km
Quota Sezione di Chiusura	139.2	metri (s.l.m.)
Pendenza Media Asta Principale	3.91	%
Pendenza Media Bacino / Reticolo	6.52	%

	<b>Tempo di corrivazione tc (ore)</b>
<i>Formula Giandotti</i>	0.720
<i>Formula Pasini</i>	<b>0.197</b>
<i>Formula VA.PI. Sardegna</i>	1.261
<i>Formula SCS</i>	5.673

Per le successive analisi idrologiche, come accennato, è stato utilizzato il valore più basso, ovvero quello della formulazione di Pasini pari a **0,197 ore**.

### 7.3 Altezza di pioggia critica di durata $T_C$ e tempo di ritorno $T_R$

Per la valutazione dei parametri idrologici richiesti nella Formula Razionale sopra riportata, si rende necessaria un'analisi probabilistica delle piogge attese (per un dato tempo di ritorno).

La piena di un corso d'acqua infatti, salvo casi particolari, è generata dalle precipitazioni meteoriche e la sua entità dipenderà da numerose variabili, che vanno dalla distribuzione stessa della pioggia, nel tempo e nello spazio, alle caratteristiche morfologiche del bacino e della rete idrografica; in siffatte condizioni è praticamente impossibile calcolare la massima portata prevedibile in senso deterministico e bisognerà, quindi, affrontare il problema nel solo approccio possibile ovvero in termini probabilistici.

La portata di piena va quindi considerata come una variabile casuale, la quale, conseguentemente, dovrà essere stimata relativamente ad un livello di probabilità che essa ha di non essere superata o, meglio ancora, relativamente ad un periodo di tempo (detto tempo di ritorno) che intercorre, in media, tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato.

In genere, è possibile ricondurre l'analisi a due tipologie di studio, a seconda del tipo di informazioni di cui si dispone:

- a) stima della portata di piena di progetto dall'analisi probabilistica di osservazioni dirette di portata fatte in passato nel sito;
- b) stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del processo della loro trasformazione in deflussi.

L'analisi che seguirà si occupa del secondo caso, quello cioè riguardante il caso più comune di piccoli bacini idrografici non monitorati e di non eccessive dimensioni (al massimo qualche decina di  $\text{km}^2$ ), per i quali, al più, si dispone dei dati sulle precipitazioni meteoriche in alcuni punti nell'intorno del bacino. La portata sarà stimata simulando, attraverso modelli matematici, l'afflusso meteorico nel bacino e successivamente, mediante la formula razionale, il processo di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi.

#### - Metodo TCEV Sardegna

Volendo stimare eventi di piena con dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno  $T$  genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento), in altre parole bisogna definire la *curva di probabilità pluviometrica*, indicata spesso con l'acronimo c.p.p., per la cui definizione è stato qui utilizzato il metodo TCEV. Tale metodo è raccomandato nelle Linee Guida PAI dove si riporta che "*Recenti studi per la Sardegna (Deidda et al. – 1997) mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche, motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica*".

Il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto nell'ambito del progetto VA.PI. (Progetto per la Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) che ha avuto come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione

pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica).

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà riferimento alla procedura descritta nel progetto VA.PI. Sardegna (Cao et al., 1991) utilizzando la modellazione introdotta successivamente da Deidda et al., 1997.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni valori statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico  $G_t$  delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante a scala regionale. A questo livello la Sardegna viene pertanto ritenuta una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri di forma delle curve probabilistiche  $\Theta^*=2.207$  e  $\Lambda^*=0.5717$  sono costanti ed indipendenti dalla durata dell'evento  $t$ .

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee (SZO), interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sardegna è stata suddivisa in tre sottozone pluviometriche omogenee (Fig.7-3).

A ciascuna sottozona è stato attribuito un valore costante del parametro  $\lambda_1$  (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo  $\Lambda_1$  in tabella:

	Sottozona		
	SZO 1	SZO 2	SZO 3
$\Lambda_1$	74,50	21,20	6.68

#### - Piogge Brevi e Intense

Relativamente agli eventi di pioggia brevi e intense l'analisi TCEV ha messo in evidenza che essi seguono dinamiche meteorologiche differenti. Per la stima dei parametri relativi a tali eventi lo studio ha confermato la stessa ripartizione in SZO ma con i parametri  $\Theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda_1$  che in generale dipendono dalla durata dell'evento.

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  e le grandezze, prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico), relative al sito di misura; lo studio ha consentito di individuare una relazione di tipo monomio tra il valore della pioggia indice  $\mu(T)$  e quello della durata  $t$ , i cui coefficienti sono funzione del valore della media  $\mu_g$  intesa come pioggia giornaliera sul sito. Esprimendo la durata  $t$  in ore e l'altezza di pioggia in mm, la relazione risulta:

$$\mu(t) = a_1 \cdot t^{b_1}$$

dove i due coefficienti  $a_1$  e  $b_1$  assumono le seguenti espressioni:

$$a_1 = \mu_g / (0.886 * 24^{b_1})$$

$$b_1 = -0.493 + 0.476 * \text{Log } \mu_g$$

con  $\text{Log } \mu_g$  logaritmo decimale.

Per il valore  $\mu_g$ , come indicato, è stato fatto riferimento alla distribuzione riportata nel P.A.I. (figure 7-4 e 7-5), assumendo un valore  $\mu_g = 45 \text{ mm}$

Allo scopo di evitare complesse determinazioni numeriche in funzione del tempo di ritorno  $T$ , l'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna ha fornito delle relazioni esplicite dell'altezza di pioggia (Soglie di allerta pluviometriche nella Regione Sardegna), in quanto la dipendenza delle piogge brevi ed intense, dipendendo dalla durata dell'evento portava a procedimenti molto complessi.

In definitiva l'altezza di pioggia di durata  $\tau$  e con assegnato tempo di ritorno  $T$  assume la forma:

$$h(\tau, T) = (a_1 * a_2) * \tau^{(b_1 + b_2)}$$

dove i coefficienti  $a_2$  e  $b_2$  per la sottozona omogenea di interesse (SZO 2) e per tempi di ritorno  $> 10$  anno assumono i seguenti valori (\*):

$$a_2 = 0.44182 + 1.0817 * \text{LOG}_{10} T$$

$$b_2 = -0.18676 + 0.24310 * \text{LOG}_{10} T - 3.5453 * 10^{-2} * (\text{LOG}_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$b_2 = -5.6593 * 10^{-3} - 4.0872 * 10^{-3} * \text{LOG}_{10} T \quad (\text{per } \tau > 1 \text{ ora})$$

(\*): da *Metodologie di Analisi – Studi, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di piano stralcio delle fasce pluviali PSFF*.

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW

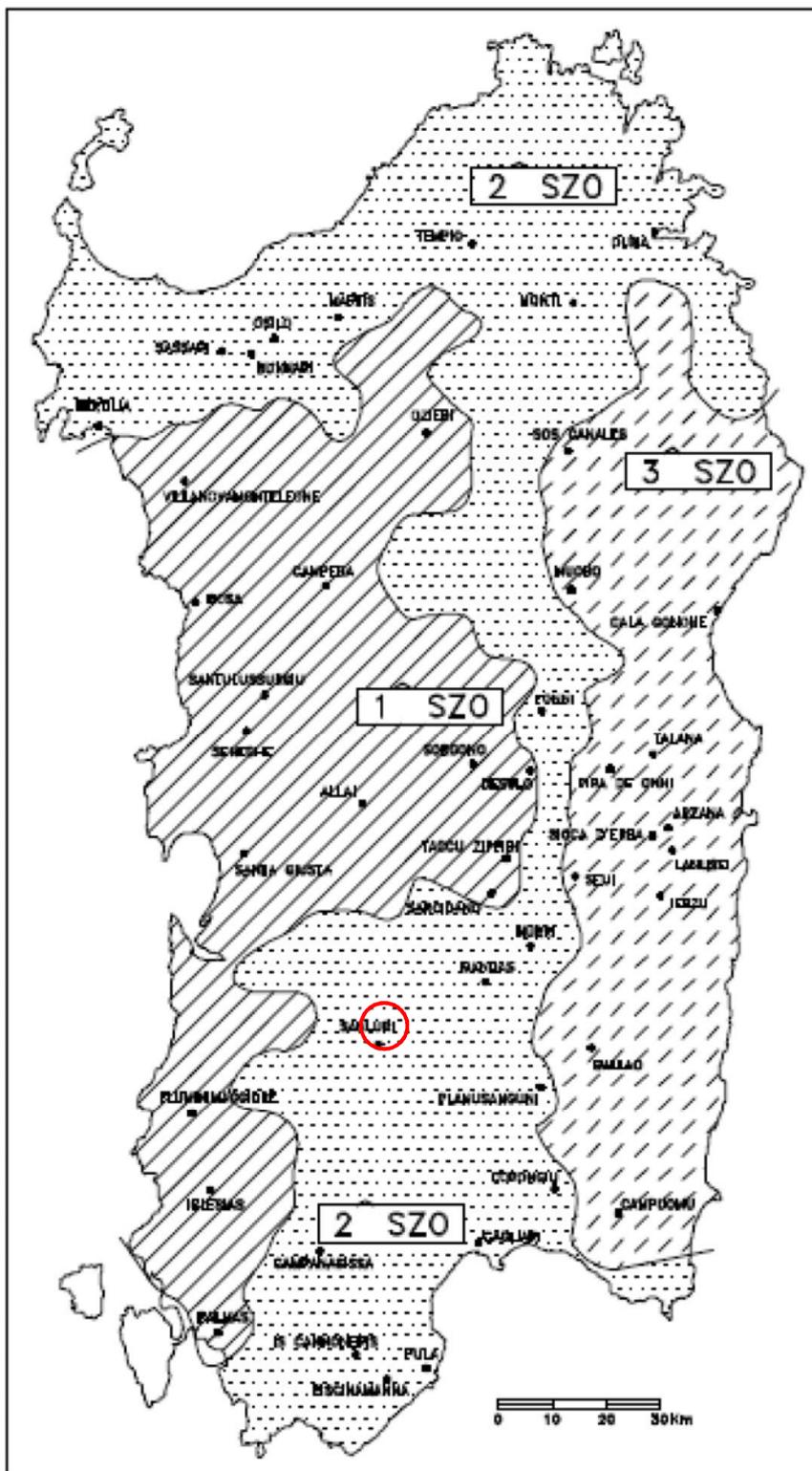


Figura 7-3 – Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sardegna

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a  
42 MW denominato "Marmilla"  
Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)  
Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW

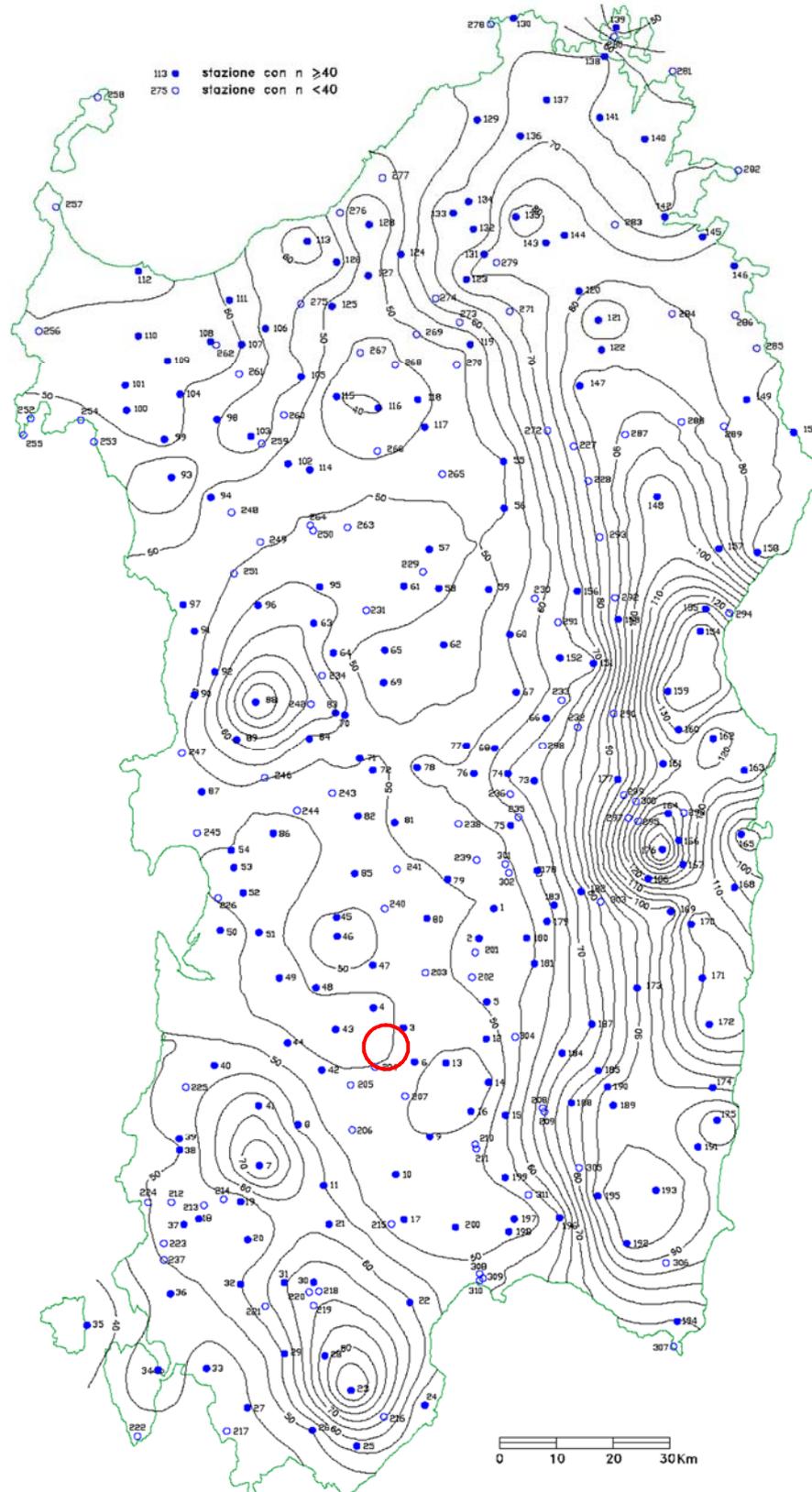


Figura 7-4 – Distribuzione spaziale delle altezze di pioggia giornaliera in Sardegna.

