



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
Assessorato dei lavori pubblici



Ente acque della Sardegna
- C a g l i a r i -

Finanziamento interventi di riqualificazione e adeguamento delle opere del Sistema Idrico Multisetoriale Regionale (S.I.M.R.) trasferite alla Regione Sardegna da ENEL Produzione S.p.a. e interventi per il potenziamento e la realizzazione di Minicentrali idroelettriche. Attuazione D.G.R. N.38/27 del 26.09.2019.

FASE 1", "INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICA TIRSO 1 E TIRSO 2 E DELL'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO BENZONE

"LOTTO 3A"

Adeguamento stallo Alta Tensione 70 KV

PROGETTO ESECUTIVO

Allegati :

**Relazione Tecnica Specialistica Impianti AT
Calcoli Esecutivi**

Allegato:

A2

scala:

PROGETTO REDATTO DAI SERVIZI TECNICI DELL'ENTE

I Progettisti

Per.Ind. Marco Lussu

Per.Ind. Andrea Tronci
ANDREA TRONCI
10.08.2026
17:06:13
GMT+02:00



Coordinatore della Sicurezza (CSP)

Dott. Ing. Fabiano Porcu
FABIANO PORCU
10.08.2026 17:28:46
GMT+02:00



Responsabile Unico del Procedimento

Dott. Ing. Marco Cordeddu



MARCO
CORDEDDU
10.08.2026
18:09:41
GMT+02:00

Collaborazioni tecniche

Geom. Fabienna Usai
Per.Ind. Alexandro Tuveri
Per.Ind. Romano Frau

Direttore del servizio SEGR

Dott. Ing. Alberto Triverio

Il Direttore Generale
Dott. Ing. Giuliano Patteri

Agosto 2026

Regione Autonoma della Sardegna
Ente Acque della Sardegna
Cagliari

PROGETTO ESECUTIVO

Finanziamento interventi di riqualificazione e adeguamento delle opere del Sistema Idrico Multisetoriale Regionale (S.I.M.R.) trasferite alla Regione **Sardegna** da ENEL Produzione S.p.a. e interventi per il potenziamento e la realizzazione di Minicentrali idroelettriche.

Attuazione D.G.R. N.38/27 del 26/09/2019

FASE 1 - Interventi di manutenzione straordinaria degli impianti di produzione di energia idroelettrica Tirso 1 e Tirso 2 e dell'impianto di sollevamento Benzone

LOTTO 3a
Adeguamento stallo Alta Tensione 70 kV

RELAZIONE TECNICA IMPIANTI AT (Lotto3a)

PREMESSA

1.1 Inquadramento dell'opera da realizzare

Il progetto in esame si configura nell'ambito dell'adeguamento degli impianti di produzione di energia idroelettrica Tirso 1 e Tirso 2 e dell'impianto di sollevamento Benzone. In particolare il presente progetto riguarda il sollevamento di Benzone nel comune di Olzai.

L'opera di cui trattasi, è stata trasferita alla Regione Autonoma della Sardegna da parte di ENEL Produzione in forza dell'atto di Trasferimento in esecuzione di accordo transattivo del 15 febbraio 2019, repertorio n.26117, raccolta n.10848, del notaio Stefano Casti. Con lo stesso atto l'ENAS è stata immessa nel possesso dell'opera, per conto della RAS, in quanto gestore delle infrastrutture ed impianti delle opere del sistema idrico multisetoriale

L'impianto di sollevamento di Benzone in seguito alla vetustà e stato manutentivo dell'opera e alle modificate esigenze di trasferimento della risorsa necessita di interventi di manutenzione straordinaria, che comportano una serie di interventi specifici di seguito riepilogati in particolare dal punto di vista elettrico:

Si prevede la sostituzione integrale delle principali apparecchiature che compongono lo stallo in alta tensione esistente.

