



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Consorzio di Bonifica d'Ogliastra

**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CONDOTTA DI ADDUZIONE PER L'IRRIGAZIONE
DEL COMPENSORIO SUD DEL CONSORZIO DI BONIFICA D'OGLIASTRA**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA - ECONOMICA

Titolo elaborato: RELAZIONE GEOTECNICA	Elaborato: EA-05a
	scala:

Redatto da

Mandataria:



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

Mandanti:



Ing. Domenico Castelli
STECI S.r.l.

Ing. Pino Frau

Archeologa Marta Macri

Geologo Alessandro Melis

Agronomo Massimo Cuccu



Consorzio di Bonifica D'Ogliastra

Il Responsabile del Procedimento
Ing. Marcello Giacobbe

Rev.	DATA	DESCRIZIONE/MODIFICA	REDATTO DA	VERIFICATO DA	APPROVATO DA
00	28/03/2022	Prima emissione	C.P.	U.P.	U.P.

RELAZIONE GEOTECNICA

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	5
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, TOPOGRAFICO E URBANISTICO	6
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICI.....	6
6	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI PER EVENTUALI OPERE DI FONDAZIONE	7
6.1	FORMULE PER IL CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE IN LITOLOGIE INCOERENTI.....	7
	6.1.1 <i>Formula di Terzaghi</i>	8
	6.1.2 <i>Formula di Meyerhof</i>	8
	6.1.3 <i>Formula di Brinch-Hansen</i>	8
6.2	SCELTA DEL FATTORE DI SICUREZZA	8
6.3	VALORE DELLA TENSIONE MASSIMA AMMISSIBILE E CONFRONTO CON I CARICHI TRASMESSI	9
6.4	VALORI DELLA SCAVABILITÀ DEI LITOTIPI.....	10
6.5	CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLE VERIFICHE STATICHE DELLE CONDOTTE	11
6.6	CONCLUSIONI	11

1 PREMESSA

La presente relazione è finalizzata alla valutazione degli aspetti geotecnici legati alla progettazione dell'intervento di "Realizzazione di una nuova condotta di adduzione per l'irrigazione del comprensorio del Consorzio di Bonifica d'Ogliastra".

Sommariamente l'intervento consiste nella realizzazione di una nuova infrastrutturazione per l'approvvigionamento irriguo dei territori del Consorzio situati nell'agro di Barisardo e Cardedu, attualmente sprovvisti di un servizio strutturato e vincolati all'emungimento della risorsa idrica da pozzi realizzati dai singoli proprietari privati.

La presente relazione fa specifico riferimento alla relazione geologica e verterà sulle seguenti tematiche:

- ricostruzione dell'assetto litotecnico del sedime di intervento sulla base della stratigrafia ricavata nel corso dello studio geologico preliminare al fine di definire la sequenza di terreni costituenti il sottosuolo che interagiranno più o meno direttamente con le infrastrutture da realizzare;
- analisi delle principali problematiche geotecniche inerenti le possibili interazioni tra opere e substrato geologico;
- definizione delle caratteristiche litotecniche delle terre costituenti il substrato direttamente interessato dagli interventi attraverso la loro parametrizzazione basata su indagini e prove tratte dalla letteratura e/o derivanti da precedenti lavori.

Nel caso in esame non è prevista la costruzione di serbatoi, vasche, partitori o di altre opere di pari rilevanza: si ritiene però utile dare indicazioni sulla natura geotecnica dei terreni presenti nell'area.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa vigente in materia, a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico, è la seguente:

- D.M. LL.PP. 11.03.1988 di applicazione della legge «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988 che prevede l'obbligo di sottoporre tutte le opere civili pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica, alle verifiche per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni ed assicurare la stabilità complessiva del territorio nel quale si inseriscono»;
- Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica»;
- D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 – Codice dei contratti pubblici corretto con il D.lgs. 19 aprile 2017, n. 56;
- D.P.R. n. 207 del 05.10.2010 – Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006 (relativamente agli articoli ancora in vigore);
- Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 «Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone»;
- Nuove Norme tecniche per le costruzioni 2018 (NTC2018) approvate con Decreto Ministeriale 17.01.2018;

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Le opere previste nel presente progetto consistono nella realizzazione di uno schema irriguo di circa 19 km di condotta in ghisa sferoidale DN 700 che consentiranno di estendere il servizio irriguo ai terreni posti in agro di Barisardo e Cardedu attualmente sprovvisti di infrastrutturazione irrigua, se si esclude la presenza di pozzi realizzati dai singoli proprietari.