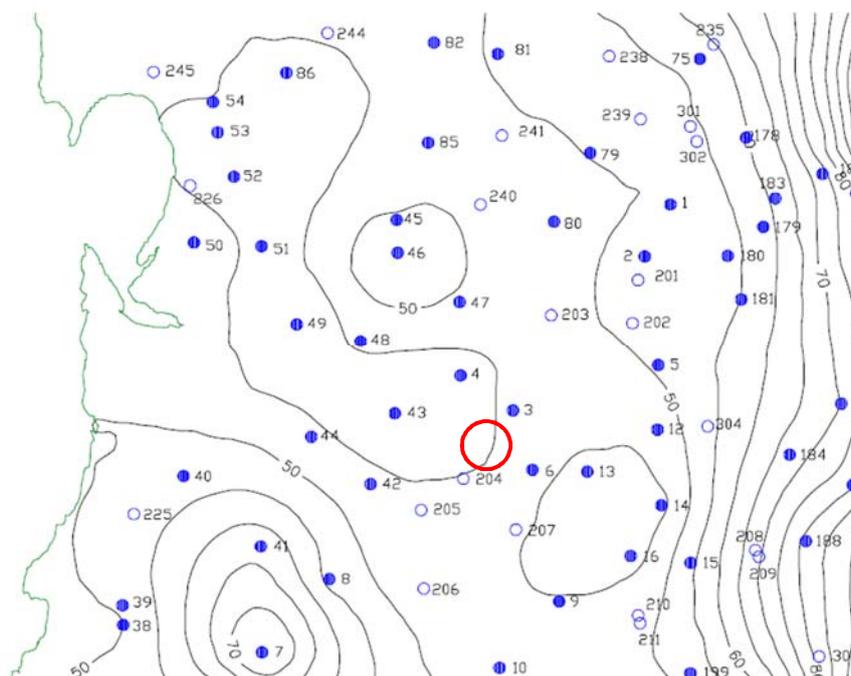


Figura 7-5 – Particolare figura 7-4 con riferimento all'area di interesse

#### 7.4 Calcolo delle Curve di Probabilità Pluviometrica

Applicando la metodologia sopra esposta è stato possibile calcolare le Curve di Probabilità Pluviometrica (C.P.P.), ovvero le altezze di pioggia, per gli eventi di pioggia attesi con i vari tempi di ritorno desiderati sia per le canoniche durate di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore che per precipitazioni con durata inferiore ad 1 ora, rispettivamente:

##### I) C.P.P. con $Tr = 50$ anni

C.P.P. per $t > 1$ ora		C.P.P. per $t < 1$ ora	
t (ore)	$H_{tT}$ (mm)	t (minuti)	$H_{tT}$ (mm)
1	45.49	5	16.11
2	60.78	10	21.52
3	72.00	15	25.49
6	96.19	30	34.05
12	128.50	45	40.34
24	171.67	60	45.49

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a  
42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



II) C.P.P. con  $Tr = 100$  anni

C.P.P. per $t > 1$ ora		C.P.P. per $t < 1$ ora	
<b>t</b> (ore)	<b>H<sub>t/T</sub></b> (mm)	<b>t</b> (minuti)	<b>H<sub>t/T</sub></b> (mm)
<b>1</b>	51.99	<b>5</b>	16.93
<b>2</b>	71.10	<b>10</b>	23.15
<b>3</b>	85.39	<b>15</b>	27.80
<b>6</b>	116.77	<b>30</b>	38.02
<b>12</b>	159.68	<b>45</b>	45.66
<b>24</b>	218.37	<b>60</b>	51.99

III) C.P.P. con  $Tr = 200$  anni

C.P.P. per $t > 1$ ora		C.P.P. per $t < 1$ ora	
<b>t</b> (ore)	<b>H<sub>t/T</sub></b> (mm)	<b>t</b> (minuti)	<b>H<sub>t/T</sub></b> (mm)
<b>1</b>	58.49	<b>5</b>	17.80
<b>2</b>	81.51	<b>10</b>	24.80
<b>3</b>	98.98	<b>15</b>	30.12
<b>6</b>	137.94	<b>30</b>	41.97
<b>12</b>	192.24	<b>45</b>	50.96
<b>24</b>	267.91	<b>60</b>	58.49

IV) C.P.P. con  $Tr = 500$  anni

C.P.P. per $t > 1$ ora		C.P.P. per $t < 1$ ora	
<b>t</b> (ore)	<b>H<sub>t/T</sub></b> (mm)	<b>t</b> (minuti)	<b>H<sub>t/T</sub></b> (mm)
<b>1</b>	67.08	<b>5</b>	19.12
<b>2</b>	95.20	<b>10</b>	27.14
<b>3</b>	116.83	<b>15</b>	33.31
<b>6</b>	165.80	<b>30</b>	47.27
<b>12</b>	235.30	<b>45</b>	58.01
<b>24</b>	333.93	<b>60</b>	67.08

## 7.5 Determinazione delle Portate di Massima Piena

Per la determinazione delle portate di massima piena con l'utilizzo della Formula Razionale basata sulla distribuzione TCEV, è stato usato un foglio di calcolo automatizzato (tipo excel); in calce (Appendice A) vengono presentati tutti i valori dei parametri idrologici calcolati mediante stampati dei fogli di calcolo utilizzati.

I risultati finali del calcolo in termini di portata di piena sono riportati a seguire:

<b>Impluvio Ovest</b>	
Tempo di Ritorno	Portata di Picco (m <sup>3</sup> /s)
50 anni	<b>0.67</b>
100 anni	<b>1.02</b>
200 anni	<b>1.41</b>
500 anni	<b>2.02</b>

<b>Impluvio Est</b>	
Tempo di Ritorno	Portata di Picco (m <sup>3</sup> /s)
50 anni	<b>0.18</b>
100 anni	<b>0.24</b>
200 anni	<b>0.31</b>
500 anni	<b>0.42</b>

## 8 VALUTAZIONE SULLA SIGNIFICATIVITA' IDROGRAFICA DEGLI IMPLUVI

Tenuto conto della natura stessa degli impluvi in esame, ovvero incisioni idrografiche di ordine 1, è parso opportuno effettuare un'analisi propedeutica sulla *significatività idrografica* degli stessi poiché, dalla stessa analisi idrografica condotta in precedenza, essi comunque appaiono sicuramente appartenere al reticolo idrografico minore.

L'analisi di significatività è stata condotta ai sensi delle "Linee Guida e indicazioni metodologiche per la corretta individuazione e rappresentazione cartografica del reticolo idrografico ai sensi dell'art.30 ter, comma 6 delle Norme di Attuazione del PAP".

Nelle suddette Linee Guida, relativamente ai bacini della zona occidentale (Fig. 8-1) la *condizione di non significatività*, che consente la esclusione di un elemento, già presente nello strato informativo regionale o nella cartografia IGM, è data dalla contestuale presenza delle seguenti caratteristiche;

- Superficie del bacino idrografico < 0,50 km<sup>2</sup>;
- Portate bicentennali < 7 m<sup>3</sup>/s, da calcolare alla sezione di confluenza di valle dell'elemento, con tempo di corrivazione fornito dalla formula di Viparelli (adottando V = 1 m/s) e con

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



utilizzo del Metodo TCEV/SCS con CN(III) non inferiore a 95.

Dall'analisi morfometrica l'*Impluvio Est* sottende un sottobacino idrografico significativamente inferiore a 0,50 km<sup>2</sup>, ovvero viene rispettata la condizione (a), mentre per l'*Impluvio Ovest*, avendo un'estensione del sottobacino idrografico sotteso pari a 0,537 km<sup>2</sup> la condizione, seppur di poco viene superata.

Si è proceduto, in ogni caso, alla verifica della condizione( b) per entrambi gli impluvi, ovvero al calcolo delle portate bicentennali per come indicato. Per il calcolo è stata utilizzata la stessa metodologia usata nell'analisi idrologica (TCEV/SCS) usando per il calcolo del tempo di corrivazione la indicata formula di Viparelli di seguito riportata:

#### **Formula di Viparelli**

$$t_c = \frac{L}{3.6 \cdot V}$$

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

V Velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti dell'autore sono compresi tra 1,0 e 1.5 m/s

A seguire vengono riportati i risultati del calcolo; per i dettagli si rimanda agli screenshots dei fogli di calcolo utilizzati, allegati in calce (Appendice A).

#### 8.1 Valutazione di Significatività Impluvio Est

Superficie Sottobacino Idrografico  $S = 0,081 \text{ km}^2$

Tempo di corrivazione  $T_C = 0.160$  ore (Formula Viparelli con  $v = 1,0 \text{ m/s}$ )

Curve Number  $CN = 95$

Tempo di Ritorno  $T_R = 200$  anni

$Q_{200} = 1.83 \text{ m/s}$ ; poiché risulta:

$S < 0,5 \text{ km}^2$  e  $Q_{200} < 7,0 \text{ mc/s}$  *l'impluvio Est non presenta significatività idrografica.*

#### 8.2 Valutazione di Significatività Impluvio Ovest

Superficie Sottobacino Idrografico  $S = 0,537 \text{ km}^2$

Tempo di corrivazione  $T_C = 0.473$  ore (Formula Viparelli con  $v = 1,0 \text{ m/s}$ )

Curve Number  $CN = 95$

Tempo di Ritorno  $T_R = 200$  anni

$Q_{200} = 8.57 \text{ m/s}$ ; poiché risulta:

$S > 0,5 \text{ km}^2$  e  $Q_{200} > 7,0 \text{ mc/s}$  l'impluvio Ovest risulta idrograficamente significativo

Sebbene il calcolo relativo all'impluvio Ovest, indichi un impluvio idrograficamente significativo si evidenzia come tale valore risulti sia relativamente alla condizione (a) che alla

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



condizione (b) molto prossimo ai valori limite, seppure nelle condizioni molto cautelative, previste dalle linee Guida, con un valore del  $T_C$  significativamente inferiore a quelli calcolati al paragrafo 7.2 e con un valore del CN che equipara il sottobacino idrografico sotteso, di fatto, a quello di un'area "a tessuto residenziale denso e compatto su substrato impermeabile".

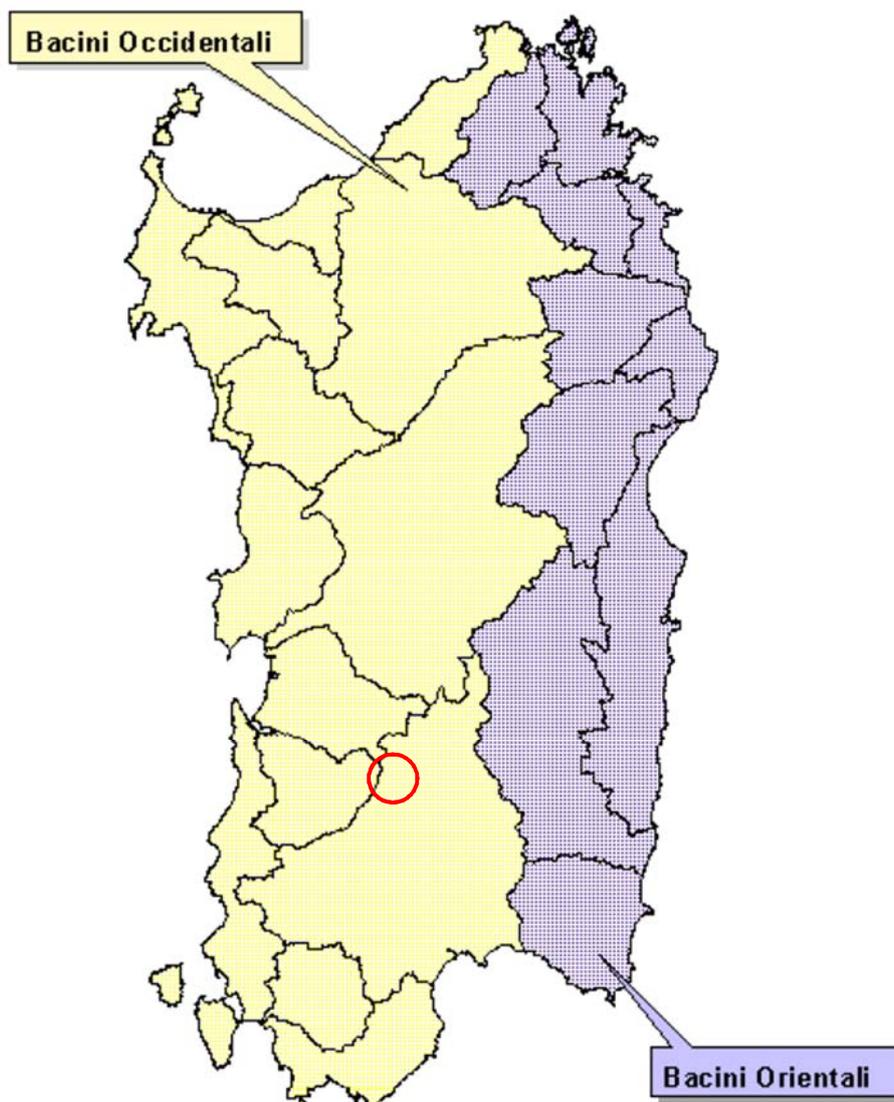


Figura 8-1 – Suddivisione Bacini Idrografici della Sardegna

## 9 ANALISI IDRAULICA

Tenuto conto di quanto di quanto evidenziato in precedenza, ovvero la comunque modesta significatività idrografica dell'Impluvio Ovest, unitamente all'assenza di una linea di corrivazione bene evidenziata, anche con riferimento ad un'analisi storica basata su ortofoto satellitari (vedi Appendice B), ai fini della Compatibilità Idraulica del progetto per l'impluvio ovest è stata prevista una leggera deviazione del corso d'acqua, rispetto a quanto rappresentato in cartografia, per come rappresentato in figura 9-1.

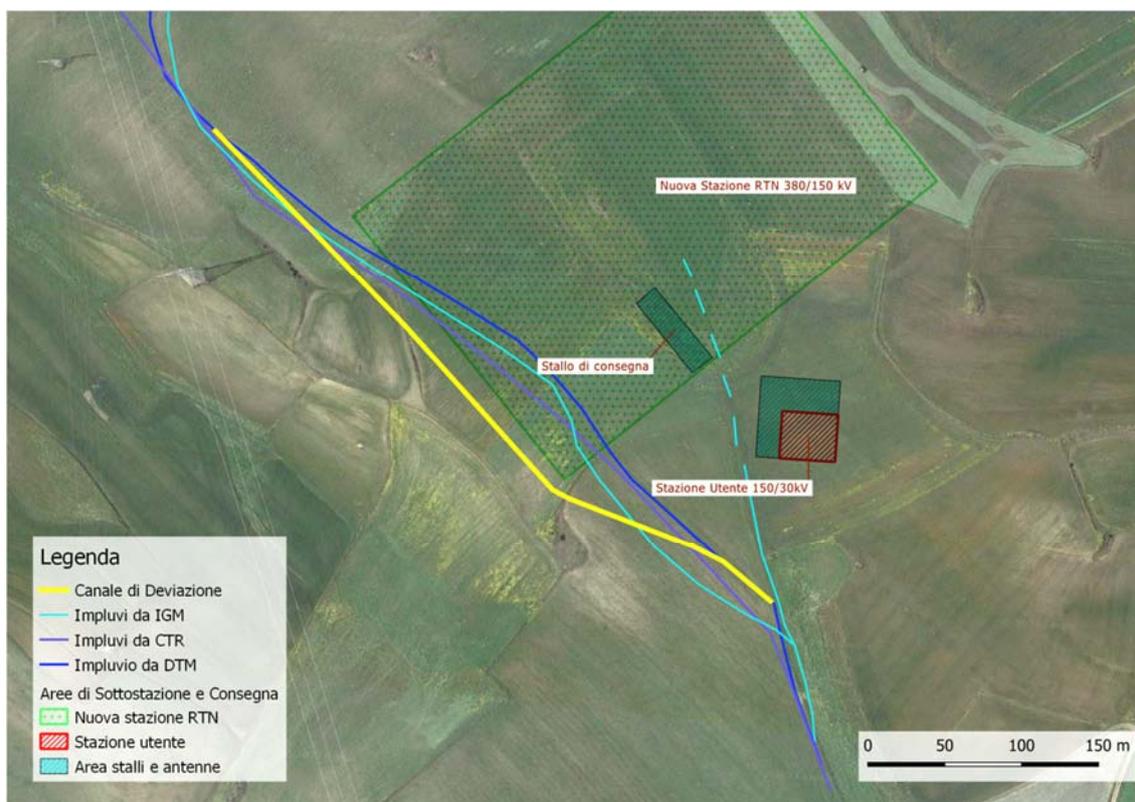


Figura 9-1 – Planimetria area di progetto

Ai fini di un corretto dimensionamento del canale di by-pass, nel presente paragrafo è stata effettuata un'analisi idraulica con riferimento alle portate di piena massima definite in precedenza.