1.2 Inquadramento dell'area oggetto delle attività

L'area presa in considerazione nel presente progetto ricade nel territorio del comune di Olzai, la centrale di sollevamento viene alimentata dal lago Benzone attraverso un canale adduttore, per quanto riguarda la fornitura dell'energia elettrica, attualmente viene alimentata dall'impianto a 150 kV di proprietà Enel Green Power tramite la Cabina Primaria del Taloro 2, con un collegamento a singola sbarra isolato in aria, con autotrasformatore 150/70 KV protetto sul lato primario e un collegamento a 70kV di proprietà di Terna avente lunghezza pari a circa 2.329 km, costituito da una linea aerea realizzata con una terna di conduttori in alluminio-acciaio aventi ciascuno una sezione pari a 148 mm².

La fornitura in AT nello specifico viene classificata; "sistema di III Cat." livello di tensione 70 kV, sistema IT "neutro isolato", Al fine di garantire il corretto funzionamento dei dispositivi di sezionamento e protezione sul lato primario si rende necessario la sostituzione delle principali apparecchiature:

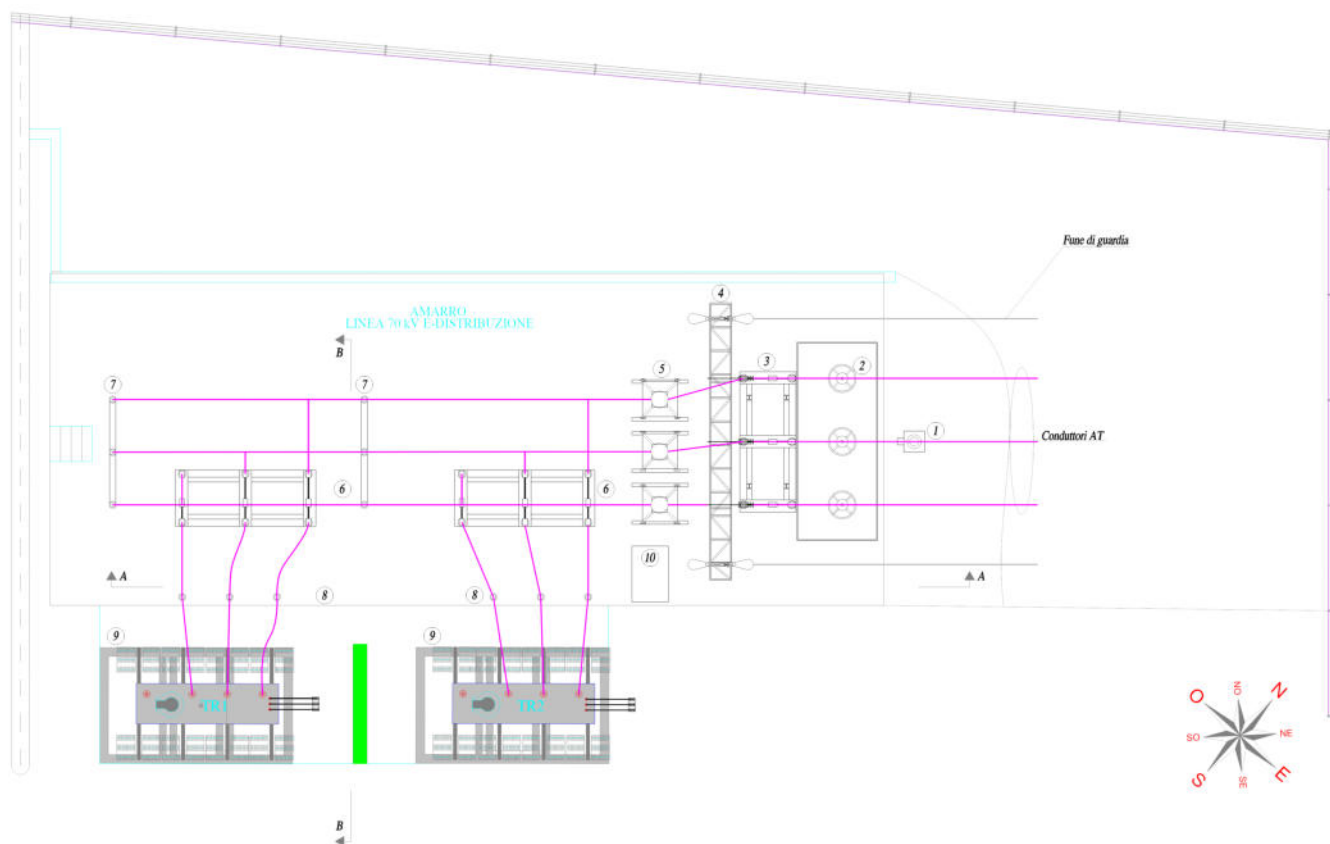
Coordinate Geografiche Sito:

