



CONSORZIO DI BONIFICA DELLA GALLURA

Manutenzione straordinaria del Rio Padrongiano attraverso interventi di pulizia, dragaggio, gestione dei sedimenti, recupero morfologico, consolidamento e ripristino delle arginature nel comune di Olbia



PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Titolo Elaborato

A1_RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

PROGETTISTA

Dott. Ing. Andrea Patteri

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Vincenzo Milillo

V.0	Ing. A. Patteri			Definitivo-Esecutivo	15/01/2022	Emissione
Ind.	Realizzato da	Verificato da	Approvato da	Stato	Data	Oggetto della revisione

NOME FILE

SCALA	COMMESSA	NUM. PROGETTO	TIPO DOC.	NUMERO	PARTI	REVISIONE
	-		-		-	1

1. PREMESSA

A seguito del conferimento dell'incarico per la progettazione di fattibilità tecnica ed economica, definitiva ed esecutiva e il Coordinamento in fase di progettazione ed esecuzione 1° lotto funzionale manutenzione straordinaria degli argini del Rio Padrongianus presso il comune di Olbia da parte Consorzio di Bonifica della Gallura, come individuato nel documento di affidamento del incarico individua la somma di 520.000, per interventi di stabilizzazione e ricostruzione della sponda sulla destra idraulica di:

- Soluzioni costruttive per la mitigazione del crollo arginale;
- verifica del corpo arginale ed eventuali interventi di rinforzo,
- ripristino dei giunti in cemento tra le pietre di rivestimento laddove fossero ammalorati
- riparazione e ripristino dell'rivestimento esterno in pietra e la risagomatura del corpo arginale,
- l'estirpazione delle radici dei alberi ad alto fusto presenti nel corpo arginale,
- ripristino del corpo arginale nelle zone dove sono state estirpate le radici e rifacimento del rivestimento in pietra,

Si è proceduto al rilievo dell'area e dello stato di fatto, constatando l'assenza dei rifiuti ma la presenza di arbusti e alberi oltre che vegetazione incontrollata, sia sull'argine che nell'area golenale. Il rilievo ha altresì evidenziato la diversa natura dell'argine che per circa 1357m ha la finitura obliqua verso il fiume composta da un paramento granitico faccia a vista, per 195 m è crollato nel rio e per i restanti 254m non ha alcun paramento visibile.

Il rilievo effettuato anche sul fiume ha evidenziato i punti di crollo dell'argine dovuto al dilavamento della parte in acqua. Il fiume ha profondità molto variabili anche lungo la linea di costa.



Il presente progetto dettaglia le opere previste limitandole alla manutenzione, al suo ripristino e alla risagomatura dell'argine dove fosse necessario e alla stabilizzazione con interventi di rinforzo.

Gli interventi proposti di manutenzione ordinaria e straordinaria in aree a rischio P.A.I. sono ammissibili senza la necessità di uno studio di compatibilità idraulica.

In fase di studio di fattibilità tecnico economica si è tenuta una riunione di coordinamento presso gli uffici del Genio Civile di Sassari. alla presenza del Rup in. Milillo, l'ing. Claudia Franco del Consorzio, il Direttore del Servizio del Genio Civile di Sassari l'ing. Spanedda e l'ing. Deriu del Servizio Territoriale Opere idriche, durante la quale è emersa la necessità, per l'ente, di valutare il lavoro finora eseguito con un'altra ipotesi: quella dei micropali perché pare di più facile disponibilità, a livello territoriale, di imprese in grado sviluppare il lavoro. Pertanto, lo sviluppo e l'approvazione del progetto hanno riguardato la preservazione dell'argine esistente attraverso la costruzione di una barriera composta da pali e palancole. L'importo dei lavori è stato variato alla somma di 965'280.21€, questa somma infatti consente di poter preservare tutto il tratto preso in esame con un'opera integrata.

2. AREA DI INTERVENTO

L'area dell'intervento è situata nel comune di Olbia subito dopo il ponte della SS 125 "Orientale Sarda". L'accesso all'area può avvenire per i mezzi attraverso la 125 in direzione S. Teodoro, passando sotto il ponte. Per le persone attraverso un ingresso posto in direzione Olbia. In coordinate UTM (T32) l'area di intervento parte dalle coordinate N 4528185.23 m E 545398.05 fino orientativamente alle coordinate N4529700.00 E545741.00, per un'estensione di circa 1,8 km.