L'analisi è stata effettuata mediante modellazione numerica utilizzando i codici di calcolo contenuti nel software HEC-RAS (versione 5.0.7), distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center, e scaricabile gratuitamente all'indirizzo web [www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras). Il codice Hec-RAS permette il calcolo di profili idraulici sia in moto permanente che in moto vario ed è utilizzabile in canali naturali o artificiali, anche in ambiente urbano.

Il software allo stato attuale presenta numerose caratteristiche che lo rendono estremamente affidabile, prima fra tutte la possibilità di effettuare modellazioni sia monodimensionali che bidimensionali, in regime di moto permanente o di moto vario e anche la possibilità di

effettuare modellazioni combinate 1D-2D; nelle simulazioni è inoltre possibile inserire attraversamenti (ponti o tombini) sia a pelo libero che in pressione.

In funzione delle indicazioni contenute nelle Linee Guida PAI, ovvero "calcolo del livello di esondazione, condotto con tecniche di moto permanente", è stata condotta una modellazione monodimensionale, utilizzando come portata in ingresso i valori di massima piena per Tr 50, 100, 200 e 500 anni, ottenute nello studio idrologico.

### 9.1 Modellazione Idraulica Impluvio Ovest

Tralasciando la descrizione dei principi teorici e delle molteplici possibilità di modellazione del software utilizzato, per le quali si rimanda ai manuali ufficiali, relativamente all'analisi condotta ci si limiterà ad evidenziare unicamente le equazioni ed i parametri di input utilizzati nel calcolo, riguardanti:

- Geometrie dell'area di simulazione;
- Coefficienti di scabrezza del canale e delle aree golenali;
- Condizioni a contorno.

#### - Geometria

L'areale di simulazione è stato esteso per tutta la lunghezza del nuovo canale, pari a circa 470 metri (Fig. 9-2). I dati geometrici relativi al terreno sono stati ricavati dal *Modello Digitale del Terreno a passo 1 metro* fornito dalla Regione Sardegna, il quale si è rivelato sufficientemente accurato, in relazione alla finalità della simulazione, nell'ambito di un progetto definitivo.



Fig. 9-2: Geometria area di simulazione (HEC-RAS)

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato “Marmilla”

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



- Coefficienti di scabrezza del suolo

Come coefficienti di scabrezza del suolo sono stati utilizzati i coefficienti di Manning proposti da Chow V.T. (1959) per “*Canali in terra rettilinei, non vegetati con mediocre manutenzione*”, rispettivamente  $0,022 \text{ s/m}^{1/3}$  per il canale centrale e di  $0,040 \text{ s/m}^{1/3}$  per le aree golenali.

- Condizioni a contorno e portate di Piena

Per quanto riguarda le condizioni a contorno (Boundary Conditions), necessarie per la simulazione, sia monte che a valle è stata utilizzata la condizione di “Normal Depth”, con un regime di flusso “Misto”; con tale settaggio HEC-RAS modifica automaticamente il regime di flusso all'occorrenza.

Per quanto riguarda i parametri relativi alle tolleranze, ai settaggi ed alle equazioni di calcolo sono stati sempre lasciati quelli di default previsti dal software.

### 9.1.1 Parametri di Input e Risultati della simulazione

Di seguito vengono riportati sia i valori input, utilizzati nella modellazione numerica, sia i risultati finali della modellazione, in forma grafica e tabellare; nello specifico verranno restituiti:

- Modello 3D con inserimento dei tiranti idrici relativi agli eventi di massima piena;
- Tabelle con i principali parametri idraulici per ogni sezione di analisi evidenziata in figura 9-2;
- Sezioni di Analisi con tiranti idrici;

<b>Parametri di input – Analisi Idraulica Impluvio Ovest</b>		
		<i>note</i>
n° sezioni di analisi	18	
Sviluppo lineare simulazione	447	metri
Distanza tra le sezioni	30 o inferiore	metri
Larghezza delle sezioni	8	metri
Geometria area di simulazione	-----	Fig. 9-2 e 9-3
Condizione al contorno di monte	0.0192	Normal Depth (Upstream)
Condizione al contorno di valle	0.0145	Normal Depth (Downstream)
Regime di moto	Permanente	a pelo libero (Low Flow Methods)
Regime di flusso	Misto	(mixed)
Portata di progetto (Tr 50)	0.67	$\text{m}^3/\text{s}$
Portata di progetto (Tr 100)	1.02	$\text{m}^3/\text{s}$
Portata di progetto (Tr 200)	1.41	$\text{m}^3/\text{s}$
Portata di progetto (Tr 500)	2.02	$\text{m}^3/\text{s}$

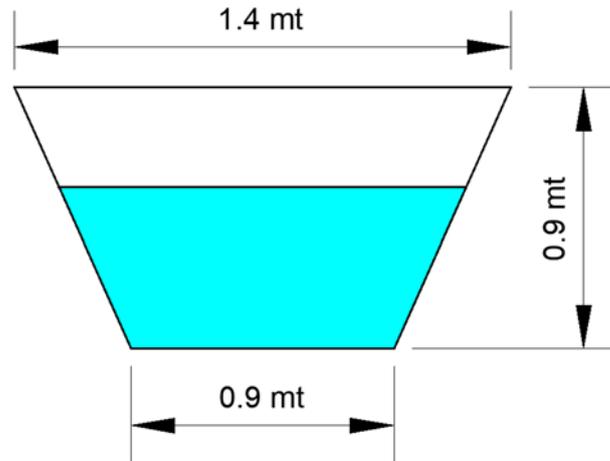


Fig. 9-3: Sezione Canale di Deviazione

**- Risultati della simulazione**

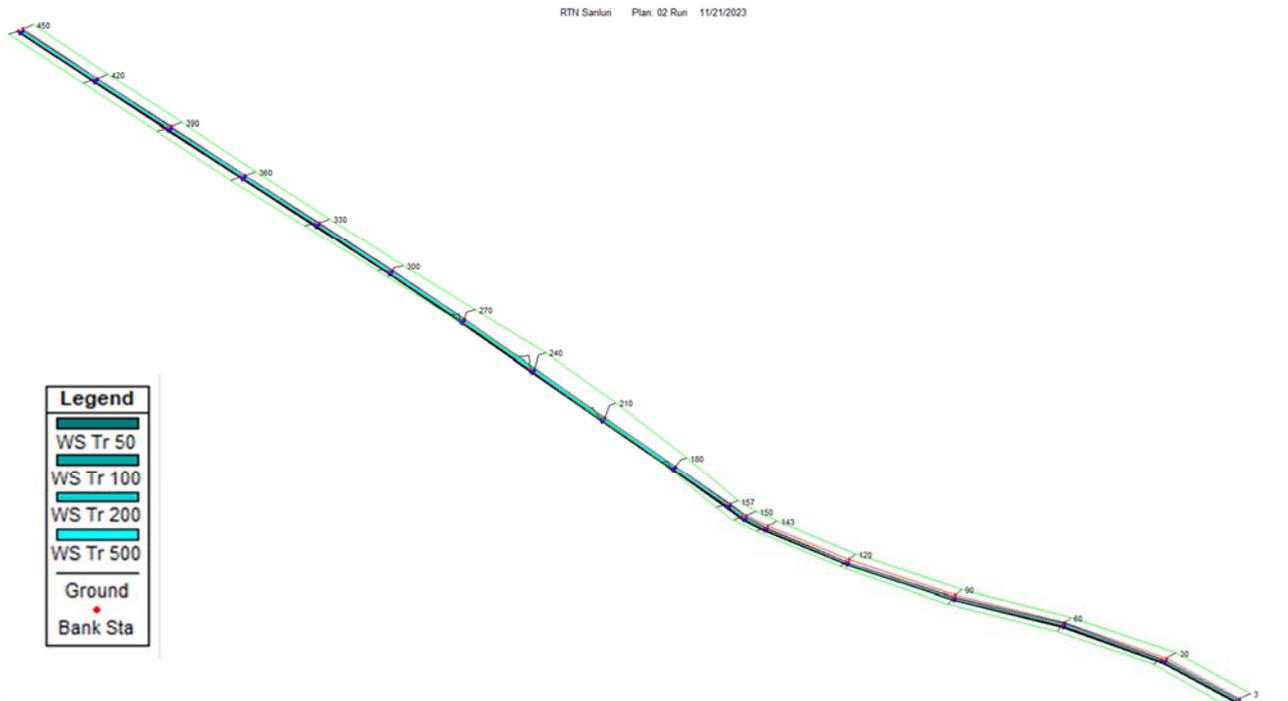


Fig. 9-4: Geometria 3D con aree di allagamento

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
Reach 1	450	Tr 50	0.67	147.61	147.93	2.17	0.31	1.07
Reach 1	420	Tr 50	0.67	147.04	147.49	1.51	0.44	1.14
Reach 1	390	Tr 50	0.67	146.78	147.16	1.82	0.37	1.10
Reach 1	360	Tr 50	0.67	146.38	146.82	1.55	0.43	1.14
Reach 1	330	Tr 50	0.67	146.13	146.53	1.70	0.39	1.12
Reach 1	300	Tr 50	0.67	145.85	146.27	1.61	0.42	1.13
Reach 1	270	Tr 50	0.67	145.60	146.03	1.59	0.42	1.13
Reach 1	240	Tr 50	0.67	145.35	145.77	1.62	0.41	1.13
Reach 1	210	Tr 50	0.67	145.10	145.54	1.55	0.43	1.14
Reach 1	180	Tr 50	0.67	144.85	145.25	1.70	0.39	1.12
Reach 1	157	Tr 50	0.67	144.60	144.98	1.82	0.37	1.10
Reach 1	150	Tr 50	0.67	144.35	144.61	2.74	0.24	1.04
Reach 1	143	Tr 50	0.67	143.90	144.13	3.24	0.21	1.02
Reach 1	120	Tr 50	0.67	141.68	141.86	4.07	0.16	0.99
Reach 1	90	Tr 50	0.67	140.13	140.40	2.70	0.25	1.04
Reach 1	60	Tr 50	0.67	139.73	140.11	1.82	0.37	1.10
Reach 1	30	Tr 50	0.67	138.87	139.11	3.08	0.22	1.02
Reach 1	3	Tr 50	0.67	138.48	138.86	1.82	0.37	1.10

Fig. 9-5: Tabella parametri idraulici Simulazione Tr 50 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
Reach 1	450	Tr 100	1.02	147.61	148.03	2.44	0.42	1.13
Reach 1	420	Tr 100	1.02	147.04	147.62	1.69	0.60	1.22
Reach 1	390	Tr 100	1.02	146.78	147.27	2.06	0.50	1.17
Reach 1	360	Tr 100	1.02	146.38	146.95	1.74	0.59	1.21
Reach 1	330	Tr 100	1.02	146.13	146.66	1.89	0.54	1.19
Reach 1	300	Tr 100	1.02	145.85	146.40	1.79	0.57	1.20
Reach 1	270	Tr 100	1.02	145.60	146.15	1.79	0.57	1.20
Reach 1	240	Tr 100	1.02	145.35	145.90	1.80	0.57	1.20
Reach 1	210	Tr 100	1.02	145.10	145.67	1.74	0.59	1.21
Reach 1	180	Tr 100	1.02	144.85	145.38	1.89	0.54	1.19
Reach 1	157	Tr 100	1.02	144.60	145.09	2.05	0.50	1.17
Reach 1	150	Tr 100	1.02	144.35	144.71	2.97	0.34	1.09
Reach 1	143	Tr 100	1.02	143.90	144.20	3.56	0.29	1.06
Reach 1	120	Tr 100	1.02	141.68	141.92	4.62	0.22	1.03
Reach 1	90	Tr 100	1.02	140.13	140.47	3.13	0.33	1.08
Reach 1	60	Tr 100	1.02	139.73	140.22	2.05	0.50	1.17
Reach 1	30	Tr 100	1.02	138.87	139.19	3.35	0.30	1.07
Reach 1	3	Tr 100	1.02	138.48	138.97	2.06	0.50	1.17

Fig. 9-6: Tabella parametri idraulici Simulazione Tr 100 anni

dove

Min Ch El = Quota fondo canale

W.S. Elev = Livello Pelo libero flusso idrico (Tirante)

Vel Chnl = Velocità del flusso idrico

Flow Area = Area del contorno bagnato

Top Width = Larghezza flusso idrico in testa

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
Reach 1	450	Tr 200	1.41	147.61	148.13	2.65	0.53	1.18
Reach 1	420	Tr 200	1.41	147.04	147.75	1.83	0.77	1.29
Reach 1	390	Tr 200	1.41	146.78	147.38	2.25	0.63	1.23
Reach 1	360	Tr 200	1.41	146.38	147.07	1.90	0.74	1.28
Reach 1	330	Tr 200	1.41	146.13	146.78	2.04	0.69	1.26
Reach 1	300	Tr 200	1.41	145.85	146.53	1.94	0.73	1.28
Reach 1	270	Tr 200	1.41	145.60	146.28	1.94	0.73	1.28
Reach 1	240	Tr 200	1.41	145.35	146.03	1.94	0.73	1.27
Reach 1	210	Tr 200	1.41	145.10	145.79	1.90	0.74	1.28
Reach 1	180	Tr 200	1.41	144.85	145.50	2.04	0.69	1.26
Reach 1	157	Tr 200	1.41	144.60	145.20	2.25	0.63	1.23
Reach 1	150	Tr 200	1.41	144.35	144.80	3.18	0.44	1.14
Reach 1	143	Tr 200	1.41	143.90	144.28	3.80	0.37	1.11
Reach 1	120	Tr 200	1.41	141.68	141.98	5.03	0.28	1.06
Reach 1	90	Tr 200	1.41	140.13	140.54	3.50	0.40	1.12
Reach 1	60	Tr 200	1.41	139.73	140.33	2.25	0.63	1.23
Reach 1	30	Tr 200	1.41	138.87	139.27	3.57	0.40	1.12
Reach 1	3	Tr 200	1.41	138.48	139.08	2.25	0.63	1.23

Fig. 9-7: Tabella parametri idraulici Simulazione Tr 200 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
Reach 1	450	Tr 500	2.02	147.61	148.27	2.90	0.70	1.26
Reach 1	420	Tr 500	2.02	147.04	147.93	2.00	1.02	3.16
Reach 1	390	Tr 500	2.02	146.78	147.53	2.48	0.81	1.31
Reach 1	360	Tr 500	2.02	146.38	147.24	2.08	0.97	1.38
Reach 1	330	Tr 500	2.02	146.13	146.95	2.21	0.92	1.36
Reach 1	300	Tr 500	2.02	145.85	146.70	2.11	0.96	1.37
Reach 1	270	Tr 500	2.02	145.60	146.45	2.11	0.96	1.37
Reach 1	240	Tr 500	2.02	145.35	146.20	2.11	0.96	1.37
Reach 1	210	Tr 500	2.02	145.10	145.96	2.08	0.97	1.38
Reach 1	180	Tr 500	2.02	144.85	145.67	2.21	0.91	1.36
Reach 1	157	Tr 500	2.02	144.60	145.35	2.48	0.81	1.31
Reach 1	150	Tr 500	2.02	144.35	144.92	3.39	0.60	1.22
Reach 1	143	Tr 500	2.02	143.90	144.39	4.07	0.50	1.17
Reach 1	120	Tr 500	2.02	141.68	142.06	5.47	0.37	1.10
Reach 1	90	Tr 500	2.02	140.13	140.64	3.94	0.51	1.18
Reach 1	60	Tr 500	2.02	139.73	140.48	2.49	0.81	1.31
Reach 1	30	Tr 500	2.02	138.87	139.39	3.80	0.53	1.18
Reach 1	3	Tr 500	2.02	138.48	139.23	2.48	0.81	1.31

Fig. 9-8: Tabella parametri idraulici Simulazione Tr 500 anni

dove

Min Ch El = Quota fondo canale

W.S. Elev = Livello Pelo libero flusso idrico (Tirante)

Vel Chnl = Velocità del flusso idrico

Flow Area = Area del contorno bagnato

Top Width = Larghezza flusso idrico in testa

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a  
42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



In appendice C sono riportate tutte le sezioni di analisi con i relativi tiranti idraulici.