Latitudine nord: 40° 7'59.36"

Longitudine est: 9° 1'35.93"

[illegible]

PLANIMETRIA STATO DI FATTO

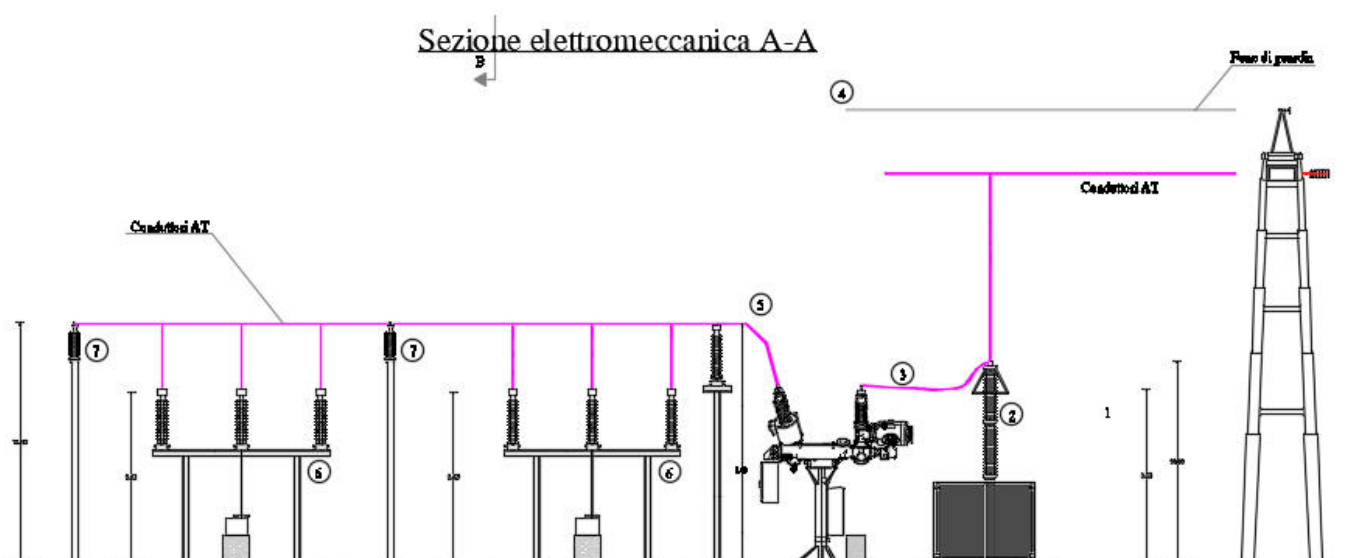


Planimetria generale degli elementi Tecnici stallo RTN utente passivo 70KV

Linea elettrica AT 70 kV lunghezza 2329 m
Conduttore a corda di alluminio-acciaio 140 mm²

Legenda	
1	TV capacitivo
2	Scaricatori
3	Sezionatore di linea + sezionatore di terra
4	Asse linea AT
5	Interruttore
6	Sezionatore di linea
7	Sostegno tripolare
8	Sostegno unipolare
9	Trasformatore AT/MT 70/6 kV
10	Compressore

PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO



Planimetria generale degli elementi Tecnici stallo RTN utente passivo 70KV

Legenda	
1	Cavalletta amaro cavi linea 72,5 kv
2	SCARICATORI DI SOVRATENSIONE
3	MODULO MULTIFUNZIONE
4	NUOVO ELEMENTO DI SOSTEGNO
5	Sezionatore AT esistente
6	Elemento di sostegno esistente
7	Sezionatore AT esistente
8	Elemento di sostegno esistente

1.1 Oggetto e scopo

Lo scopo del presente documento è definire dal punto di vista elettrico e tecnologico il dimensionamento delle nuove apparecchiature da sostituire/utilizzare per l'ammodernamento dello stallo AT a 70 KV.