L'emungimento della risorsa dai pozzi sta determinando un progressivo fenomeno di salinizzazione dei terreni dovuto all'abbassamento delle falde ed al conseguente avanzamento dell'acqua salmastra, con impoverimento dei terreni coltivabili e impossibilità di sviluppo dell'economia agricola locale.

Le opere del presente intervento, in estrema sintesi, consistono nella posa di condotte interrate, in ghisa sferoidale di diametro pari al DN 700 mm, per una lunghezza totale pari a circa 18.860 m, complete delle necessarie opere d'arte lungo linea quali pozzetti di sfiato e scarico, pozzetti di manovra, blocchi di ancoraggio.

I ripristini degli scavi effettuati per posare le tubazioni saranno tali da non modificare minimamente lo stato dei luoghi preesistente alla realizzazione dello scavo. La condotta sarà posata a una profondità media di 1,85 metri (fondo scavo).

La sezione di scavo per la posa delle condotte avrà larghezza costante e pari a 1,30 m e sarà garantito un ricoprimento di almeno 1,00 m sulla generatrice superiore della tubazione.

E' prevista la posa su un letto di sabbia di spessore non inferiore a 10 cm e rifianco e primo ricoprimento della condotta realizzati con il medesimo materiale. Anche lo spessore del ricoprimento sarà pari a 10 cm.

Il sovrastante rinterro dovrà essere realizzato con misto naturale (Classificazione CNR-UNI 10006/2002 - Gruppo A1) compattato meccanicamente e bagnato a strati uniformi di cm 20.

Lo strato di finitura sarà costituito dalla parte del terreno superficiale accantonata e poi riutilizzata, nel caso di posa lungo i terreni privati adibiti ad uso agricolo.

In corrispondenza dei tagli stradali si prevede uno strato di cls di spessore finito di 20 cm e sovrastante tappetino di usura di 4 cm.

Negli attraversamenti delle strade statali o provinciali di primaria importanza saranno utilizzate tecniche no-dig.

4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, TOPOGRAFICO E URBANISTICO

L'area oggetto di intervento è ubicata nella Sardegna Orientale nei territori comunali di Tortolì, Barisardo e Cardedu, inquadrabili nella cartografia CTR nei fogli 531080-531110-531120 -531150-531160-532050-532090-532130-541030-541040-541080 in scala 1:10.000.

Il tracciato delle condotte si sviluppa a partire dalla località di Monte Attu, ad ovest dell'abitato di Tortolì, attraversa in direzione sud l'agro compreso tra Tortolì e Barisardo, e dopo aver aggirato l'abitato di Barisardo nella parte est, prosegue il suo percorso in direzione sud nell'agro di Barisardo e di Cardedu, fino ad oltrepassare il fiume Pelau e raggiungere quasi la località Perd'e Pera.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICI

Dall'esame e rilievo si osserva che l'ossatura geologica del territorio è rappresentata dalle litologie Paleozoiche granitiche che affiorano diffusamente nel territorio. Il basamento granitico è sormontato da depositi alluvionali del Quaternario e per quanto concerne la parte centrale e più dettagliatamente nel settore a Nord Est di Barisardo si rileva diffusamente la presenza di formazioni basaltiche Plio-Pleistoceniche (plateaux basaltico di "Teccu").

Il territorio manifesta un'estesa uniformità di litofacies legate prevalentemente alle intrusioni tardo e post-tettoniche del batolite Sardo-Corso e da prodotti derivati dalla loro erosione e/o alterazione. L'area indagata presenta litologie ascrivibili al quaternario e al paleozoico che vengono qui di seguito descritte.