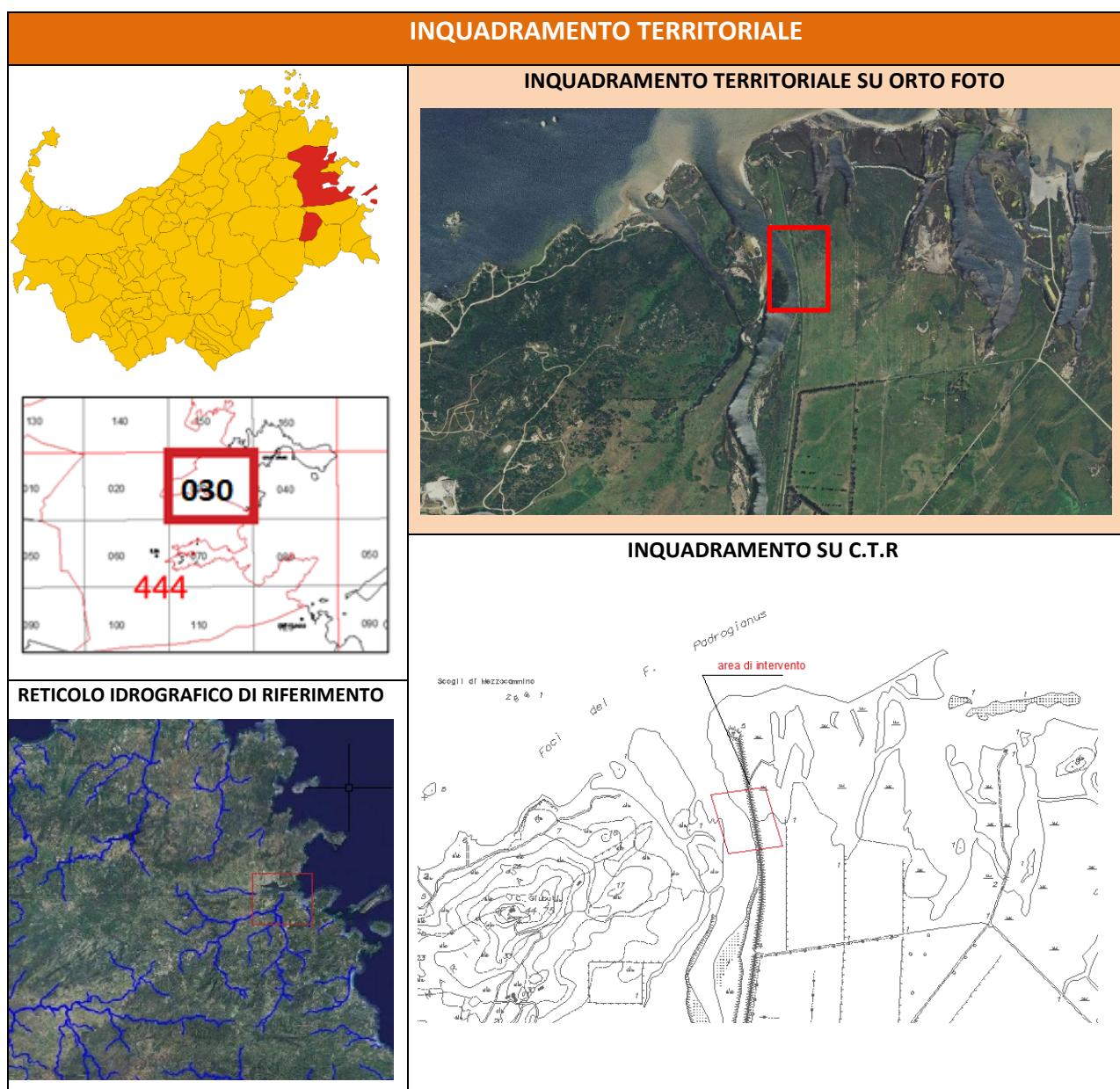




Figura 1 In blu l'area di intervento

3. INQUADRAMENTO VINCOLISTICO

3.1. Puc Adottato

L'amministrazione Comunale di Olbia ha adottato, con Deliberazione n.134 del 29.07.2020, il Piano Urbanistico Comunale, per cui deve essere prescritta una doppia conformità urbanistica tra il PUC adottato e il PdF.