In generale, al fine di mantenere la stessa composizione modulare degli elementi elettromeccanici presenti mantenendo inalterato la dimensione e le distanze di sicurezza di ogni singolo componente escludendo a priori un'ulteriore attività legata alle opere civili, si

conferma lo stallo aereo su unica semisbarra, mantenendo il portale di ammarro linea che sostiene l'ultima campata dei conduttori della linea aerea in alluminio-acciaio aventi ciascuno una sezione pari a 148 mm² diramata dalla semisbarra del Taloro 2.

Gli interventi/attività principali riguardano:

- Lo smontaggio, rimozione e smaltimento della bobina di sbarramento.
- Lo smontaggio, rimozione e smaltimento TV capacitivi
- Lo smontaggio, rimozione e smaltimento dell'interruttore Magrini da 1250 A
- Lo smontaggio, rimozione e smaltimento del sezionatore di linea 70 KV
- Lo smontaggio, rimozione e smaltimento scaricatori AT ossido metallico.
- Nuova installazione terna di scaricatori AT in gomma siliconica, tensione nominale 72,5 KV, tensione residua 8/20 nSec; 20KA 142 KV; 30/60 nsec 2 KA 112 KV; IEC 3; contatore di scarica incluso.
- Nuova installazione TV AT induttivi con tre secondari avvolti "modulo multifunzione"
- Nuova installazione TA AT montante di linea trasformatori di corrente misura e protezione "modulo multifunzione" con tre avvolgimenti secondari avvolti misura e protezione.
- Nuova Installazione modulo multifunzione combinato interruttore con sezionatore di linea e terra 2500A 50Hz; 72,5 KV; 31,5 KA
- Installazione nuovo elemento meccanico, sostegno portante linea aerea 72,5 KV a valle del nuovo interruttore, in acciaio zincato con tre isolatori polimerici.
- Nuova installazione quadro a pavimento ausiliari/relè di protezioni AT/MT trafo A e B
- Ripristino circuiti ausiliari 110 VDC Trafo A/B "alimentazione e segnalazione"
- Sostituzione cassetta in acciaio inox circuiti ausiliari protezioni trafo A/B 6,5 MVA
- Ripristino circuiti ausiliari 110 VDC sezionatori AT trafo A/B "alimentazione e segnalazione"
- Nuova installazione RTU omologata terna "utente passivo" segnalazione/telecomando

Le attività prevedono l'utilizzo di nuove apparecchiature progettate e compatibili sia dal punto di vista tecnico che architettonico con quelle attualmente installate.

L'impianto sarà realizzato a regola d'arte, come prescritto dalla Legge n.186 del 1° Marzo 1968 e ribadito dal DM 37/08. Per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro,

sarà naturalmente rispettato quanto prescritto dal Testo unico sulla Sicurezza Dlgs 81/08.

Le caratteristiche dell'impianto, nonché di tutte le componenti l'impianto, saranno in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare saranno conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali;
- alle prescrizioni ed indicazioni del Gestore di Rete;
- Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano)
- Norme EN/IEC
- Prescrizioni ISPEL
- DM 14/1/2008
- Codice di Rete Terna
- DMI 15/07/2014

1.2 Criteri adottati per le scelte progettuali

I criteri con cui è stata realizzata la progettazione definitiva dell'impianto in AT sono:

- soddisfazione di massima dei requisiti di base richiesti dalla tipologia dell'intervento;
- rispetto delle Leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione dell'impianto progettato;
- ottimizzazione del rapporto costi/benefici ed impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- soluzioni di progettazione del sistema compatibili con le esigenze di tutela architettoniche o ambientali mantenendo inalterato la tipologia di stallo esistente

