



Regione Autonoma della Sardegna
CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE

Via Cagliari n. 170 - Oristano

Riqualificazione idraulica della bonifica dello stagno di Sassu
(Fase 1) - **AG_AGR_025**
CAT: P0518
CUP: G22H18000320002

PROGETTO ESECUTIVO

Progettisti:

Ser. Pro. S.r.L.S. engineering

Il Responsabile del Procedimento:

Dott. Ing. Giorgio Bravin

Dott. Ing. Marco Nuvoli

Dott. Ing. Marco Soriga

Prof. Geol. Giuseppe Scanu

Collaboratori:

Pianif. Gianluca Scanu

Dott. Adriano Benatti

Geom. Mattia Sotgiu

Il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese:

Il Presidente Dott. Carlo Corrias

Titolo: Integrazione Relazione Geologico Tecnica					J.01
Rev:	Data	Descrizione/modifica:	Redatto da	Verificato da:	Approvato da:
02	04/07/2022	Documento originale	Geol. Giuseppe Scanu		
			Prof. Rinaldo Genevois		

Riqualificazione idraulica della bonifica dello stagno di Sassu

(Fase 1) - **AG_AGR_025**

CAT: P0518

CUP: G22H18000320002

PROGETTO ESECUTIVO

Luglio 2022

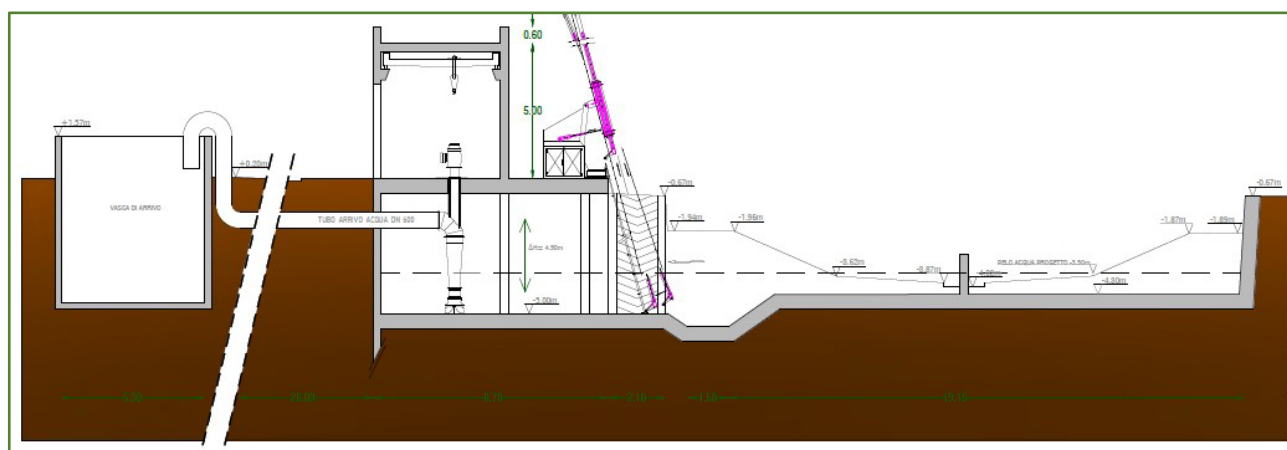
Con nota del 29.3.2021 il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese ha richiesto delle modifiche sul progetto di riqualificazione idraulica in epigrafe "al fine di contenere il costo complessivo dell'opera" che nella stesura originaria ha superato il limite del finanziamento disponibile. Tra l'altro, ha chiesto di "valutare la possibilità di realizzare scavi blindati (anziché protetti da berlinese) per limitare l'uso dei pali alle sole necessità di portanza della fondazione" e risparmiare così una parte delle cifre previste. Si è pertanto integrata la relazione geologico tecnica allegata al progetto, approfondendola opportunamente per valutare se tale richiesta poteva essere acconsentibile dalle condizioni litostratigrafiche e geotecniche locali. Dal che la seguente:

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA INTEGRATIVA

In relazione alla realizzazione della paratia indispensabile per la costruzione dell'edificio dell'idrovora in progetto si riportano qui di seguito i suggerimenti proposti per la realizzazione dell'intera struttura in economia ed in sicurezza:

- 1) Realizzazione della paratia
- 2) Realizzazione del solaio dell'edificio
- 3) Realizzazione del sistema di well-point
- 4) Scavo del terreno sotto il solaio
- 5) Realizzazione del solaio di fondo agganciato alla paratia
- 6) Calcolo delle condizioni di stabilità dell'insieme terreno-struttura prima della realizzazione della parte restante dell'edificio.

A seguire alcune considerazioni in merito ai punti sopra elencati, facendo riferimento alla sezione di progetto qui riportata.