L'analisi condotta indica che il canale di deviazione, nelle dimensioni proposte in figura 9-3 e correttamente mantenuto, è sostanzialmente in grado di contenere sia piene ordinarie che eccezionali anche con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 500 anni (Top Width < 1,4 metri) con velocità di deflusso essenzialmente inferiori ai 5 m/s.

## 10 CONCLUSIONI

La società ENGIE TREXENTA S.R.L. intende realizzare nei Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU), una centrale, per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, comprensiva delle relative opere ed infrastrutture necessarie per la connessione alla rete elettrica, per una potenza di 36 MW; originariamente la potenza dell'impianto prevista era pari a 42 MW, ma sono state successivamente apportate delle modifiche al layout d'impianto a valle dell'identificazione di interferenze con il progetto di un impianto eolico da 55,8 MW presentato dalla società *Asja Serra* e localizzato nella medesima area.

Nell'ambito dell'iter autorizzativo, a seguito della nota prot. 0080436 del 18/05/2023 con la quale in competente *Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza* ha comunicato l'esito positivo di procedibilità dell'Istanza, la *Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato della Difesa dell'Ambiente - Direzione Generale dell'Ambiente* ha condotto la relativa istruttoria, le cui risultanze sono state comunicate alla Società Proponente con nota prot. n. 18661 del 19/06/2023. Il presente documento è stato redatto ad evasione della richiesta di cui punto (2) della suddetta nota, riguardante *l'interferenza della Stazione RTN in progetto con due elementi idrici rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V.*

I risultati dello studio sono di seguito sinteticamente riepilogati:

### **- Analisi Idrografica**

Dal punto di vista idrografico regionale il sito di progetto ricade nell'area di confine tra le due macro-aree idrografiche identificate come *Sub-bacino idrografico del Tirso* e *Sub-bacino idrografico Flumendosa-Campidano-Cixerri*, all'interno di quest'ultimo.

Più nel dettaglio, tutte le opere in progetto ricadono all'interno del bacino idrografico del corso d'acqua identificato come *Flumini Mannu*, il quale scorre circa 1,8 km ad est dell'area della sottostazione e circa 4,6 km dal Parco eolico.

Con specifico riferimento alle future *Stazioni di Trasformazione*, oggetto della presente relazione, gli areali di progetto, per la loro intera estensione non interferiscono direttamente con alcun "Elemento idrico" riportato nel reticolo idrografico di riferimento regionale (strato informativo 04\_Elemento\_Idrico.shp) ma, come evidenziato nella nota della *Direzione Generale dell'Ambiente*, la Stazione RTN interferisce con due elementi idrici rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM).

Entrambi gli elementi idrografici risultano classificabili come impluvi di ordine gerarchico 1 (secondo la classificazione Horton-Strahler).

Gli areali di progetto non ricadono in zone individuate a Pericolosità Idraulica, negli strati informativi del P.A.I.

Sia dal rilevamento geomorfologico di campagna che dall'analisi delle ortofoto satellitari storiche, sono emerse delle difformità tra quanto riportato in cartografia e quanto rilevato, è apparso necessario, pertanto, una valutazione iniziale al fine di identificare l'esatta ubicazione dei tronchi idrografici oggetto di interesse.

Nello specifico, non sono emerse evidenze circa la presenza di una linea di corrivazione permanente in corrispondenza dell'*impluvio Ovest*, per la cui definizione è stata pertanto considerata la naturale linea di deflusso delle acque basata sulla modellazione del Terreno eseguita in ambiente GIS a partire dal Modello Digitale del Terreno con risoluzione 1 metro.

Relativamente all'*impluvio Est*, invece è stata rilevata la presenza stabile di un canale rettilineo permanente, di natura antropica.

### - Analisi Idrologica

L'analisi idrologica per la definizione delle portate di massima piena, è stata condotta con metodologia conforme a quelle descritte nelle "Linee guida per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia – Agosto 2000", avvalendosi di analisi con Sistemi Informativi Geografici (GIS) e con riferimento ai tempi di ritorno indicati, pari a 50, 100, 200 e 500 anni.

Nello specifico la determinazione delle *Portate di Massima Piena* è stata effettuata mediante Metodo Indiretto con l'utilizzo della Formula Razionale basata sulla distribuzione TCEV, per come suggerito nelle linee guida.

I risultati finali del calcolo in termini di portata di piena sono riportati a seguire:

<b>Impluvio Ovest</b>	
Tempo di Ritorno	Portata di Picco (m <sup>3</sup> /s)
50 anni	<b>0.67</b>
100 anni	<b>1.02</b>
200 anni	<b>1.41</b>
500 anni	<b>2.02</b>

<b>Impluvio Est</b>	
Tempo di Ritorno	Portata di Picco (m <sup>3</sup> /s)
50 anni	<b>0.18</b>
100 anni	<b>0.24</b>
200 anni	<b>0.31</b>
500 anni	<b>0.42</b>

Tenuto conto della natura degli impluvi in esame, ovvero incisioni idrografiche di ordine 1, è parso opportuno effettuare un'analisi propedeutica sulla *significatività idrografica* degli stessi, che consente l'esclusione di un elemento, già presente nello strato informativo regionale o nella cartografia IGM. L'analisi di significatività è stata condotta ai sensi delle "Linee Guida e

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica di potenza pari a  
42 MW denominato "Marmilla"

Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

Variante in riduzione da 42 MW a 36 MW



*indicazioni metodologiche per la corretta individuazione e rappresentazione cartografica del reticolo idrografico ai sensi dell'art.30 ter, comma 6 delle Norme di Attuazione del PAI".*

L'analisi condotta ha evidenziato che:

***L'impluvio Est non presenta significatività idrografica;***

***L'impluvio Ovest risulta idrograficamente significativo;***

### **- Analisi Idraulica**

Tenuto conto della comunque modesta significatività idrografica dell'Impluvio Ovest, unitamente all'assenza di una linea di corrivazione bene evidenziata, anche con riferimento ad un'analisi storica basata su ortofoto satellitari, ai fini della Compatibilità Idraulica del progetto per l'impluvio ovest è stata prevista una leggera deviazione del corso d'acqua, rispetto a quanto rappresentato in cartografia.

Ai fini di un corretto dimensionamento del canale di deviazione, è stata effettuata un'analisi idraulica con riferimento alle portate di piena massima definite nell'analisi idrologica.

L'analisi è stata effettuata mediante modellazione numerica utilizzando i codici di calcolo contenuti nel software HEC-RAS (versione 5.0.7), distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center.

L'analisi condotta indica che il canale di deviazione, nelle dimensioni proposte se correttamente mantenuto, è in grado di contenere sia piene ordinarie che eccezionali anche con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 500 anni ad indicare la Compatibilità idraulica dello stesso.

Palermo, novembre 2023

*Dott. Ing. Daniele Cavallo*

Ordine Ingegneri della Provincia di Brindisi  
n. 1220

*Dott. Geol. Michele Ognibene*

Ordine Regionale geologi di Sicilia  
n. 3003

*Dott. Geol. Rosario Fria*

Ordine Regionale geologi di Sicilia  
n. 1663



## ELABORATI GRAFICI

Tav: 01 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE

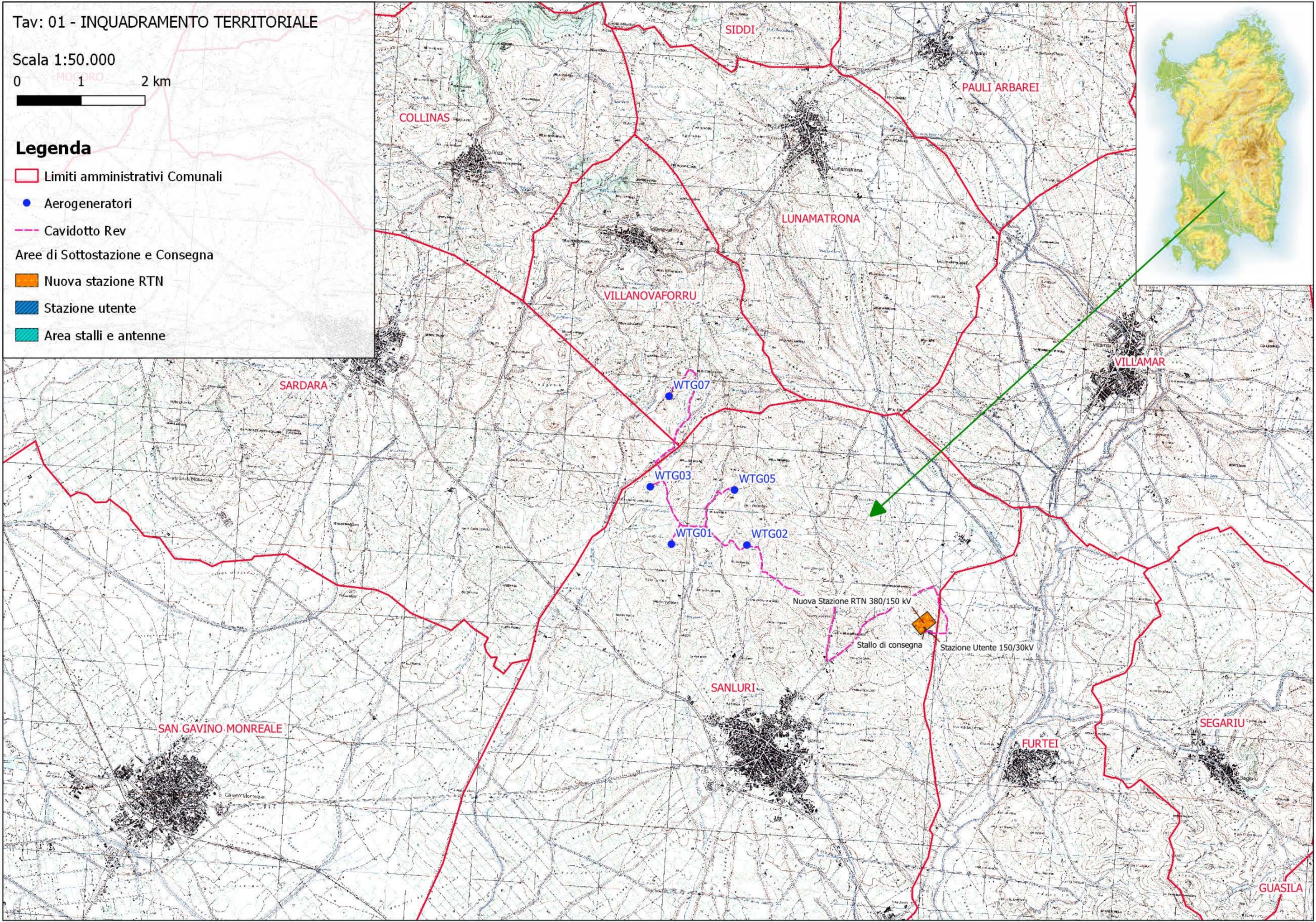
Scala 1:50.000

0 1 2 km



**Legenda**

-  Limiti amministrativi Comunali
-  Aerogeneratori
-  Cavidotto Rev
- Aree di Sottostazione e Consegna**
-  Nuova stazione RTN
-  Stazione utente
-  Area stalli e antenne



Tav: 02 - CARTA ALTIMETRIE

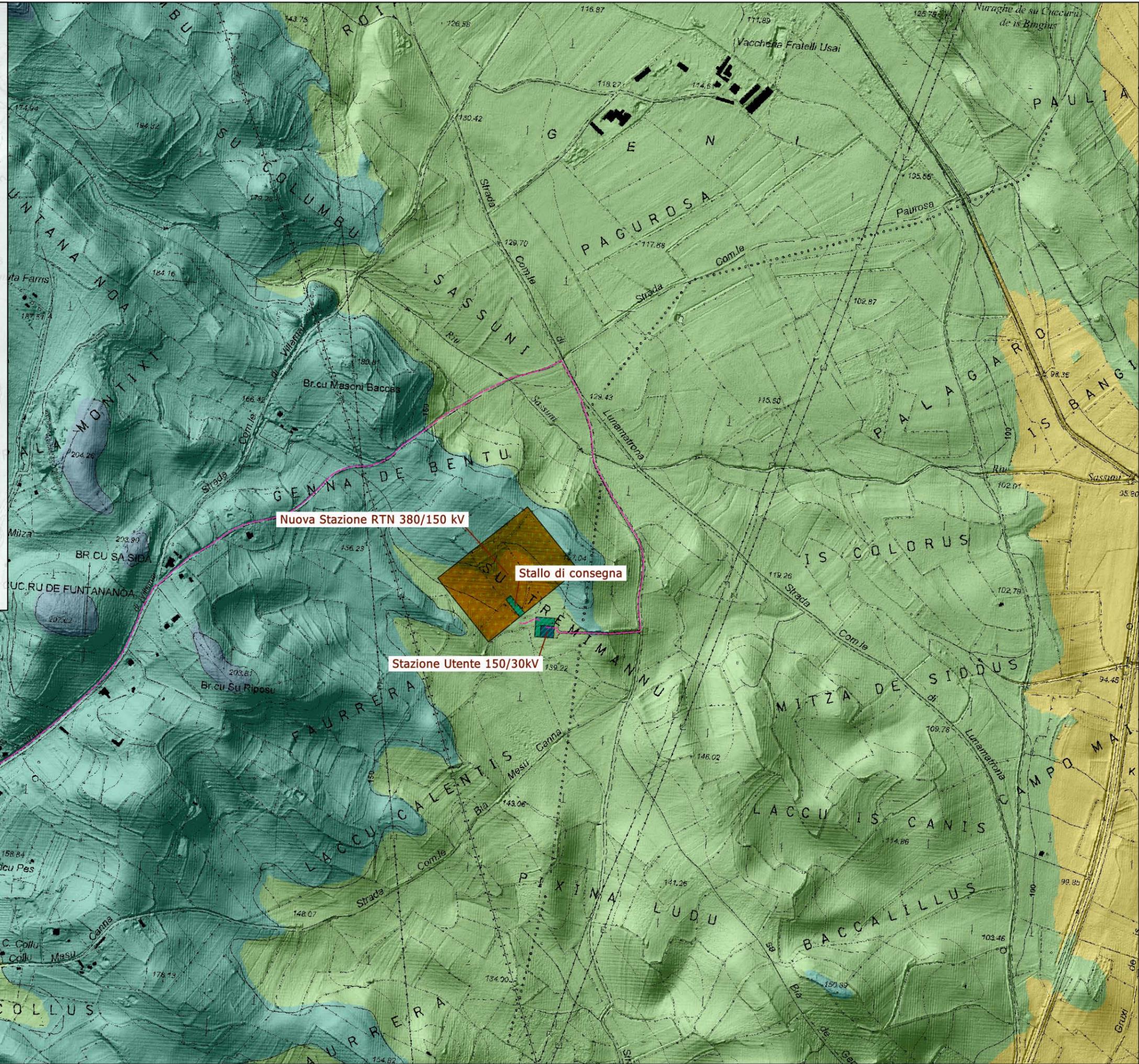
Scala 1:10.000

0 250 500 m



Legenda

- Cavidotto
- Aree di Sottostazione e Consegna
  - Nuova stazione RTN
  - Stazione utente
  - Area stalli e antenne
- Nuove strade in progetto
- Classi Altimetriche
  - < 100
  - 100 - 150
  - 150 - 200
  - 200 - 250
  - 250 - 300
  - > 300