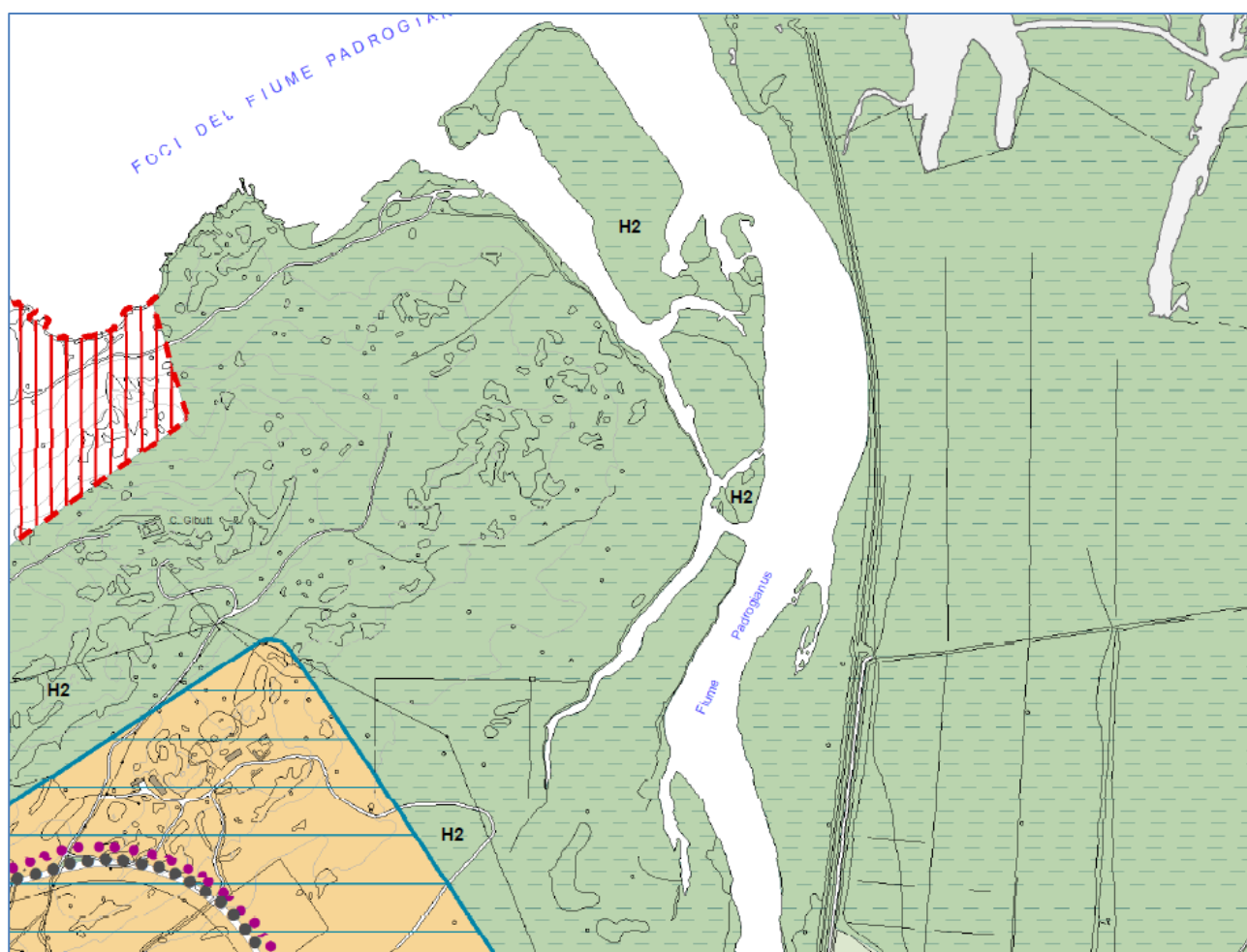


Figura 2 Stralcio Puc Olbia P1.3_ambiti_di_applicazione_della_disciplina_10k_06.08.2020

L'area è classificata dal PUC come “Zona H2 Zona di interesse naturale”. In merito a ciò si precisa:

Le H2 sono le parti del territorio che rivestono un particolare valore paesaggistico, ambientale o di particolare interesse per la collettività e le aree comprese negli ambiti di interesse paesaggistico e quelle compromesse. Gli interventi ammessi nelle zone H2 sono volti principalmente alla conservazione, valorizzazione e tutela, limitando al massimo le trasformazioni. Gli interventi di tutela e valorizzazione dei beni paesaggistici prevengono eventuali situazioni di rischio,

costruiscono un duraturo equilibrio tra l'attività antropica e il sistema ambientale, migliorano la funzionalità ecosistemica, attivano opportuni sistemi di monitoraggio volti a verificare il mantenimento e miglioramento della biodiversità, evidenziando eventuali situazioni di criticità. Le trasformazioni ammesse sono condizionate: alla minima trasformabilità; alla limitata visibilità; al contenimento delle superfici e dei volumi funzionali alle strette necessità nonché alla loro rapida e completa reversibilità.

3.2. Programma di Fabbricazione di Olbia

Il Programma di fabbricazione è stato adottato con Del. C.C. N. 46 del 03/07/1975.

L'analisi della cartografia evidenzia:

- H-N / Zona di interesse naturale
- HRA / Vincolo aeroportuale.

3.3. Vincolo idrogeologico ex RD 3267/1923

L'area di intervento è soggetta a vincolo idrogeologico ai sensi dell'Art. 1 del RD 3267.

