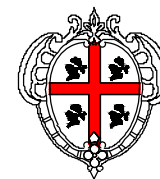




**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA**  
**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

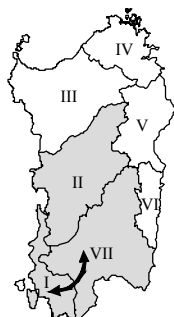
Assessoradu de sos traballos pùblicos  
Assessorato dei lavori pubblici



**Ente acque della Sardegna**

**INTERCONNESSIONE DEI SISTEMI IDRICI**  
**COLLEGAMENTO TIRSO-FLUMENDOSA 4° LOTTO**  
**COLLEGAMENTO SULCIS - IGLESIENTE**

(Delibera Giunta Regionale n. 44/23 del 07.11.2014 - Convenzione RAS-ENAS del 22.12.2014)



**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA - ECONOMICA**  
integrato con gli elaborati necessari al fine dell'ottenimento del PUA

**LINEA DI INTERVENTO "A" E "C"**

**PIANO DELLE INDAGINI**

Allegato:

**PF.1.10**

scala:

Redatto da

Mandataria:



**Ing. Alberto Galli**

Resp. Integrazione Prestazioni Specialistiche  
SGI Studio Galli Ingegneria S.r.l.

Mandanti:



**MCE**

**The Milan Company Srl**



Ente acque della Sardegna

**Dott. Andrea Soriga**  
Criteria S.r.l.

**Ing. Federico Repposi**  
MCE-The Milan Company S.r.l.

**Il Responsabile Unico del Procedimento**  
Ing. Dina Cadoni



**Ing. Domenico Castelli**  
STECI S.r.l.

**Ing. Umberto Pautasso**  
Sardegna Ingegneria S.c.a.r.l.

REVISIONE	MODIFICA	DATA	TECNICO	CONTROLLO
REV. 00	PRIMA EMISSIONE	Gennaio 2020	E.F. - M.D.	A.S.

# SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	INDAGINI DI CARATTERE AMBIENTALE.....	2
3	<b>INDAGINI DI CARATTERE IDROGEOLOGICO E GEOGNOSTICO LUNGO LE CONDOTTE .....</b>	<b>2</b>
4	INDAGINI DI CARATTERE GEOGNOSTICO E GEOTECNICO IN CORRISPONDENZA DELLE OPERE PUNTUALI.....	3
5	STIMA DEI COSTI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE .....	5
	ALLEGATO – PLANIMETRI DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE.....	7

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta il piano delle indagini necessarie per le future fasi progettuali, suddiviso per i vari aspetti progettuali.

## 2 INDAGINI DI CARATTERE AMBIENTALE

### **Indagini sulle componenti ambientali previste nell'ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale (SI.1.6) allegato allo Studio di Impatto ambientale (SI.1.n):**

Componenti ambientali considerate geomorfologia e pedologia; Flora e vegetazione, habitat di interesse comunitario avifauna, chirotteri, Trota sarda, altre serie faunistiche interne alle aree tutelate, qualità delle acque superficiali, emissioni sonore, polveri.

Per le specifiche relative alle indagini previste, si rinvia al Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA – allegato SI.1.6)

### **Indagini relative alla caratterizzazione delle Terre e Rocce da Scavo**

Per le specifiche relative alle indagini previste, si rinvia al “Piano Preliminare di Utilizzo in Sito delle Terre e Rocce da Scavo Escluse dalla Disciplina dei Rifiuti” (allegato SI.3.n)

## 3 INDAGINI DI CARATTERE IDROGEOLOGICO E GEOGNOSTICO LUNGO LE CONDOTTE

Lungo il tracciato delle condotte saranno eseguite indagini finalizzate ad accertare le differenti formazioni litologiche interessanti l'opera. In tal senso il piano d'indagine servirà anche alla conoscenza diretta dei parametri necessari alla progettazione esecutiva delle opere provvisorie per assicurare la stabilità degli scavi e la soggiacenza della falda idrica.

Si prevedono in tal senso le seguenti tipologie di sondaggi ed indagini debitamente localizzate negli stralci planimetrici allegati al fondo del presente fascicolo:

<p>Sondaggio di tipo A (attraversamenti corpi idrici). Saranno eseguiti in corrispondenza dei principali attraversamenti idrici. Complessivamente sono previsti N° 20 indagini di tipo A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carotaggio continuo profondità di metri 5</li> <li>• N° 1 piezometro di monitoraggio quota falda</li> <li>• N° 1 prova di laboratorio su campioni di roccia relativamente a:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– prova di compressione uniassiale</li> <li>– peso di volume specifico ed apparente</li> <li>– prova di taglio</li> <li>– prova di deformazione assiale</li> <li>– prova di deformazione diametrale</li> <li>– modulo elastico</li> <li>– coefficiente di Poisson</li> </ul> </li> </ul>
<p>Definizione della potenza delle alluvioni (da effettuarsi in corrispondenza dei sondaggi di tipo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profilo geosismico con apparecchiatura multicanale a segnale incrementale con</li> </ul>