Tav: 03 - CARTA PENDENZE

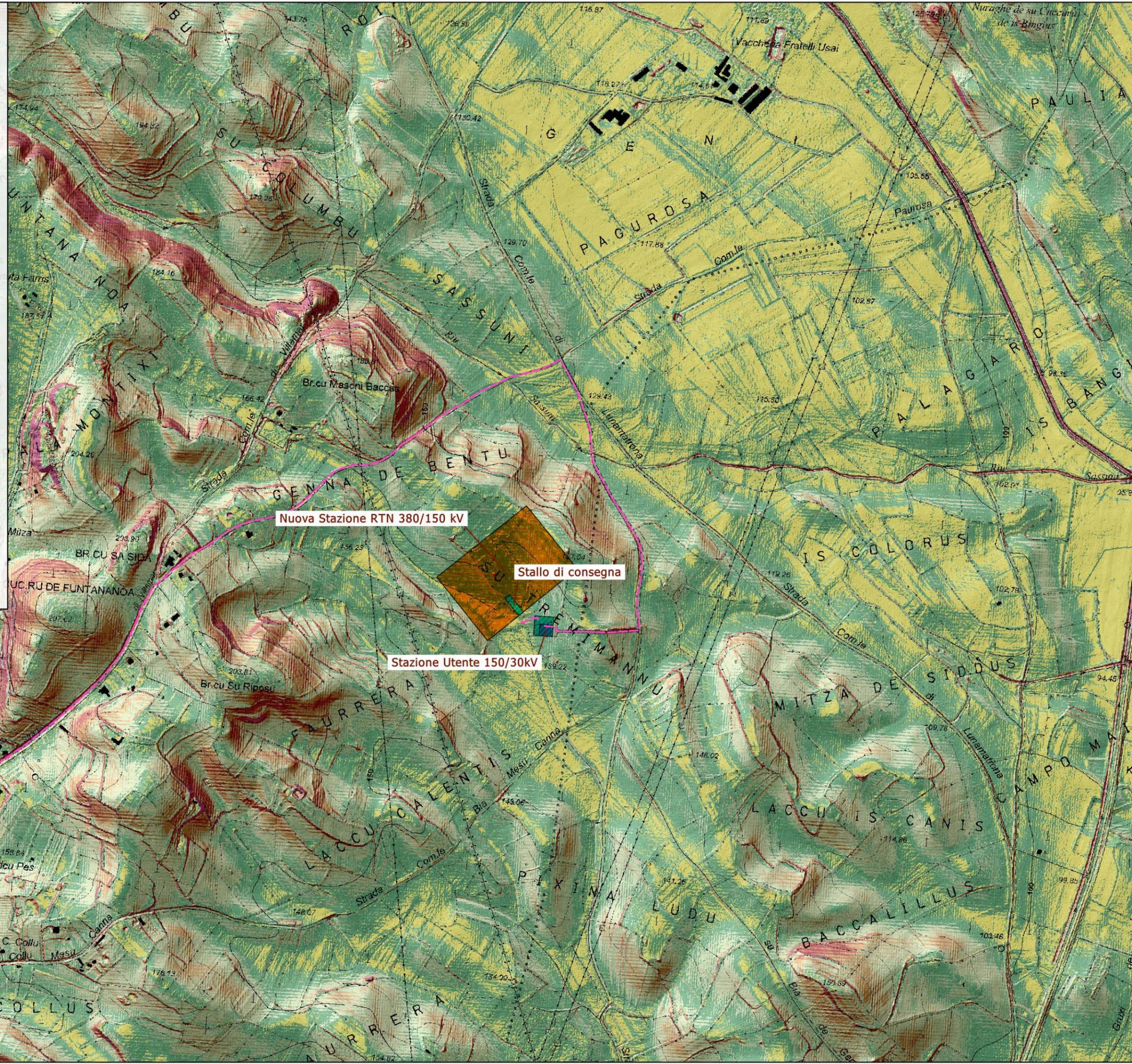
Scala 1:10.000

0 250 500 m



**Legenda**

-  Cavidotto
- Aree di Sottostazione e Consegna
-  Nuova stazione RTN
-  Stazione utente
-  Area stalli e antenne
-  Nuove strade in progetto
- Classi di Pendenza (°)
-  0 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  10 - 15
-  15 - 30
-  > 30



Tav: 04 - CARTA GEOLOGICA

Scala 1:5.000

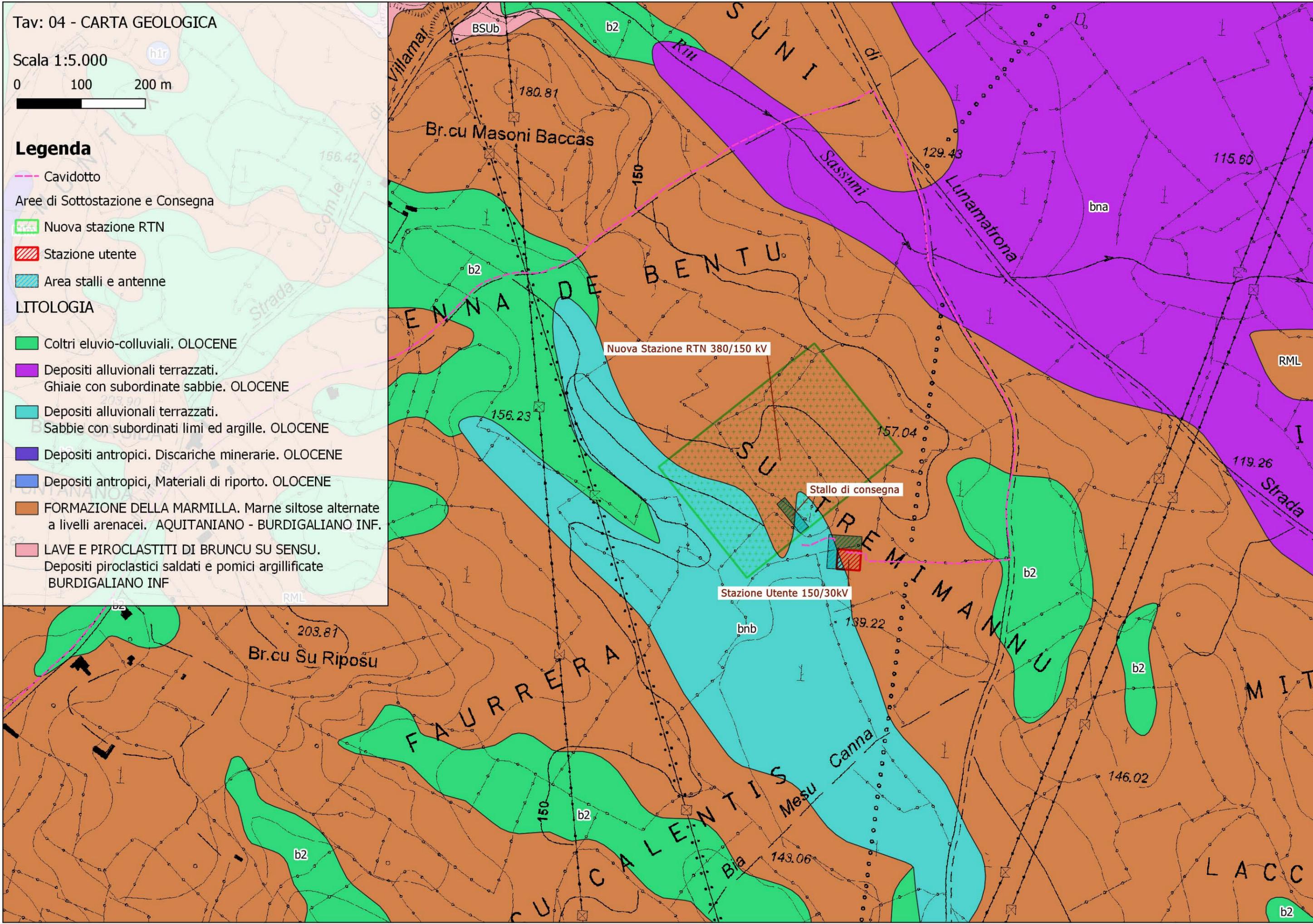
0 100 200 m

### Legenda

- Cavidotto
- Aree di Sottostazione e Consegna
- Nuova stazione RTN
- Stazione utente
- Area stalli e antenne

### LITOLOGIA

- Coltri eluvio-colluviali. OLOCENE
- Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE
- Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi ed argille. OLOCENE
- Depositi antropici. Discariche minerarie. OLOCENE
- Depositi antropici, Materiali di riporto. OLOCENE
- FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Marne siltose alternate a livelli arenacei. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.
- LAVE E PIROCLASTITI DI BRUNCU SU SENSU. Depositi piroclastici saldati e pomici argillificate BURDIGALIANO INF



# Tav: 05 - INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Scala 1:25.000

0 1 2 km

## Legenda

 Limite Bacino Idrografico Principale

 Aerogeneratori

 Cavidotto

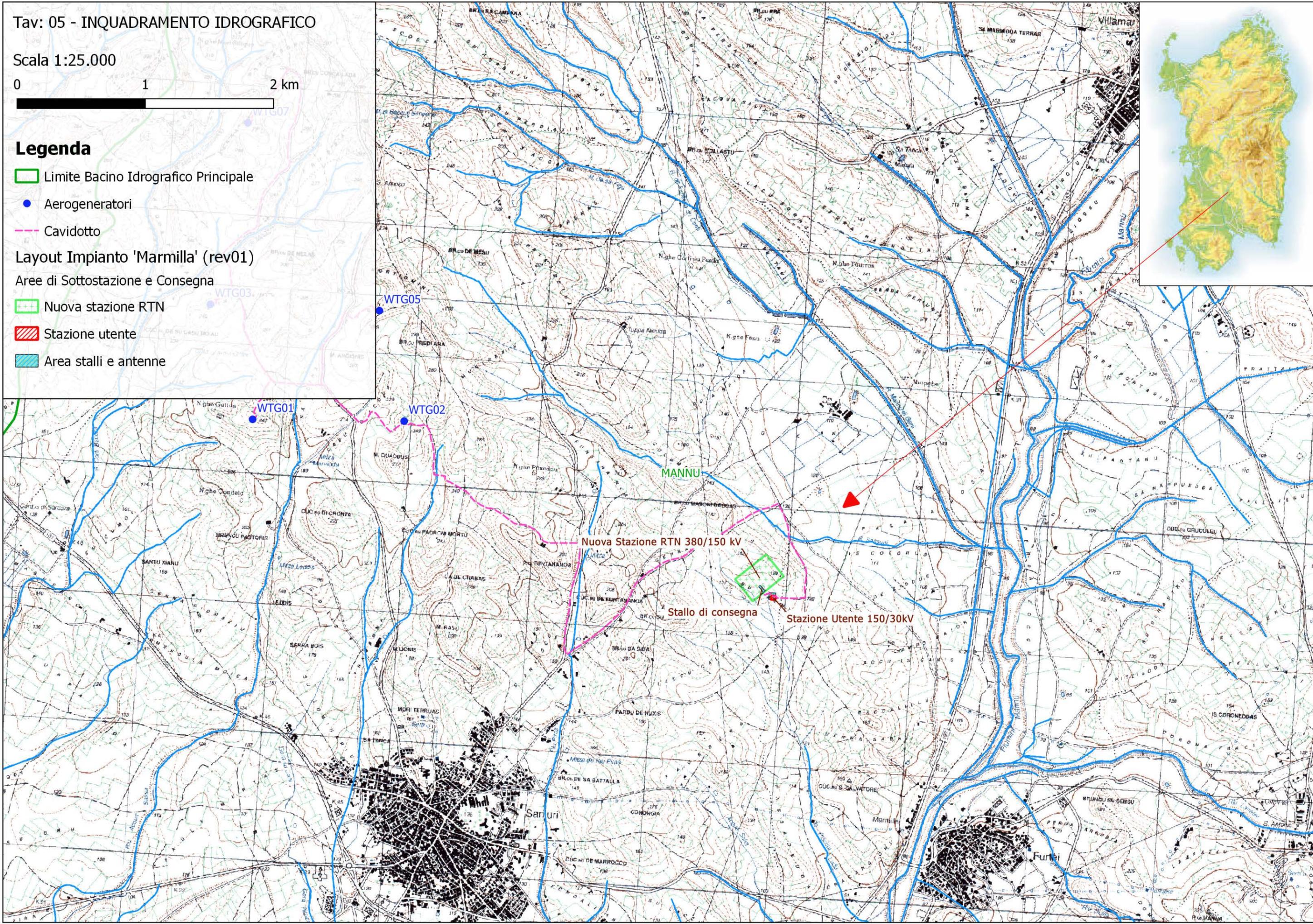
## Layout Impianto 'Marmilla' (rev01)

Aree di Sottostazione e Consegna

 Nuova stazione RTN

 Stazione utente

 Area stalli e antenne



Tav: 06 - INTERFERENZE IDROGRAFICHE  
(C.T.R. e Strato Informativo PAI)