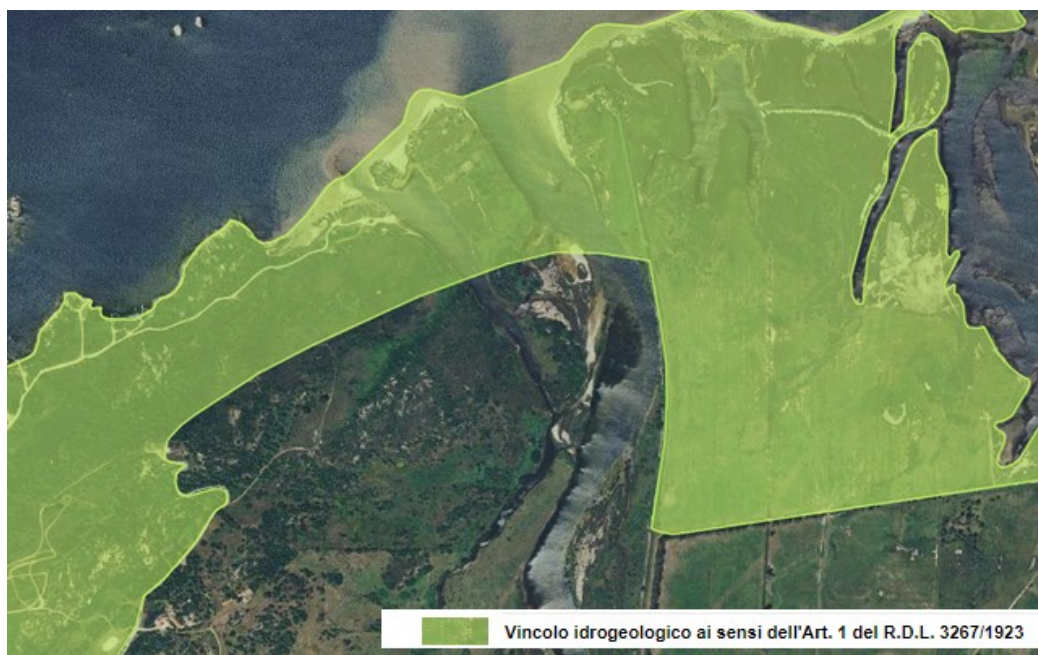


Figura 3- Perimetrazione del vincolo idrogeologico

L'intervento, inquadrandosi come mera manutenzione risulta compatibile con le prescrizioni normative , dovrà essere soggetto ad apposita autorizzazione da parte del Corpo Forestale.

3.4. PAI -Pericolosità da frana

Nell'area di interesse non si rileva la presenza di aree classificate dal PAI a pericolosità da frana.



Figura 4- Piano di assetto idrogeologico- Carta della pericolosità da frana

3.1. PAI e PSFF-Pericolosità idraulica

L'analisi della pericolosità idraulica è stata effettuata sul P.A.I e sul vigente P.S.F.F. A riguardo si precisa che: l'area è classificata dal PSFF come a pericolosità idraulica inondabile ogni 2 anni e ogni 200 anni.



Figura 5- Piano di assetto idrogeologico. carta della pericolosità idraulica



Figura 6- Perimetrazione del PSFF. Carta della pericolosità idraulica

A riguardo si precisa che l'intervento:

- non altera il regime fluviale del Rio Padrongiano in quanto non richiede alcuna variazione della sezione di deflusso ma solo una stabilizzazione del suo argine;
- migliora la difesa dalle alluvioni e la sicurezza delle aree interessate da dissesto idraulico;

risulta pertanto ammissibile ai sensi dell'Art 24 comma 1 delle NTA del PAI e la sua realizzazione non richiede la redazione di uno studio di compatibilità idraulica.

3.2. Piano Paesaggistico Regionale Sardegna

L'area di intervento si inserisce all'interno dell'ambito costiero n. 18 "Golfo di Olbia". Tra le aree tutelate dal PPR si segnala l'interferenza con i beni paesaggistici ex art. 143:

- l'area di intervento ricade all'interno della fascia costiera;
- l'area di intervento ricade nell'area di interesse botanico "Foce del Padrongiano";
- l'area di intervento ricade in area di interesse faunistico;
- l'area di intervento ricade tra le zone umide costiere ex DGR 33/37;
- L'area di intervento ricade nella fascia di tutela fluviale