SEZIONE A-A STATO IN PROGETTO

SCALA 1:200

1) Realizzazione della paratia

La paratia andrà realizzata, come già detto nella Relazione Geologico-tecnica, sui tre lati del futuro impianto con una profondità complessiva non inferiore a 12.5 m (7.5 m dal fondo dello scavo), che è la profondità minima di sicurezza rispetto a possibili fenomeni di sifonamento. Le dimensioni dei pannelli sono funzione delle macchine utilizzate, ma va fatta particolare attenzione ai giunti tra pannelli adiacenti poiché ad essi è affidato il trasferimento delle forze di taglio tra un pannello e quello adiacente e la tenuta idraulica del sistema.

2) Realizzazione del solaio superiore dell'edificio interrato

Questo solaio verrà opportunamente ancorato su tre lati alla testa della paratia e, sul restante verso valle, sarà libero per poter consentire il successivo scavo del terreno al di sotto del solaio stesso.

3) Realizzazione del sistema di well-point

Al fine di effettuare lo scavo del terreno sottostante il solaio ed evitare i possibili fenomeni di liquefazione dei terreni sabbiosi presenti, sarà necessario abbassare la falda freatica la cui piezometrica si rinviene a una profondità di - 2.0 m dal piano campagna. Le indicazioni generali su questo sistema di abbassamento della falda sono riportate nella Relazione Geologico-tecnica; qui si ribadisce la necessità che l'abbassamento della falda a -5/-6 m dal p.c. sia garantito.

In sede esecutiva si può valutare la condizione idraulica degli ultimi due metri circa di scavo per definire se è il caso di ipotizzare una maggiore lunghezza della paratia.

4) Scavo del terreno presente sotto del solaio

Il terreno da asportare complessivamente, tenendo conto della morfologia esistente, è di circa 700-800 m³. Lo scavo del terreno sotto il realizzando solaio presenta due ordini di problemi che vanno attentamente valutati.

- a) L'asportazione dei terreni sabbiosi potrà essere realizzata solo dopo l'abbassamento della falda ad una profondità, come detto, di almeno 5-6 m dall'attuale piano campagna. L'abbassamento della falda dovrà essere controllato mediante la realizzazione di piezometri profondi almeno 6 m e posti circa 2.0-2.5m a valle della struttura in progetto. I piezometri potranno essere anche del tipo a tubo aperto, fessurato da - 2.0 a -6 m di profondità e ricoperto da tessuto non tessuto. Dovranno essere installati n. 3 piezometri a tubo aperto in corrispondenza degli estremi e del punto intermedio del lato lungo della paratia. Si consiglia di realizzare i piezometri dopo l'inizio della messa in attività del sistema di well-point.
- b) Una volta abbassata la falda, con il sistema di well-point ancora attivo, si procederà all'asportazione del terreno presente sotto il solaio che, ad allora, sarà già realizzato. Quest'attività comporta alcune rilevanti problematiche al riguardo della sicurezza degli operatori. La morfologia dell'area impone infatti lo scavo del terreno da valle verso monte con tutti i problemi di stabilità della parete di scavo che, anche in assenza della falda, non potrà essere naturalmente stabile. Si potrebbe innescare, quindi, un fenomeno di instabilità generalizzato, con estremo pregiudizio per gli operatori in attività. Per evitare che questi si trovino di fronte alla parete di scavo in equilibrio precario e che vengano investiti dalla massa destabilizzata, la realizzazione dello stesso in sicurezza potrà essere condotta utilizzando due metodi differenti:
 - i) Lo scavo potrà essere eseguito con un escavatore posto sull'orlo del solaio se questo è in grado di sorreggere il peso della macchina.
La benna asporterà il terreno provocando la destabilizzazione della parete realizzata. Continuando per settori successivi, il terreno incoerente si disporrà secondo l'angolo di riposo naturale consentendo la sua ulteriore asportazione dalla stessa superficie realizzata, procedendo da monte verso valle. Le incertezze nell'utilizzazione di questo metodo riguardano:
 - a) la reale eliminazione del terreno nella parte più interna, cioè più vicina alla paratia. Questa possibile eventualità dovrà essere attentamente controllata e gestita tenendone conto nelle operazioni di escavazione successive;
 - b) la reale possibilità di lavorare con mezzi meccanici sulla superficie realizzata, costituita da terreni sabbiosi non del tutto asciutti e certamente dotati di un grado di addensamento molto basso e questo in relazione alla necessità di operare per strati successivi a partire da monte verso valle.
 - ii) Lo scavo potrà essere eseguito con getto d'acqua ad alta velocità e pressione. Ad oggi sono molto poche le ricerche e le esperienze della sua applicazione ai materiali granulari orientate allo scavo od al supporto allo scavo. L'utilizzazione di questa metodologia dovrebbe, teoricamente, comportare la liquefazione di uno strato superficiale di terreno sabbioso che, quindi, viene trasportato a valle dove verrà stoccato e, quindi,