Scala 1:5.000

0 100 200 m



**Legenda**

04\_ELEMENTO\_IDRICO\_Stahler

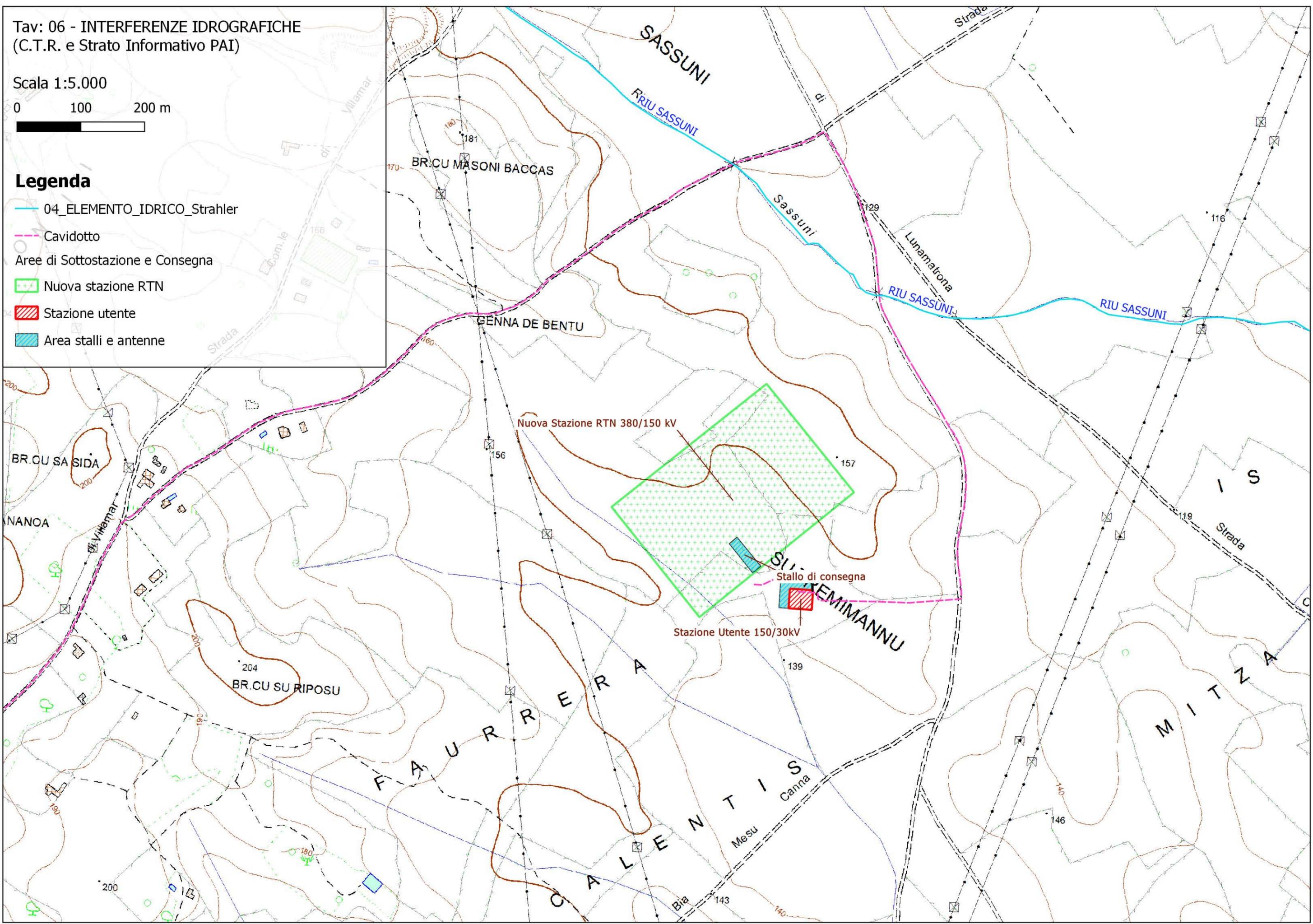
Cavidotto

Aree di Sottostazione e Consegna

Nuova stazione RTN

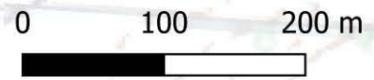
Stazione utente

Area stalli e antenne



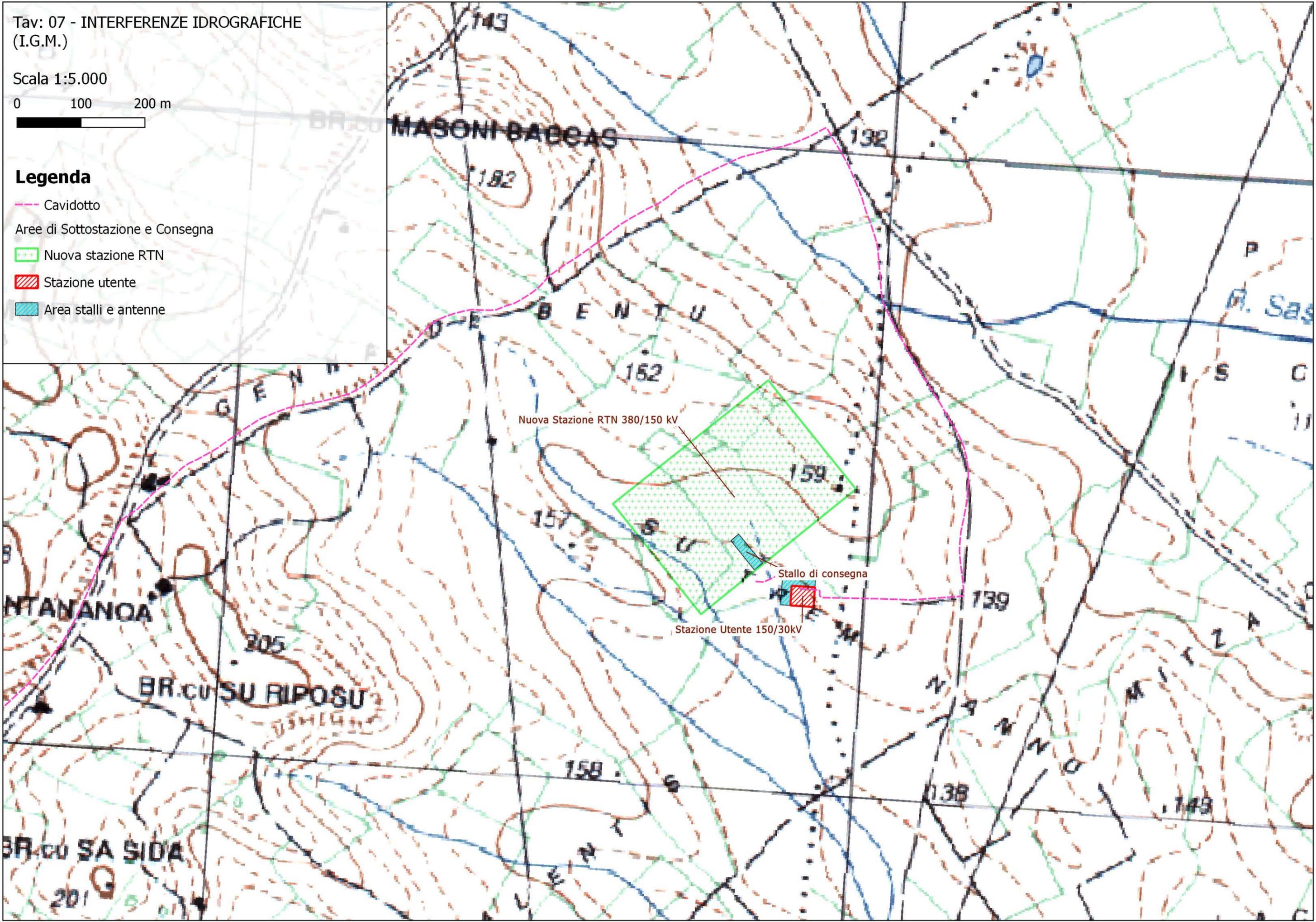
Tav: 07 - INTERFERENZE IDROGRAFICHE  
(I.G.M.)

Scala 1:5.000



**Legenda**

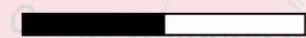
- Cavidotto
- Area di Sottostazione e Consegna
- Nuova stazione RTN
- Stazione utente
- Area stalli e antenne



Tav: 08 - CARTA REGIONALE CN(II)