1.3 Caratteristiche principali della stazione AT

- Principali dati del lay-out impiantistico della stazione RTN:
- distanza tra le fasi per le sbarre, le apparecchiature ed i conduttori: 2,00 m
- larghezza degli stalli: 5,50 m
- altezza dei conduttori di stallo: 9,50 m
- quota asse sbarre: 4,50 m
- Grandezze Nominali
- Tensione Nominale: 70 kV
- Tensione massima: 130 kV
- Livello di isolamento a i.a.: 650 kV (Vs massa)
- Tensione di tenuta a f.i. 275 kV (Vs massa)
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Corrente nominale modulo linea e macchina: 1250 A
- Corrente nominale modulo sbarre: 2500 A
- Tensione nominale circuiti voltmetrici: 100 V
- Corrente nominale circuiti amperometrici: 5 A
- Tensione di alimentazione ausiliaria in c.c.: 110 V
- Tensione di alimentazione ausiliaria in c.a.: 230/400 V
- Classificazione sismica Ag/g 0,05 – Zona 4
- Zona climatica secondo CEI 11-60 (A)

Le caratteristiche principali dei due trasformatori di potenza AT esistenti sono le seguenti:

- Italtrafo
- Tipo di servizio continuo
- Temperatura ambiente 40°C
- Classe di isolamento A
- Metodo di raffreddamento ONAN
- Tipo d'olio minerale Nynas Nytro 10XN
- Potenza nominale: 6,5 MVA

- Tensioni nominali (a vuoto): AT 70 kV MT 6kV
- Regolazione sotto carico su AT: $\pm 10 \times 1.22\%$
- Collegamento fasi:
 - avvolgimento AT: stella
 - avvolgimento MT: triangolo
- Gruppo di collegamento YNd11
- Tensione nominale primaria AT 70 KV
- Tensione nominale secondaria MT 6 KV
- Corrente nominale primaria AT 55,53 A
- Corrente nominale secondaria MT 615 A
- Sovratemperature ammesse: olio avvolgimenti 60/65°C

1.4 Caratteristiche principali protezioni AT

Il nuovo dispositivo relè di protezione di massima corrente tripolare, a tempo indipendente a due soglie di intervento; agisce sia sugli interruttori lato AT che lato MT del trasformatore. Questa protezione ha la funzione di eliminare i guasti monofasi e polifasi lato AT e di proteggere il trasformatore AT/MT dalla sovracorrente che lo attraversa in caso di guasto polifase sulle sbarre MT.

1.5 Caratteristiche principali protezioni MT

Relè di protezione "esistente" di massima corrente a tempo indipendente a 2 soglie di intervento (con possibile abilitazione di autorichiusa per le soglie 59Vo, 51.1MT e 51.2MT); essa determina l'apertura dell'interruttore lato MT del trasformatore. Questa protezione ha la funzione di proteggere il trasformatore AT/MT da possibili sovraccarichi di corrente e costituisce una riserva alle protezioni di linea MT.

La taratura è la seguente:

— 1° soglia: $I = (1,2 - 1,4)I^2t$ (in funzione della sovraccaricabilità del TR) $t = 1,5s$ dove:

I^2t : corrente nominale dell'avvolgimento secondario del trasformatore.

— 2° soglia: $I_{regolazione} = 0,1 \div 15 n$ $t_{regolazione} = 0,05 \div 10 s$

Quando si verificano le condizioni di intervento viene emesso il comando di apertura dell'interruttore lato MT. La protezione contro i guasti monofasi è assicurata da una protezione a massima tensione omopolare che agisce sugli interruttori lato AT e lato MT del trasformatore, correnti ottenibili (lato MT) in caso di guasto sulla MT, la seconda con valore di soglia più basso ma con ritardo sufficiente a permettere l'intervento delle protezioni contro i corto circuiti sulla semisbarra MT stessa. Queste funzioni sono implementate nella seconda e terza soglia della protezione di massima corrente (bipolare) sul montante delle linee MT.