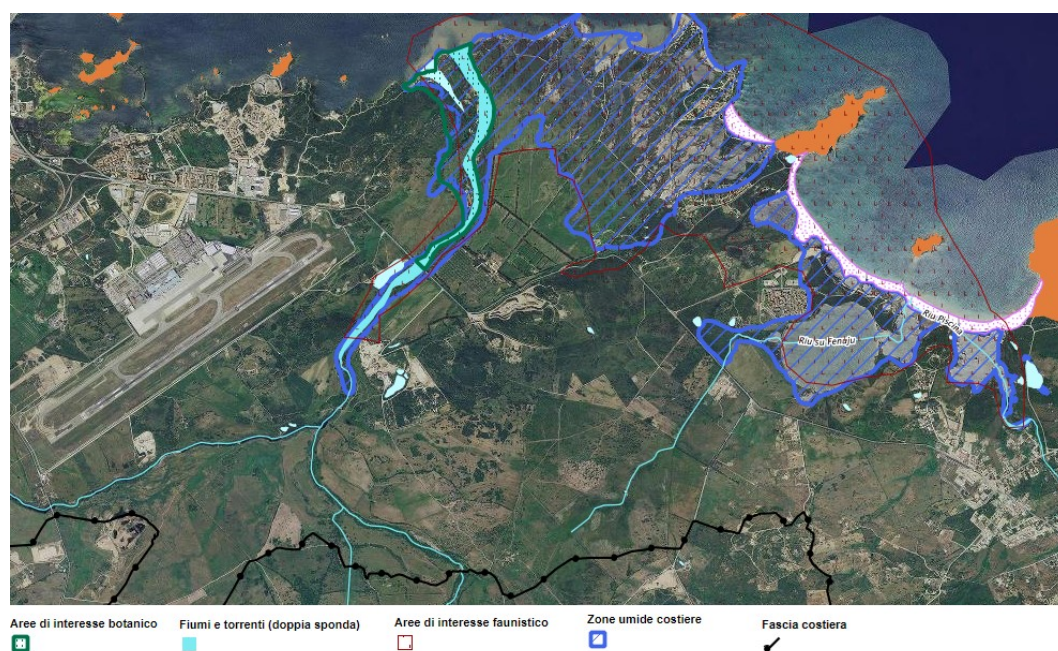


Figura 7- Piano Paesaggistico- beni disciplinati ai sensi dell'Art. 143

Per quanto riguarda le componenti ambientali si segnala l'interferenza con la componente “vegetazione a macchia e in aree umide”.



Figura 8- PPR- Carta delle componenti ambientali

Le NTA del PPR affermano che:

- Negli ambiti di paesaggio sono ammesse le opere di sistemazione idrogeologica (Art.12 delle NTA del PPR);

- Per le aree a rischio idraulico e di frana, così come individuate dalla cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico, si rimanda alla disciplina prevista dagli articoli vigenti delle NTA del PAI che riguardano, tra l'altro, gli interventi consentiti e vietati in tali aree. Nell'ipotesi di sovrapposizione delle discipline del PAI e del P.P.R., si applicano quelle più restrittive (Art.44).
- L'Art 109 definisce che gli interventi volti alla sistemazione idrogeologica devono essere soggetti a verifica della compatibilità paesaggistica.

3.3. SITAP

L'area di intervento ricade tra le aree normate dalla L1497_1939 che disciplina le Aree dichiarate di notevole interesse pubblico, vincolate con provvedimento amministrativo. Di seguito si riportano gli estremi del vincolo: Descrizione - Olbia - Area Panoramica Costiera '68 (Senza Banchine Portuali)

- Atto - DM 10/01/1968 - Codice SITAP – 200135.



Figura 9- Perimetrazione dell'area di notevole interesse pubblico “Olbia - Area Panoramica Costiera '68”

4. SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER LA MITIGAZIONE DEL CROLLO ARGINALE

4.1. Generalità

L'obiettivo del progetto è il consolidamento dell'argine con la sua impermeabilizzazione e la difesa dello stesso dai regimi di piena eccezionali che si sono riscontrati negli ultimi 10 anni e che hanno danneggiato fortemente il sistema fluviale con ripercussioni a monte dello stesso.

Per questo scopo, si sono scelte delle soluzioni che allo stesso tempo costituiscano un sistema di barriera all'infiltrazione sotterranea dell'acqua che instaurano fenomeni di sifonamento e diano una garanzia di stabilità ulteriore al piede dell'argine lato fiume.

Il progetto definitivo esecutivo è frutto di un'analisi nata col progetto di fattibilità tecnico economica che ha riguardato opere raggruppabili in diversi interventi; seguendo l'elenco sopra riportato, si dettagliano nel seguito le scelte progettuali adottate:

Durante la fase di progettazione di fattibilità tecnico economica la scelta definitiva scaturita di con il Consorzio Bonifica della Gallura, ha avuto come indice di priorità le diverse valutazioni circa la cantieriabilità del progetto, l'utilizzo di materiali opportuni e tecniche ingegneristiche appropriate oltre che il costo dell'opera.