Scala 1:5.000

0 100 200 m



### Legenda

SB\_Impluvio Est

SB\_Impluvio Ovest

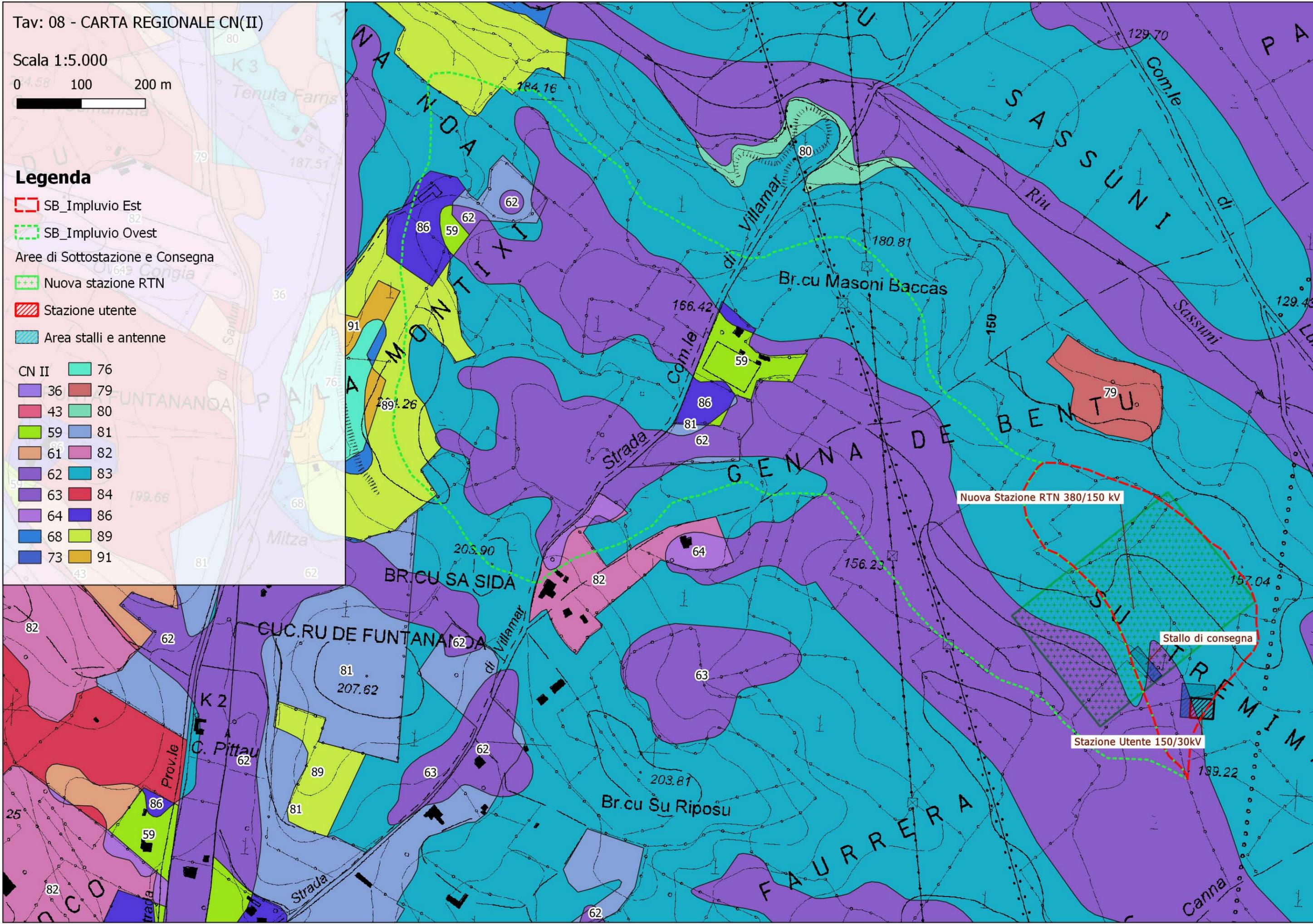
Aree di Sottostazione e Consegna

Nuova stazione RTN

Stazione utente

Area stalli e antenne

CN II	
	76
	36
	43
	59
	61
	62
	63
	64
	68
	73
	79
	80
	81
	82
	83
	84
	86
	89
	91



Nuova Stazione RTN 380/150 kV

Stallo di consegna

Stazione Utente 150/30kV

APPENDICE A  
*Calcoli Idrologici*

*Impluvio Ovest*









*Impluvio Est*









## *Valutazione Significatività Idrografica*





## APPENDICE B

### *Ortofoto Satellitari Storiche*



Aprile 2023



Maggio 2022



Ottobre 2019



Aprile 2017



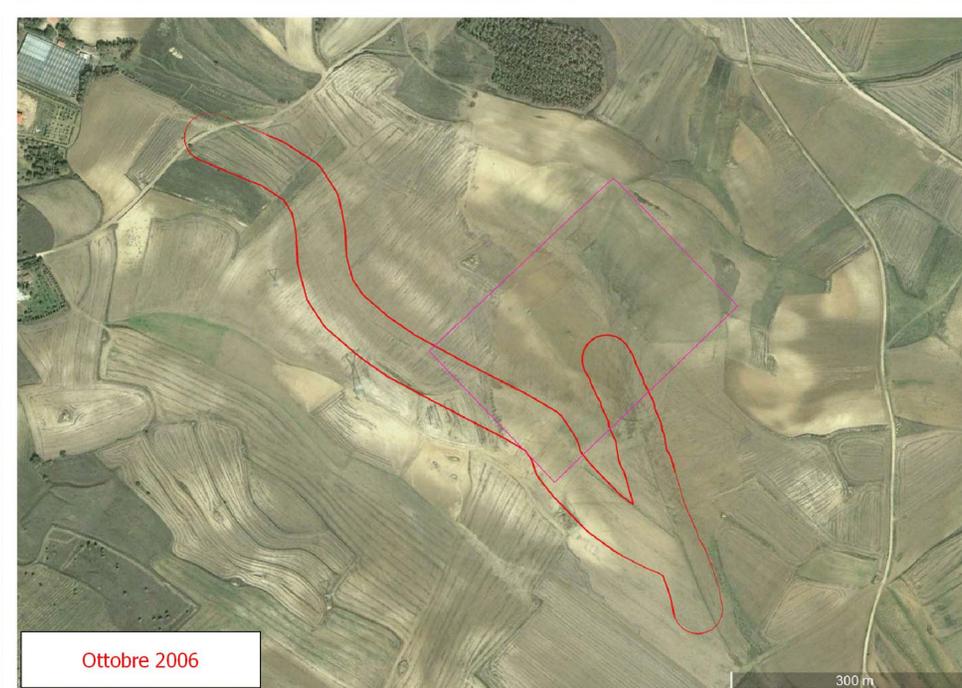
Luglio 2015



Aprile 2013



Settembre 2010



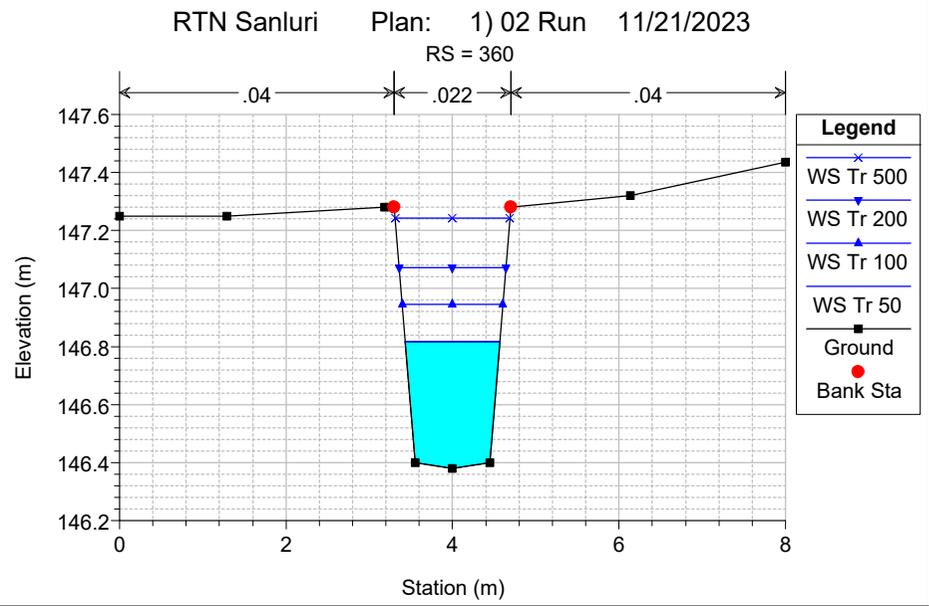
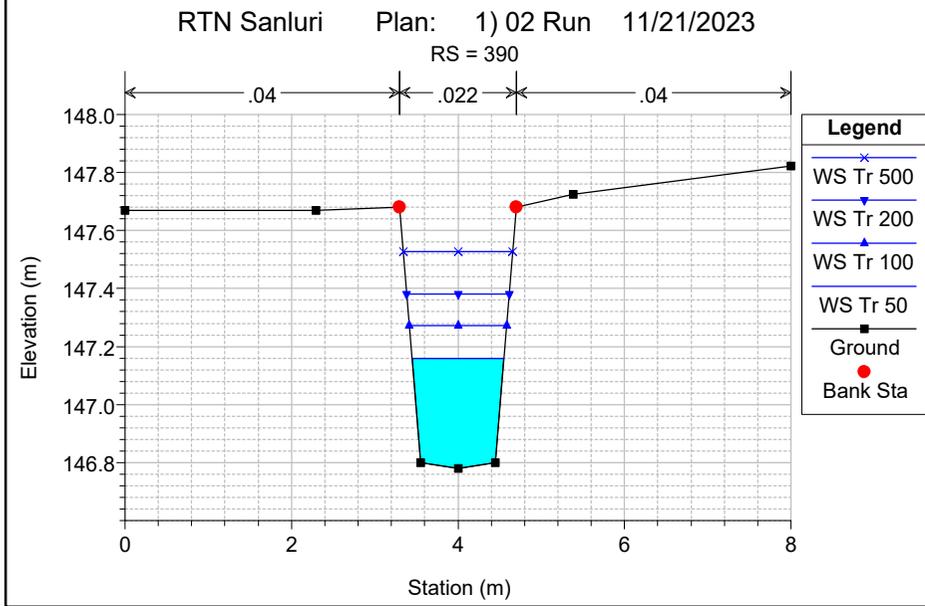
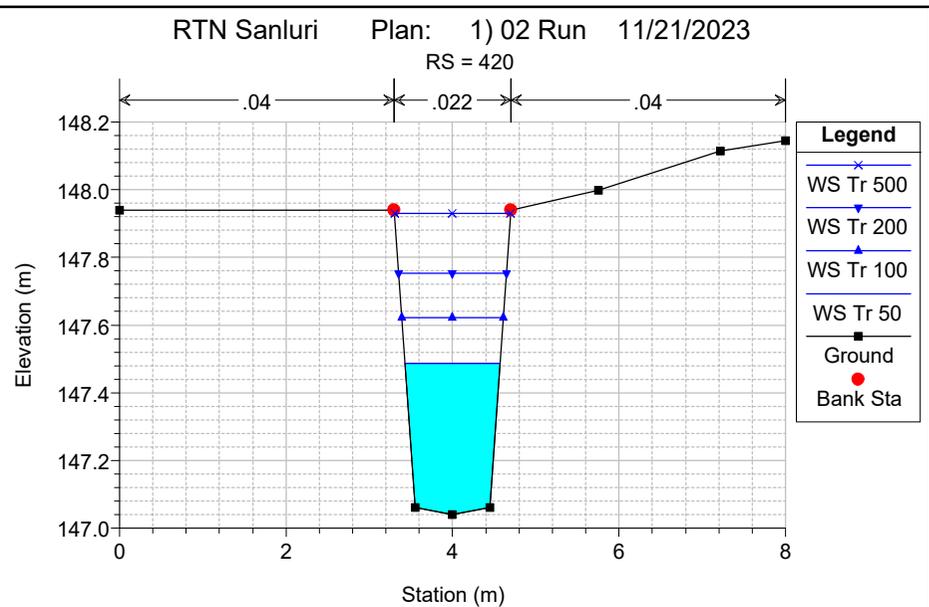
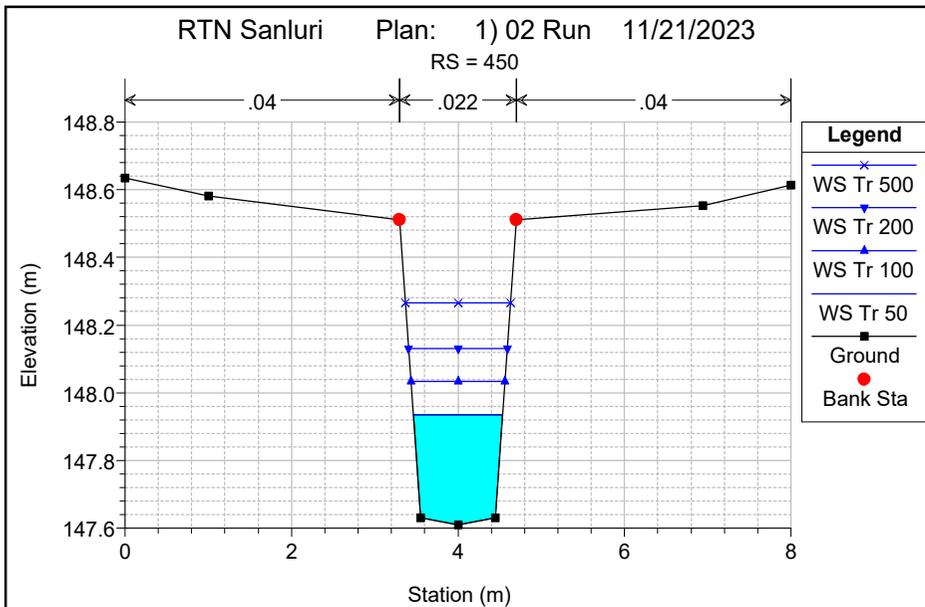
Ottobre 2006

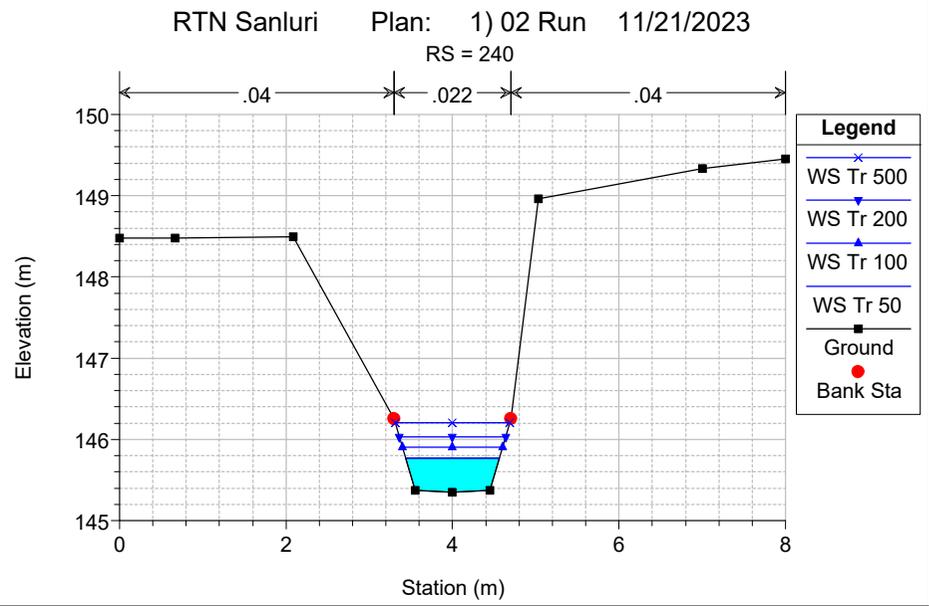
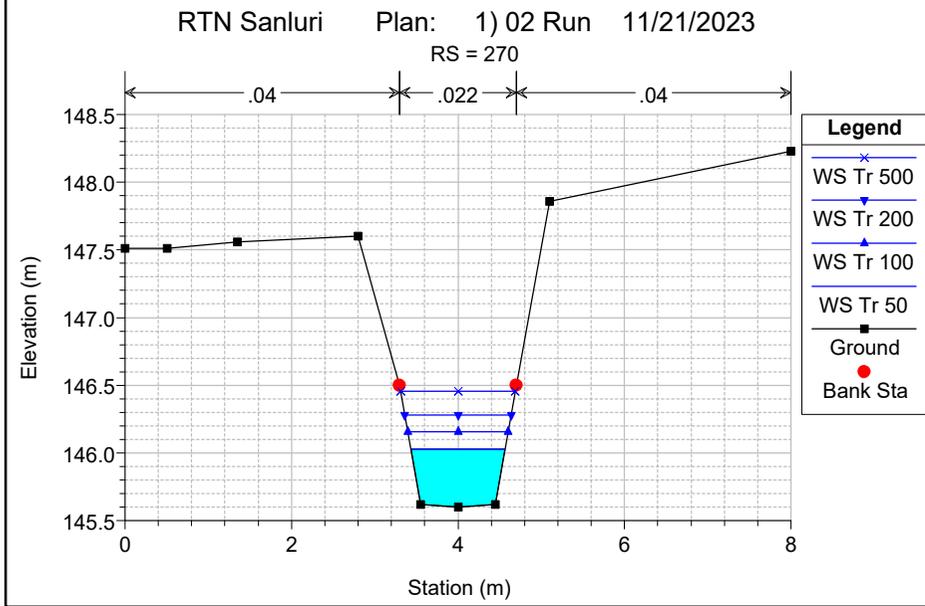
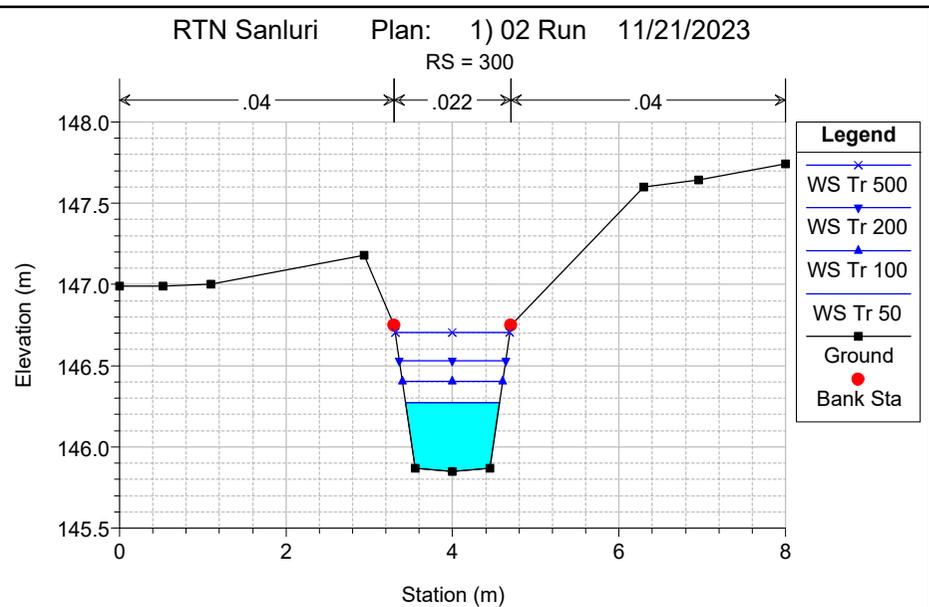
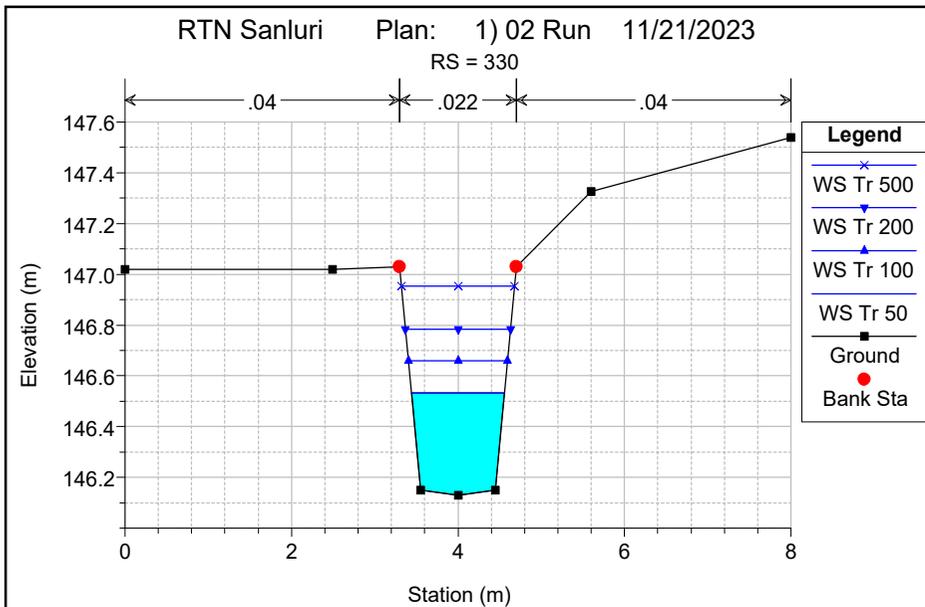