1.6 Funzioni di protezione AT/MT

In linea di principio il sistema di protezione dovrà prevedere per il montante AT, le seguenti funzioni di protezione:

- 50/51T massima corrente trasformatore AT
- 59V0 massima tensione residua (attiva solo con sistema a neutro isolato MT)
- 59 massima tensione AT
- 27 minima tensione AT
- 87T differenziale trasformatore
- 81 minima e massima frequenza di rete
- 79/59 richiusura automatica dell'interruttore AT
- 97TR buchholz trasformatore AT/MT
- 26TR temperatura olio trasformatore AT/MT
- 99TR livello olio trasformatore AT/MT

- Il sistema di protezione dovrà essere in grado di realizzare:
- 2 livelli di intervento per ogni singola funzione protettiva secondo un piano di taratura che sarà definito secondo le indicazioni del Gestore della rete elettrica cui la stazione è connessa.
- Attuare i comandi conseguenti;
- Elaborare logiche particolari quali la richiusura dell'interruttore AT al ripristinarsi della corretta tensione di rete;
- Restituire le misure elettriche previste, tensione, corrente, Potenza Apparente, Potenza Attiva, potenza Reattiva;
- Fornire segnalazioni di diagnostica interna.

1.7 Taratura dispositivi di protezione AT proporzionamento MT

Caratteristiche del trasformatore:

Frequenza nominale: 50Hz

Sn: 6,5 MVA

V1n: 70KV +/- 10x2,2%

V2n: 6KV

I1n: 55,33 A

I2n: 615,2 A

Gruppo vettoriale: YN/d11

Vcc: 6,2 %

Per la verifica dei parametri di taratura del relè di protezione lato AT e proporzionamento su lato MT, si prende come riferimento il dato della Icc c.to c.to monofase a terra sulla semisbarra "Centrale del Taloro2" 7,770 KA Vn 150 KV.

Si determina il valore della reattanza di rete AT (XrAT):

$$X_{rAT} = 150 \cdot 10^3 / \sqrt{3} \cdot 7770 = 11,14 \, \Omega$$

$$X_r(70KV)=X_{rAT}*(V_{nMT})^2/(V_{nAT})^2=11,14*(70)^2/(150)^2=2,42 \Omega$$

Con il contributo della linea aerea:

L=2329 mt corda alluminio/acciaio 148 mmq diametro esterno D=15,85 mm, distanza tra conduttori d=1800mm

Per il calcolo dell'induttanza di servizio unitaria;

$$l_s=(0,406*\log 2D/d+Kl)*10^{-3}=(0,406*\log 2*1,8*10^3/15,85)*10^{-3}$$

La reattanza chilometrica per $\omega=314$ (50Hz)

$$Xl=\omega*l_s=(314*1,039)*10^{-3}=0,32 \Omega/Km$$

$$Rl=0,2261 \Omega/Km$$

Riportato sul lato MT 6 KV;

$$X_r(6KV)=X_{rAT}*(V_{nMT})^2/(V_{nAT})^2=2,42*(6)^2/(70)^2=0,017 \Omega$$

Con il contributo del trafo da 6,5 MVA Vcc 6,2 %

$$X_{TR}=(V_{cc}/100)*(V_{nMT}^2/A_n)=(6,2/100)*(6,0^2/6,5)=0,35 \Omega$$

$$X_{TOT}=Xl(rete)+Xl(linea)+Xl(trafo)=0,017+0,74+0,35=1,10 \Omega$$

$$I_{CCMT}=V_n/X_{rToT}*\sqrt{3}=6000/1,10*\sqrt{3}=3200 A$$

Riportato sul lato AT (70 kV):

$$I_{CCAT}=I_{cc MT}/K=3200/11,6=\mathbf{276 A}$$

Per la taratura dei dispositivi di max corrente lato AT(70 kV):

$$I_{1n}=53 A ; I_{cc} \mathbf{276 A}$$

Si adotta il valore minore di "3,5*I_{1n} e 0,45*I_{cc AT}";

$$3,5*53=185 A ; 0,45*276=\mathbf{124 A}$$

$$51.S1; 124 A; t 0,8 sec$$

$$51.S2; 1,3*I_{cc}=1,3*276=\mathbf{358 A} ; t=0 sec$$

Per la taratura dei dispositivi di max corrente proporzionamento lato MT:

$$51.S1= 500 A; t=0,20 sec$$

$$51.S2= 1200 A; t=0,25 sec$$

$$51.S3= 2500 A; t=0 sec$$