Nello specifico, la successione litologica riscontrata nel territorio e uniformata con la nomenclatura ufficiale, può essere così riassunta dall'alto verso il basso riportando:

Depositi Quaternari dell'area continentale

- Coltri pluvio colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti arricchiti in frazione organica
- Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati,
- Depositi di frana. Corpi di frana antichi
- Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie
- Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie e sabbie in matrice limosa

Successioni vulcanico basaltiche Pliocene Pleistocene (Altopiano basaltico di Teccu)

- Basalti e Lave in espansione e colate, a composizione basaltica, da alcalini a sub-alcalini.

Complesso Intrusivo Paleozoico

- Granodiorite monzograniti con filoni ed ammassi di porfidi granirici- Carbonifero sup. - Permiano .

Complesso metamorfico Paleozoico

- Alternanze di metarenarie, quarziti e metasiltiti – Arenarie di San Vito.Cambriano medio Ordoviciano inf.

6 CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI PER EVENTUALI OPERE DI FONDAZIONE

Al fine di uno studio completo delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo, si sono utilizzate le informazioni provenienti da documentazione bibliografica e da indagini pregresse. In particolare sono stati esaminati i risultati riportati in letteratura ottenuti attraverso la raccolta, l'analisi e l'elaborazione statistica di dati geologici-tecnici disponibili in questa fase, provenienti da indagini in sito e in laboratorio dell'area.

Si è potuto ricostruire l'assetto litostratigrafico compatibilmente con la variabilità latero-verticale delineando un quadro stratigrafico non sempre omogeneo nel quale si distinguono comunque due litotipi prevalenti:

- suolo rimaneggiato con prevalenza di frazioni limo-argillose e subordinatamente sabbiose.
- ghiaie e sabbie in matrice limosa.

Si riportano nella seguente tabella i valori dei parametri geotecnici medi riferiti ai terreni coinvolti dal seguente studio:

Strato		Deposito quaternario
Coesione C	Kg/cm^q	0
Angolo attrito interno ϕ	(gradi)	30
Peso volume naturale γ	Kg/m³	1800
Peso volume saturo γ_{sat}	Kg/m³	2000
Modulo elastico (Mo)	Kg/cm²	400

6.1 FORMULE PER IL CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE IN LITOLOGIE INCOERENTI

Il terreno di fondazione di qualsiasi struttura, deve essere in grado di sopportare il carico che gli viene trasmesso dalle strutture sovrastanti senza che si verifichi rottura e senza che i cedimenti della struttura siano eccessivi.

Nella scrittura delle varie formule utilizzeremo il seguente simbolismo:

- c coesione
- f angolo d'attrito
- g peso specifico del terreno
- K_p coefficiente di spinta passiva espresso da $K_p = \tan^2(45^\circ + f/2)$
- B larghezza della fondazione
- L lunghezza della fondazione

- D profondità del piano di posa della fondazione
- q pressione litostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- q_{ult} carico ultimo della fondazione.

La formula generale di calcolo della pressione di rottura del terreno, è sempre nella forma:

$$q_r = c N_c S_c + q D N_q + 0.5 \gamma B N_g$$

in cui i coefficienti di portanza N_q , N_c e N_g , sono differenti rispetto a quelli utilizzati per i materiali incoerenti coesivi o attritivi e sono stati modificati ed adattati al caso dopo diversi studi effettuati da differenti autori.

Dei tre metodi di seguito indicati, il più restrittivo è quello di Terzaghi che porta ad avere dei risultati più conservativi rispetto agli altri due.

6.1.1 Formula di Terzaghi

Terzaghi, per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale, ha proposto la seguente espressione:

$$q_{ult} = c N_c s_c + q N_q + 0.5 B \gamma N_g s_g$$

6.1.2 Formula di Meyerhof

Meyerhof propone per il calcolo della capacità portante la seguente espressione:

Nel caso di applicazione di carico verticale si applica la seguente formula:

$$q_{ult} = c N_c s_c d_c + q N_q s_q d_q + 0.5 B \gamma N_g s_g d_g$$

6.1.3 Formula di Brinch-Hansen

L'espressione di Hansen, per il calcolo della capacità portante, è la seguente:

$$q_{ult} = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B \gamma N_g s_g d_g i_g g_g b_g$$

6.2 SCELTA DEL FATTORE DI SICUREZZA

Si definisce fattore di sicurezza il rapporto tra forze resistenti e forze agenti.