trasportato nel luogo di deposito previsto. L'operazione verrà ripetuta sino ad uno smaltimento del terreno che consenta la lavorazione in sicurezza (sempre da monte verso valle) con mezzi meccanici. In alternativa la stessa tecnica potrebbe essere applicata in perforazioni appositamente realizzate, ma la loro efficacia e l'estensione del loro intervento non possono essere valutati allo stato attuale. Molti sono i parametri che influenzano, infatti, il risultato dell'applicazione di questa tecnica (granulometria, conduttività idraulica, porosità, resistenza a taglio del materiale, densità secca, grado di saturazione) e, nel caso, dovrebbero essere necessariamente condotti degli esperimenti preliminari in sito per valutarne la effettiva applicabilità.

5) La stabilità della struttura

Il problema della stabilità della struttura nel suo insieme, cioè composta da una palificata ad U (lato lungo 10m e due lati corti 5m) e da un solaio in cls armato agganciato alla testa della paratia, è alquanto complesso non essendo riconducibile ad alcuna sezione piana analizzabile con un codice numerico bidimensionale.

In linea generale si deve tener presente che le spinte dovute al terreno retrostante la paratia sono, nel caso dell'esistenza della struttura nel suo insieme (paratia + solaio), contrastate da un insieme tridimensionale rigido di larghezza 5m nella direzione delle spinte.

Al fine di avere un'idea, pur se approssimata, si sono fatte le seguenti considerazioni nell'ipotesi, come detto, di una palificata di altezza 12.5 m, cioè di 7 m di infissione al di sotto del piano di scavo e di un livello di falda abbassato a -6 m dal piano campagna:

- 1) Considerando il lato lungo della paratia pari a 10m, i momenti delle spinte attive e passive, calcolate come nella Relazione geologico-tecnica, risultano rispettivamente pari a 2247,04 N m e 1182,76 N m, con un rapporto pari a 0.526. La normativa esistente riduce i momenti delle spinte passive di un fattore 1.1, per cui risulta che la condizione di stabilità non è soddisfatta: spinte attive (2247,04 kN m) maggiori delle spinte passive ridotte (1075,24 kN m).
- 2) Nella verifica della paratia non vengono considerati i contributi delle due paratie laterali lunghe 5m e perpendicolari alle estremità del lato lungo della paratia, ma solo la riduzione delle pressioni idrostatiche conseguenti l'abbassamento della falda dato dal sistema di well-point.
- 3) È alquanto complesso valutare tale contributo in due dimensioni, ma un'idea almeno in prima approssimazione accettabile si può avere con le seguenti ipotesi di lavoro:
 - La presenza delle due paratie laterali può essere simulata con un incremento del momento delle spinte passive, dato dal peso della paratia e da un braccio pari alla metà della sua lunghezza.
Il momento dovuto al peso delle due paratie (altezza 12.5 m, lunghezza 5 m e larghezza 0.5 m) risulta complessivamente pari a 9570.3 kN m.
 - Il momento totale delle spinte passive sul lato lungo della paratia risulta, quindi, dalla somma di quello dovuto al terreno (10752,4 kN) e di quello dovuto alle due paratie laterali (9570.3 kN m), pari a: 20322,68 kN.
- 4) La presenza delle due paratie laterali determina una distribuzione delle spinte attive alle spalle del lato lungo della paratia massime nel punto mediano e nulle alle due estremità. Si può ipotizzare che tale distribuzione abbia una forma corrispondente alla deformata di una trave di lunghezza 10 m, appoggiata alle estremità, e caricata nel punto mediano. Non conoscendo, tuttavia, la deformazione che subirà la paratia, si è cautelativamente considerata una distribuzione delle spinte attive corrispondente ad una forma semi-ellittica di semiassi: $a = 2247,04 \times 5 = 11235,2$; $b = 2247,04$.
L'area della semi-ellisse, pari a 39.6 E6, può essere considerata corrispondente alla spinta attiva totale che ha un valore medio di 1763,9 kN/m.

Nelle ipotesi svolte, il rapporto tra momenti delle spinte passive totali e di quelle attive risulta: $20322,68 \text{ kN} / 17638.9 \text{ kN} = 1.15$.

Si deve comunque tener presente che nei calcoli non si è considerato il solaio la cui presenza porta certamente ad un ulteriore incremento del fattore di sicurezza.

Alla fine della costruzione dell'intero edificio il sistema di well-point cesserà di essere attivo, incrementando così le spinte attive, ma le condizioni di sicurezza saranno assicurate dalla presenza del solaio inferiore che aumenterà sensibilmente le resistenze disponibili.

Sassari, 12.4.2021

Il professionista

Con la consulenza specialistica:

Prof. Rinaldo Genevois