A). La stesa geosismica interesserà oltre alla sezione dell'alveo tutto l'ambito golenale per almeno 50 metri oltre le sponde. Sono previsti circa 2.000 metri di stese sismiche	estensione tale da coinvolgere una profondità di suolo di almeno 5 metri rispetto al piano campagna.
Sondaggio di tipo B (stabilità degli scavi). Sono previsti in corrispondenza dei cambi di pendio significativi laddove non siano sufficienti i sondaggi di tipo A, possibilmente in corrispondenza della viabilità secondaria esistente. Complessivamente sono previsti N° 13 indagini di tipo B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carotaggio continuo profondità di metri 5</li> <li>• N° 1 prova di laboratorio su campioni di roccia relativamente a:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>– prova di compressione uniassiale</li> <li>– peso di volume specifico ed apparente</li> <li>– prova di taglio</li> <li>– modulo elastico</li> <li>– coefficiente di Poisson</li> </ul> </li> </ul>
Profilo di resistività elettrica (dimensionamento protezione catodica). Sono previste misure di induttività elettrica a passo non superiore di 300 metri sull'intero tracciato della condotta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• misure di caduta tensionale e di resistività elettrica del suolo</li> </ul>

#### 4 INDAGINI DI CARATTERE GEOGNOSTICO E GEOTECNICO IN CORRISPONDENZA DELLE OPERE PUNTUALI

Le indagini geognostiche e geotecniche che dovranno essere eseguite in corrispondenza delle aree oggetto di intervento puntuale quali gli edifici in generale e di sollevamento in particolare, le vasche di compenso, e comunque tutte quelle opere il cui apparato fondazionale coinvolge valenze di tipo geotecnico-strutturale sono riassunte nel presente capitolo sia per quanto concerne gli aspetti tecnici sia per quanto concerne gli aspetti economici.

La caratterizzazione geotecnica e la modellazione del terreno di fondazione delle opere in progetto verranno, quindi, sviluppate in maniera dettagliata nell'ambito della successiva fase di progettazione esecutiva, in relazione agli esiti delle indagini e dei sondaggi preliminarmente definiti nel presente piano di indagini, in conformità a quanto previsto dal *paragrafo 6.2.2* delle N.T.C..

Si evidenzia che l'intensità attesa dell'azione sismica nell'area oggetto di intervento è di ordine molto basso (zona sismica 4) pertanto, in presenza di queste circostanze, potrà essere omessa la verifica alla liquefazione dei terreni ai sensi del *paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018*.

Le indagini geotecniche sono state programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, e dovranno riguardare il volume significativo di terreno, ovvero della parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione delle opere e che influenza le fondazioni delle opere medesime.

Le indagini dovranno permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

Sono, inoltre, previste specifiche prove di laboratorio, in particolare sulle rocce ai fini della caratterizzazione degli ammassi rocciosi. Tali prove dovranno essere eseguite e certificate dai laboratori di prova di cui all'art. 59 del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e s.m.i., facenti parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ai fini della caratterizzazione geotecnica e geosismica dei terreni interessati dalle opere di fondazione delle opere principali ed aventi maggior rilevanza ai fini geotecnici e strutturali, sono previsti i seguenti sondaggi ed indagini da eseguirsi in corrispondenza dell'impronta del manufatto in progetto come indicato negli stralci planimetrici allegati al fondo del presente fascicolo:

1	Stazione di sollevamento di Cixerri:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 prove SCPT</li> <li>• 2 prove HVSR</li> <li>• Profilo geosismico.</li> </ul>
2	Vasca di carico e compenso idraulico di Medeau Zirimillis:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 prove SCPT</li> <li>• 2 prove HVSR</li> <li>• Profilo geosismico.</li> </ul>
3	Stazione di sollevamento di Medeau Zirimillis:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 prove SCPT</li> <li>• 2 prove HVSR</li> <li>• Profilo geosismico.</li> </ul>
4	Vasca di carico e compenso idraulico di Campanasissa:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 prove SCPT</li> <li>• 2 prove HVSR</li> <li>• Profilo geosismico.</li> </ul>
5	Opere di restituzione al lago di Bau Pressiu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 prove SCPT</li> <li>• 2 prove HVSR</li> <li>• Profilo geosismico.</li> </ul>
6	Torre di presa e immissione in corrispondenza dell'invaso Bau Pressiu, con galleria per la posa delle condotte da realizzarsi in microtunneling:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 carotaggi continui</li> <li>• 5 prove di permeabilità</li> <li>• 5 piezometri</li> <li>• 4 prove SCPT</li> <li>• 3 prove HVSR</li> <li>• 15 prove di laboratorio su campioni di roccia relativamente a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– prova di compressione uniassiale</li> <li>– peso di volume specifico ed apparente</li> <li>– prova di taglio</li> <li>– prova di deformazione assiale</li> <li>– prova di deformazione diametrale</li> <li>– modulo elastico</li> <li>– coefficiente di Poisson</li> </ul> </li> <li>• Profilo geosismico:</li> </ul>
7	Edificio di sollevamento e turbinaggio di Monte Pranu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 prove SCPT</li> <li>• 2 prove HVSR</li> <li>• Profilo geosismico.</li> </ul>