In particolare, rispetto al progetto del DPP, proprio a causa delle problematiche e dell'aumento dei costi di elementi e tecniche proprietarie, la progettazione è stata più volte rivista e modificata per essere più vicina possibile ai desiderata dell'amministrazione e all'obiettivo finale di rendere l'argine di un'opera idraulica regionale di secondo livello, funzionale e proteggere i terreni e beni di terzi posteriori all'argine.

Per questo motivo a seguito di opportune e approfondite valutazioni si è optato per un sistema misto Pali trivellati e palancole motivato dalla diversa profondità del massiccio granitico e dalla economicità delle palancole per le zone dove vi è possibilità di infiggerle rispetto alla migliore penetrazione dei pali nel granito affiorante.

La progettazione si è basata, innanzitutto e in via principale, sulle evidenze geologiche e quindi sulle relazioni e analisi topografiche allegate agli elaborati sviluppati in sede di redazione documentale relativa all'analisi geologica.

4.2. Progettazione

Il progetto si sviluppa area di terreno incolto frutto dello spostamento dell'alveo del fiume Padrongianos e della costruzione di un argine, oggi oggetto di difesa.

La presenza del massiccio granitico affiorante fa sì che il sistema palancole possa essere infisso solo dove la quota di infissione permette la stabilità delle palancole, tale profondità è stata individuata una media di 6 metri a fronte di un'altezza media di palancole di 7,5 metri. Per quote di infissione inferiori è necessario utilizzare un sistema di protezione dell'argine differente in quanto il sistema palancole non dà garanzia di stabilità. Il sistema scelto è quello con pali trivellati che possono essere infissi nel massiccio granitico e così raggiungere la profondità necessaria da calcolo. Alla profondità massima raggiunta sia dal palo che dalle palancole verrà iniettato col sistema jet grouting cemento tipo 32.5 e acqua al fine di chiudere eventuali discontinuità tra terreno e opere che si debbano generare

Dovranno essere eseguite opere che avranno carattere permanente di consolidamento dell'argine per poter sostenere la perforatrice a roto percussione che dovrà eseguire i lavori. Il rilevato di terra che verrà posizionato dovrà a raggiungere una densità massima pari al 90% della massima AASHO modificata per il corpo del rilevato e al 95% per gli strati superficiali, con una portanza caratterizzata in superficie da un modulo di deformazione non minore di Kg/cm² (da N/cm²) 500.

Per la mitigazione dell'intervento, si posizioneranno elementi di legno sulla faccia lato fiume delle opere di difesa dell'argine.

4.3. Costruzione palo col sistema pali trivellati

La presente metodologia è quella tradizionale e risale agli inizi del secolo scorso, oggi le attrezzature sempre più potenti sono capaci di sostenere le pareti di scavo mediante fanghi bentonitici e consentono la realizzazione di pali di fondazione di grandi dimensioni 4m di diametro e 100m di profondità.