Con riferimento al problema in analisi, quindi alla stabilità delle fondazioni, il fattore di sicurezza F alla rottura del terreno, è dato dal rapporto tra la pressione limite q_{ult} e la tensione unitaria di esercizio q_0 del manufatto.

Seppur configurandosi quest'approccio il più rigoroso, nel caso in esame non è stato praticato poiché il valore della pressione di esercizio è un'incognita.

L'approccio, è stato quindi quello di valutare la pressione limite e dividerla per un idoneo fattore di sicurezza (in questo caso 3), al fine di pervenire alla tensione massima ammissibile $q_a = q_{ult} / F$ da cui dovrà risultare verificato che $q_0 < q_a$.

6.3 VALORE DELLA TENSIONE MASSIMA AMMISSIBILE E CONFRONTO CON I CARICHI TRASMESSI

Gli unici manufatti presenti in progetto, peraltro di importanza statica non rilevante, sono rappresentati dai pozzetti di sfiato o scarico posizionati lungo linea e dai pozzetti di testata degli attraversamenti.

Con riferimento al comportamento di litologie simili in zone limitrofe o prossime a quella in esame, si possono dare indicazioni sulla tensione massima ammissibile per una fondazione similare e con il piano di posa a 1,85 m di profondità.

In particolare si assume il seguente range di valori di portanza del terreno: q_{amm} compreso tra 1,2 e 2,5 kg/cmq.

Di seguito si procede al calcolo della Tensione massima esercitata dal pozzetto sul terreno di fondazione tenuto conto che si considera l'ipotesi semplificata di soletta appoggiata alle pareti (per le dimensioni del pozzetto fare riferimento alla Tav. Particolare tipo pozzetti sfiato e scarico).

In modo assolutamente cautelativo si considera il carico accidentale sulla soletta del pozzetto pari a 15.000 Kg.

Si calcola il volume di cls del pozzetto:

- Volume soletta e platea = $((0.25+0.20) \times 2.5 \times 2.5) = 2.81$ mc
- Volume pareti = $4 \times (2.3 \times 0.20 \times 2.15) = 3.96$ mc
- Volume complessivo = $2.81 + 3.96 = 6,77$ mc

Peso Pozzetto = $2400 \text{ Kg/mc} \times 6,77 \text{ mc} = 16248 \text{ Kg}$

Si trascura il peso della tubazione all'interno del pozzetto in quanto irrilevante.

Totale peso + carico accidentale = $15.000 \text{ kg} + 16248 \text{ Kg} = 31.248 \text{ kg}$

Tensione trasmessa al terreno = $31.248 \text{ kg} / 62.500 \text{ cmq} = 0.50 \text{ kg/cmq} < q_{amm}$.

6.4 VALORI DELLA SCAVABILITÀ DEI LITOTIPI

Per avere utili indicazioni sul grado di scavabilità delle litologie che si dovranno attraversare con gli scavi, si utilizzeranno i dati provenienti dai sondaggi geognostici in prossimità delle aree interessate dai lavori.

Per ottenere il valore dell'indice di scavabilità si utilizzerà il metodo classificativo sviluppato da H.A.D. Kirsten (1988), che utilizza la seguente espressione:

$$N = Ms * (RQD/Jn) * Js * (Jr/Ja)$$

dove:

Ms = resistenza della roccia;

RQD = Rock Quality Designation, così come definito da Deere;

Jn = numero dei set di discontinuità;

Js = numero relativo di strutture presenti, rappresenta la orientazione dei blocchi isolabili nella massa rocciosa e quindi indica la possibilità di penetrazione degli utensili utilizzati per l'escavazione;

Jr = valore della rugosità delle discontinuità;

Ja = valore dell'alterazione delle discontinuità.