La stesa geofonica per la rilevazione del profilo geosismico in corrispondenza di ciascun manufatto sarà realizzata diagonalmente al manufatto da rilevare con apparecchiatura multicanale a segnale incrementale ed avrà estensione tale da coinvolgere una profondità di suolo inferiore di almeno 5 metri rispetto al piano della fondazione.

**5 STIMA DEI COSTI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE**

PIANO INDAGINI GEOTECNICHE OPERE PUNTUALI					
N.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	P.U. [€]	COSTO [€]
<b>1</b>	<b>Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo e conservazione cassette e prove di permeabilità in foro</b>				
	Esecuzione di n. 5 sondaggi a carotaggio continuo per un totale di circa 150 metri. L'attività comprenderà il campionamento in continuo con il prelievo e la conservazione delle cassette. In corso di avanzamento della perforazione saranno eseguite prove di permeabilità di tipo Lugeon. Sono inclusi gli oneri di installazione del cantiere, di approvvigionamento di acqua necessaria alle trivellazioni ed occorrenti per il trasporto dell'attrezzatura in sito. L'attività comprenderà, inoltre, la predisposizione per l'installazione di n. 5 piezometri a tubo aperto in PVC in corrispondenza dell'opera di presa e immissione dell'invaso Bau Pressiu.	a corpo	1,00	€ 20.000,00	€ 20.000,00
<b>2</b>	<b>Installazione di piezometri</b>				
	Installazione di piezometri a tubo aperto in PVC microfessurato, in fori già predisposti, in corrispondenza dell'opera di presa e immissione dell'invaso Bau Pressiu, compresa la fornitura del materiale occorrente, la formazione del tappo di fondo, la collocazione del tubo metallico od in materiale plastico, la costituzione del filtro drenante e l'ulteriore tappo impermeabile di chiusura laterale.	a corpo	1,00	€ 4.250,00	€ 4.250,00
<b>3</b>	<b>Prospezione sismica a rifrazione</b>				
	Profilo sismico a rifrazione eseguito con apparecchiatura elettronica multicanale ad alta precisione ed a segnale incrementale, comprensivo dell'approntamento, trasporto in andata e ritorno ed installazione della attrezzatura in ciascun punto di sondaggio, stesa dei cavi, energizzazione con massa battente o fucile a cartuccia industriale, lettura dei primi arrivi, esecuzione delle dromocrone, diretta ed inversa delle onde longitudinali, interpretazione dei dati comprendente la individuazione dei tratti corrispondenti a diversi rifrattori, il calcolo delle velocità apparenti, la definizione dei diversi strati in spessori e velocità, la costruzione delle relative sismosezioni e relazione riepilogativa ASTM D5777-00 (2006) o equivalenti. Stendimenti per un totale di circa 600 metri. L'attività è comprensiva di interpretazione tomografica dei dati di sismica a rifrazione compreso "editing" dei "files input", correzione topografica; "starting" del processo d'inversione tomografica a rifrazione e restituzione grafica.	a corpo	1,00	€ 7.000,00	€ 7.000,00
<b>4</b>	<b>Misure per la definizione dell'azione sismica e dei fattori di amplificazione stratigrafica</b>				
	Misure geofisiche con tecnica HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) a stazione singola finalizzate alla misura della frequenza di risonanza fondamentale del sottosuolo, alla stima del $V_{s30}$ tramite fit vincolato ed alla valutazione della categoria stratigrafica del sottosuolo secondo le NTC-2018 di cui al D.M. 17.01.2018.	cad	15,00	€ 250,00	€ 3.750,00
<b>5</b>	<b>Prove penetrometriche dinamiche</b>				
	Tests penetrometrici dinamici SCPT con attrezzatura DPSH sino a profondità adeguata, od a rifiuto alla penetrazione, eseguiti conformemente all'Eurocodice 7, alle Raccomandazioni tecniche A.G.I. e ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing e alla norma ASTM D3441-86 o equivalenti.	cad	30,00	€ 300,00	€ 9.000,00
<b>6</b>	<b>Prove geomeccaniche di laboratorio su campioni prelevati dai carotaggi di materiale lapideo (roccia)</b>				
	Prove geomeccaniche presso laboratorio autorizzato ai sensi di Legge (D.P.R. 380/2001 e N.T.C. 2018) consistenti nella seguente attività: - apertura di campione rimaneggiato, compresa la descrizione visiva e la misura con calibro centesimale; - prova di compressione uniaassiale su provino cilindrico con determinazione del carico di rottura, compreso il taglio e la rettifica dei provini, anche mediante ricarotaggio, il rilievo dimensionale e la determinazione del peso di volume apparente; - determinazione delle deformazioni assiale e diametrale durante la prova di compressione uniaassiale, rappresentazione delle curve sforzi-deformazioni e calcolo del modulo elastico e del coefficiente di Poisson.	cad	15,00	€ 400,00	€ 6.000,00
<b>TOTALE INDAGINI E SONDAGGI</b>					<b>€ 50.000,00</b>