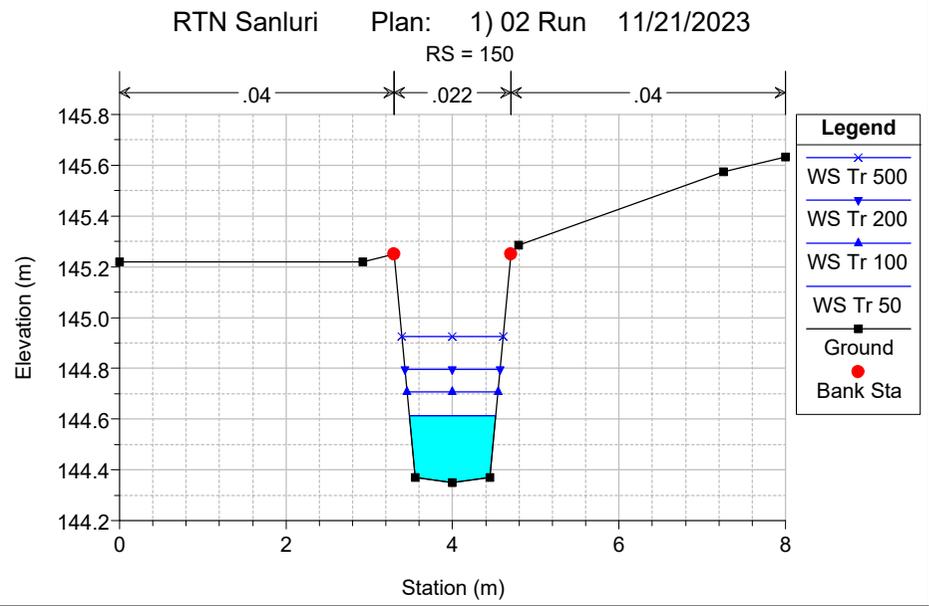
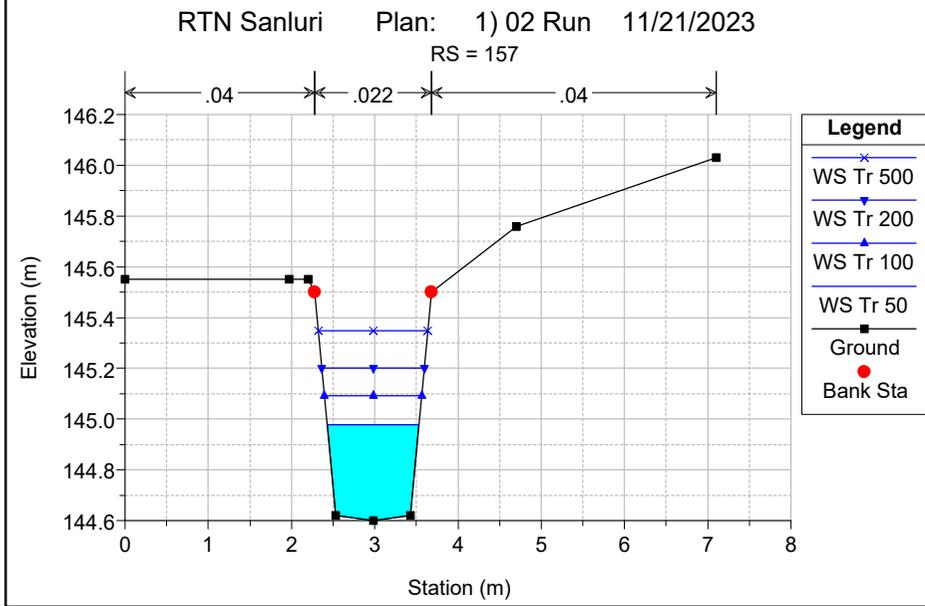
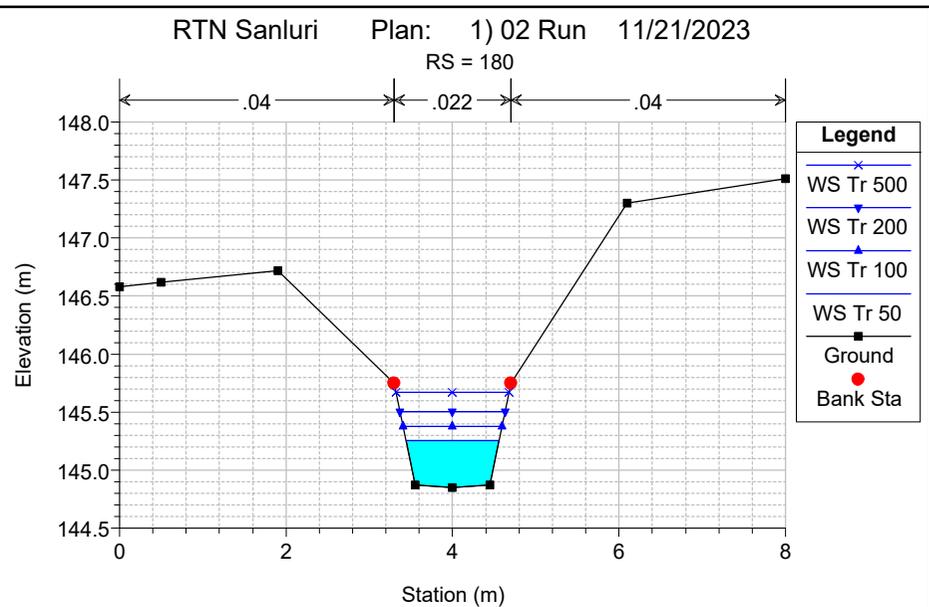
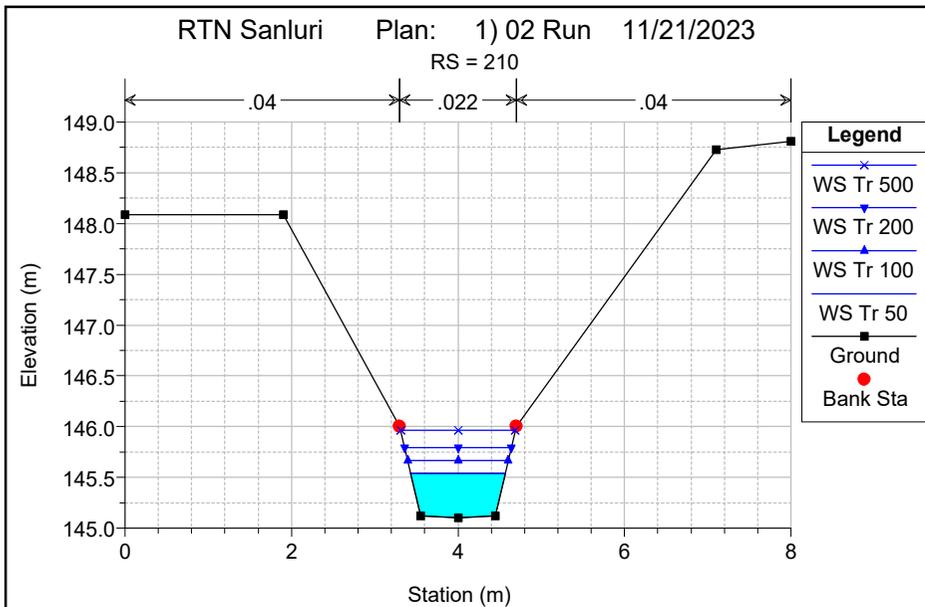
Agosto 2004

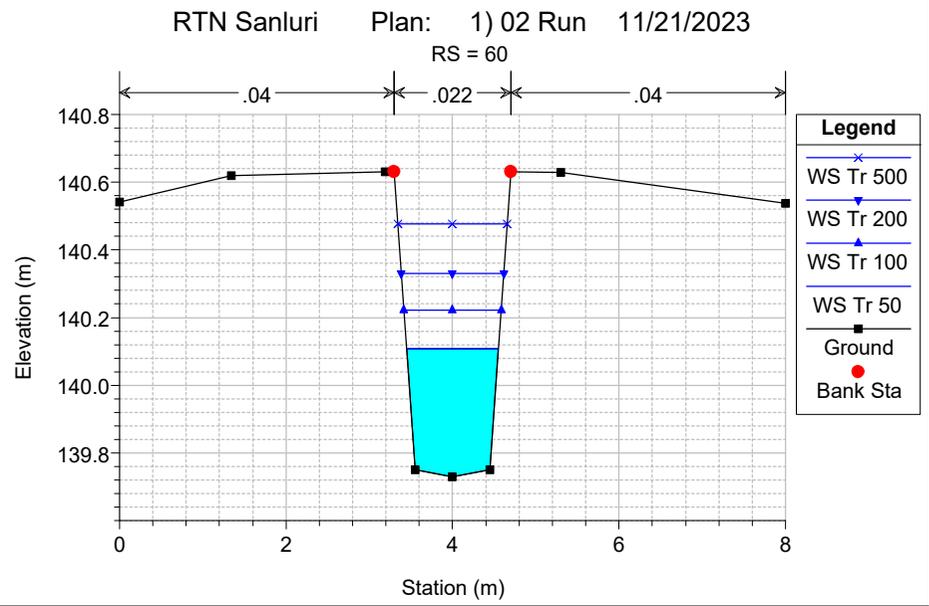
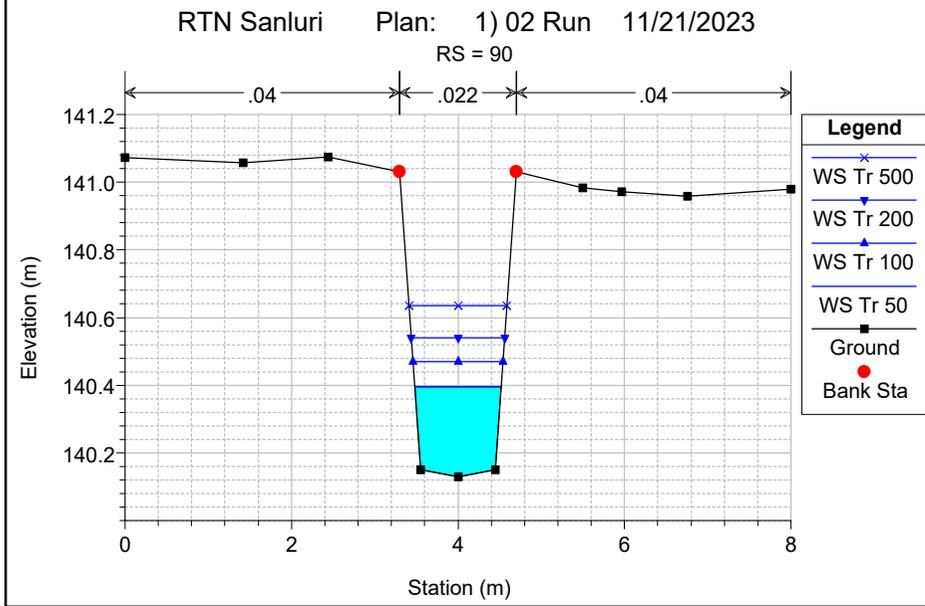
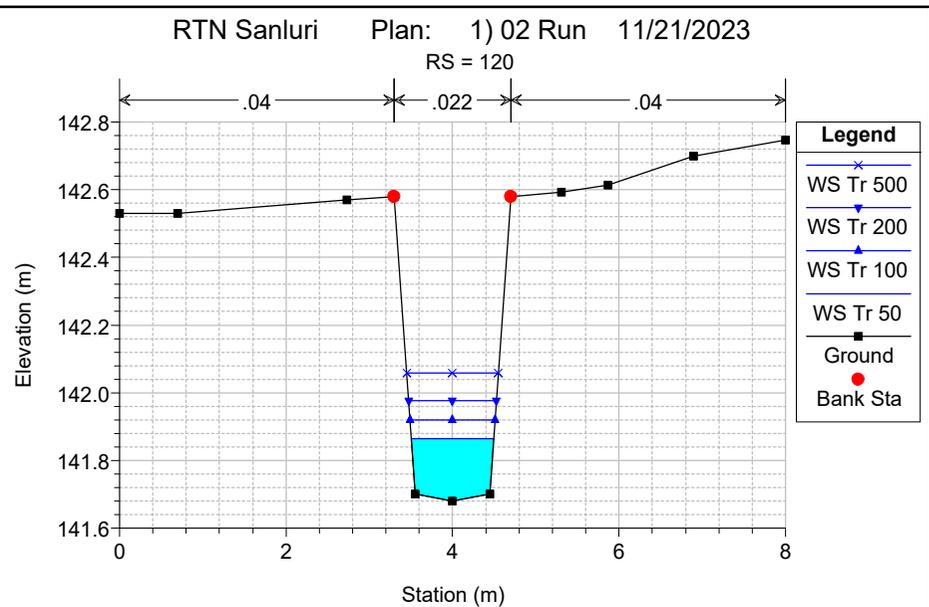
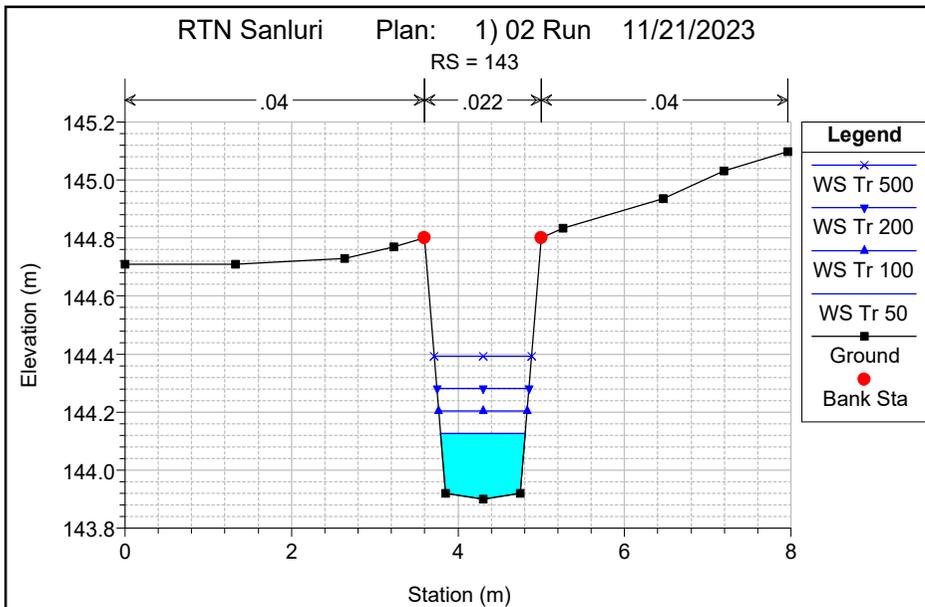
## APPENDICE C

### *Sezioni Idrauliche*



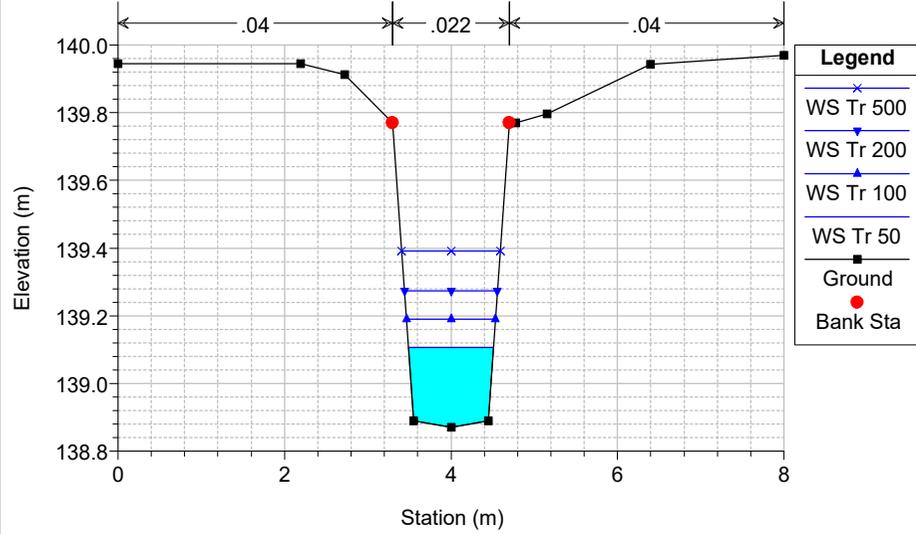






RTN Sanluri Plan: 1) 02 Run 11/21/2023

RS = 30



RTN Sanluri Plan: 1) 02 Run 11/21/2023

RS = 3