L'indice N, varia logicamente da valori minori di 0.01 a valori maggiori di 10000.

Questo range, è diviso in quattro o in otto classi di scavabilità, in relazione al tipo di applicazione ingegneristica cui deve essere applicata la classificazione.

<i>Tipologia del materiale</i>	<i>Classe</i>	<i>Valore di N</i>	<i>Descrizione della scavabilità</i>	<i>Mezzi consigliati</i>
Suoli, detriti	1	< 0.1	<i>Scavabile con attrezzi manuali o con attrezzature dotate di forza motrice</i>	D3 D5 Cat 215
Suoli, rocce tenere	2	0.1-9.99	<i>Facilmente scavabile con mezzi</i>	D6 D7 Cat 225/235
Rocce medie	3	10-999	<i>Scavabilità difficile o molto difficile</i>	D8 D9 Cat 245/RH40
Rocce dure	4	> 1000	<i>Scavabilità estremamente difficile</i>	D10

In base ai dati disponibili al momento ed in prima istanza, la scavabilità dei litotipi presenti è generalmente attribuibile alla seconda classe: l'eccezionale presenza di trovanti rocciosi, può portare però in diverse zone la scavabilità in classe 3.

6.5 CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLE VERIFICHE STATICHE DELLE CONDOTTE

In considerazione del fatto che le condotte in oggetto sono previste in ghisa sferoidale (materiale estremamente resistente) e posate a profondità' (1m di ricoprimento) che le pongono in condizioni di assoluta sicurezza rispetto ai carichi soprastanti, si ritiene di poter omettere il calcolo sulla verifica della resistenza meccanica delle stesse condotte.

D'altra parte sono innumerevoli in Sardegna gli esempi di reti idriche in ghisa sferoidale che non hanno mai registrato problemi di ordine meccanico quali ovalizzazioni o rotture.

Altrettanto dicasi per quanto riguarda l'interazione tra condotta e terreno di fondazione ritenendo assodato nel caso in esame che le sollecitazioni indotte dalle tubazioni siano inferiori alla portanza del terreno.

6.6 CONCLUSIONI

In assenza di indagini specifiche, si sono utilizzate le informazioni provenienti da documentazione bibliografica e da indagini pregresse. In particolare sono stati esaminati i risultati riportati in letteratura ottenuti attraverso la raccolta, l'analisi e l'elaborazione statistica di dati geologici-tecnici.

Le caratteristiche litologiche che si presentano nei terreni interessati dai lavori sono spesso non omogenee. Resta inteso che potrebbero verificarsi in corso d'opera delle variazioni puntuali non prevedibili, non contemplate in questa sede, che potrebbero richiedere un approfondimento conoscitivo in fase di svolgimento dell'opera.

La scavabilità dei litotipi presenti è generalmente attribuibile alla seconda classe: l'eccezionale presenza di trovanti rocciosi, può portare la scavabilità in classe 3.

Con riferimento al comportamento di litologie simili in zone limitrofe o prossime a quella in esame, si possono dare indicazioni sulla tensione massima ammissibile per una fondazione simile (platea di pozzetti) e con il piano di posa a 1,85 m di profondità. In particolare si assume il seguente range di valori di portanza del terreno: q_{amm} compreso tra 1,2 e 2,5 kg/cmq.

Generalmente nelle aree di intervento, la falda è ubicata ad una profondità superiore ai 2 metri al di sotto del piano di campagna. Considerando che sono previsti scavi non significativi per la realizzazione delle opere, non si prevedono interazioni a livello strutturale con il livello piezometrico, ad eccezione delle sezioni di attraversamento dei corsi d'acqua in corrispondenza delle quali la falda è da considerarsi superficiale.

Non si prevedono altresì fenomeni di franamento delle pareti di scavo in condizioni asciutte. Non si esclude che in periodi di elevata piovosità si possa giungere ad una diffusa saturazione dei terreni di copertura e ad un peggioramento delle proprietà meccaniche e di auto sostegno, con conseguente necessità di utilizzo di blindaggi, specie se in presenza di carichi pesanti nelle immediate vicinanze degli scavi.