PIANO INDAGINI GEOTECNICHE RELATIVE AL TRACCIATO DELLA CONDOTTA					
N.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	P.U. [€]	COSTO [€]
<b>1</b>	<b>Sondaggi tipo A</b>				
	Esecuzione di sondaggio a carotaggio continuo fino a 5 metri di profondità. L'attività comprenderà il campionamento in continuo con il prelievo e la conservazione delle cassette. Sono inclusi gli oneri di installazione del cantiere, di approvvigionamento di acqua necessaria alle trivellazioni ed occorrenti per il trasporto dell'attrezzatura in sito. L'attività comprenderà, inoltre, la predisposizione per l'installazione di n. 1 piezometro a tubo aperto in PVC.	a corpo	20,00	€ 950,00	€ 19.000,00
	Installazione di piezometri a tubo aperto in PVC microfessurato, in fori già predisposti, in corrispondenza dell'opera di presa e immissione dell'invaso Bau Pressiu, compresa la fornitura del materiale occorrente, la formazione del tappo di fondo, la collocazione del tubo metallico od in materiale plastico, la costituzione del filtro drenante e l'ulteriore tappo impermeabile di chiusura laterale.	a corpo	20,00	€ 90,00	€ 1.800,00
	Esecuzione di prove di laboratorio su campioni di roccia prelevati consistenti in: peso di volume specifico, peso di volume apparente, prova di compressione uniaassiale, prova di taglio, prova di deformazione assiale, prova di deformazione diametrale, modulo elastico, modulo di Poisson	a corpo	20,00	€ 250,00	€ 5.000,00
<b>2</b>	<b>Prospezione sismica a rifrazione</b>				
	Profilo sismico a rifrazione eseguito con apparecchiatura elettronica multicanale ad alta precisione ed a segnale incrementale, comprensivo dell'approntamento, trasporto in andata e ritorno ed installazione della attrezzatura in ciascun punto di sondaggio, stesa dei cavi, energizzazione con massa battente o fucile a cartuccia industriale, lettura dei primi arrivi, esecuzione delle dromocrone, diretta ed inversa delle onde longitudinali, interpretazione dei dati comprendente la individuazione dei tratti corrispondenti a diversi rifrattori, il calcolo delle velocità apparenti, la definizione dei diversi strati in spessori e velocità, la costruzione delle relative sismosezioni e relazione riepilogativa ASTM D5777-00 (2006) o equivalenti. Stendimenti per un totale di circa 100 metri per ogni stesa.	a corpo	20,00	€ 750,00	€ 15.000,00
<b>3</b>	<b>Sondaggi tipo B</b>				
	Esecuzione di sondaggio a carotaggio continuo fino a 5 metri di profondità. L'attività comprenderà il campionamento in continuo con il prelievo e la conservazione delle cassette. Sono inclusi gli oneri di installazione del cantiere, di approvvigionamento di acqua necessaria alle trivellazioni ed occorrenti per il trasporto dell'attrezzatura in sito.	a corpo	13,00	€ 800,00	€ 10.400,00
	Esecuzione di prove di laboratorio su campioni di roccia prelevati consistenti in: peso di volume specifico, peso di volume apparente, prova di compressione uniaassiale, prova di taglio, modulo elastico, modulo di Poisson	a corpo	13,00	€ 200,00	€ 2.600,00
<b>4</b>	<b>Misure della conduttività del terreno</b>				
	Misure geoelettriche del potenziale del terreno eseguito mediante voltmetri di precisione sull'intero tracciato delle condotte con campionamento della misura a passo non inferiore a 300 metri, compresa la relazione finale d'interpretazione	m	33.718,00	€ 0,18	€ 6.069,24
<b>TOTALE INDAGINI E SONDAGGI</b>					<b>€ 59.869,24</b>

ALLEGATO – PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