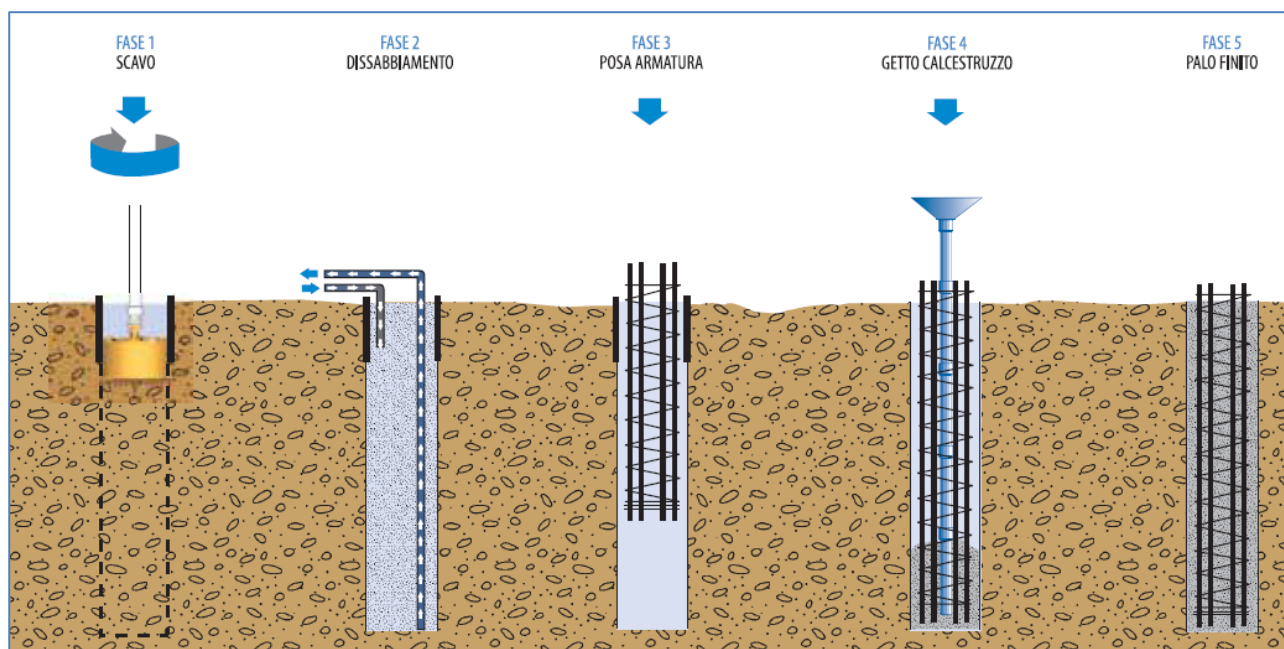
4.3.1. Tecnologia

La tipica sequenza esecutiva di un palo trivellato prevede:

- la rimozione del terreno mediante utensili di scavo adatti alla natura del terreno stesso;
- la “rigenerazione” del fango di perforazione tramite asportazione della frazione più grossolana di terreno in esso contenuta (operazione denominata “dissabbiamento”);
- L'inserimento all'interno del foro della gabbia di armatura;
- il riempimento del foro con calcestruzzo.

Allo scopo di evitare possibili franamenti del terreno più superficiale, è pratica consolidata la preliminare infissione, in asse al palo da realizzare, di un tubo di rivestimento di diametro leggermente superiore al diametro dell'utensile. L'effettiva lunghezza di tale rivestimento dovrà essere definita in relazione alla natura dei terreni da attraversare nei primi metri di scavo. Tale avanzozzo è generalmente infisso nel

terreno per mezzo della testa di rotazione della perforatrice o di un vibro-infissore idraulico agganciato alla gru di servizio.



4.3.2. Sequenza operativa

Fasi di scavo

Lo scavo di un palo trivellato prevede operazioni cicliche da parte dell'operatore:

- l'abbassamento dell'asta di perforazione ("kelly") alla cui base è collegato l'utensile di scavo e l'allineamento di quest'ultimo sull'asse del palo da realizzare;
- lo scavo, mediante azione di rotazione e spinta;
- la risalita alla superficie dell'utensile;
- la rotazione della torretta della perforatrice fino alla posizione di scarico del terreno;
- lo scarico (direttamente a terra o su camion) del terreno contenuto nell'utensile;
- la rotazione della torretta e il riallineamento dell'utensile sull'asse del palo.

Scavo in presenza di fluido

Quando lo scavo è eseguito in terreni sciolti o argille molto soffici sotto falda, è necessario stabilizzare le pareti del foro mediante l'utilizzo di specifici fanghi di perforazione a base di bentonite o polimeri.

Grazie al maggior peso specifico dei fanghi bentonitici rispetto all'acqua ed alla loro capacità di formare uno strato impermeabile sulle pareti del foro, sono in grado di contrastare efficacemente l'ingresso dell'acqua all'interno dello scavo, evitando così possibili franamenti delle pareti del foro. Nel nostro cantiere, il mantenimento del fango di perforazione a livello costante può essere assicurato realizzando un semplice bacino di contenimento con argini in terra attorno al foro ed immettendo nuove quantità di fango di perforazione a mano a mano che il foro si approfondisce.

Per evitare un eccessivo consumo di fango e mantenere in buone condizioni il piano di lavoro, e buona regola lasciar scolare l'utensile al momento della sua uscita dal foro di tutto il fango in esso contenuto prima dello scarico del terreno.

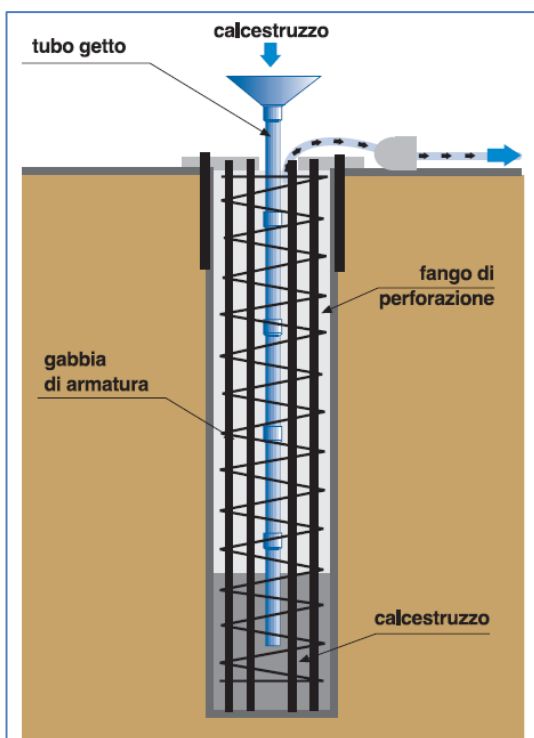
Il fango di perforazione, sia esso a base di bentonite o polimeri, è prodotto in cantiere mediante specifici impianti di mescolazione ad alta turbolenza. Tipici dosaggi di bentonite o polimero per la preparazione di un fango di perforazione sono i seguenti:

- bentonite: 30-70 kg ogni 1.000 di acqua
- polimero: 0,5-3 kg ogni 1.000 di acqua

È importante che in cantiere sia sempre disponibile una quantità di fango tale da compensare eventuali improvvisi abbassamenti del livello del fango dovuti all'intercettazione di terreni incoerenti

particolarmente sciolti o cavità sotterranee. Il fango, per essere considerato idoneo alla stabilizzazione del foro, deve presentare alcune caratteristiche reologiche, quali densità, viscosità e contenuto di sabbia, che devono essere periodicamente controllate durante l'esecuzione dei lavori. Ultimate le operazioni di scavo, si procede alla pulizia del fondo mediante specifico utensile "pulitore" ed al dissabbiamento del volume di fango presente nel foro. Tale operazione si esegue immergendo una pompa centrifuga al fondo del foro e pompando il fango ad una specifica attrezzatura denominata "dissabbiatore". Al dissabbiatore, il fango passa attraverso una serie di vagli vibranti e idro-cycloni che lo separano dai residui di terreno in esso contenuti prima di essere rinviato al foro. Il tutto avviene in un ciclo continuo che permette di mantenere inalterato il livello del fango all'interno dello scavo.

Posa dell'armatura



Non appena completato il dissabbiamento del fango di perforazione ed il controllo finale delle sue proprietà reologiche, si procede all'inserimento nel foro della gabbia di armatura con l'ausilio di una gru di servizio di adeguata capacità come già citato nel capitolo precedente. Nella fase di discesa, all'esterno della gabbia sono applicati appositi distanziali in calcestruzzo o materiale plastico per garantire il rispetto del copriferro laterale di progetto. Al fine di garantire un sufficiente copriferro anche alla base del palo, la gabbia è sorretta e lasciata sospesa nel foro ad una distanza di 15-20 cm dal fondo. Quando è necessario, la gabbia è equipaggiata al suo interno con tubi in ferro da 2" per l'esecuzione di prove soniche non distruttive.

Getto del calcestruzzo

Una volta inserita la gabbia, si procede al riempimento del foro con calcestruzzo. A tale scopo, viene calata in asse del foro una colonna di tubi in ferro di diametro interno non inferiore a 250 mm. La colonna è in genere costituita da elementi di 2 o 3 m di lunghezza, connessi tra loro in successione sino a raggiungere il fondo del foro. Alla testa della colonna viene quindi posto un imbuto all'interno del quale si versa il calcestruzzo.

Facendo scorrere, all'interno dei tubi, il calcestruzzo, questo raggiunge il fondo del foro e comincia a risalire al suo interno. Grazie alla notevole differenza di densità tra i due fluidi presenti nello scavo, il fango di perforazione non si mescola al calcestruzzo, ma viene spinto verso l'alto fino alla superficie,

dove viene aspirato e immesso in apposite vasche di stoccaggio in attesa di un successivo utilizzo. A mano a mano che il calcestruzzo risale all'interno del foro, la colonna di tubi di getto viene accorciata in modo tale da limitare a non più di 3-4 m il suo ammorsamento nel calcestruzzo fresco. Una volta che il calcestruzzo ha raggiunto il livello di progetto, il getto viene sospeso e la colonna estratta completamente dal calcestruzzo

Un tipico cantiere per l'esecuzione di pali trivellati con l'utilizzo di fanghi di perforazione prevede l'impiego delle seguenti attrezzature principali:

- una perforatrice idraulica di scavo;
- una pala o un escavatore a braccio rovescio per l'allontanamento del terreno di risulta dall'area di lavoro;
- un impianto per la produzione del fango di perforazione;
- un impianto per il dissabbiamento del fango di perforazione;
- una gru di servizio per l'inserimento della gabbia di armatura all'interno del foro e per la movimentazione della colonna di tubi di getto del calcestruzzo.

Utensili di scavo

La tipologia e configurazione degli utensili di scavo da impiegarsi è selezionata in relazione alla natura ed alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni da attraversare. Per l'attraversamento di terreni incoerenti o di argille mediamente compatte, può essere utilizzata una trivella o un "bucket". La trivella è costituita da un elemento tubolare centrale attorno al quale è saldata una piastra sagomata a spirale. Lungo il perimetro della piastra elicoidale sono applicati dei denti di taglio di forma cuneiforme. In generale, le trivelle sono adatte allo scavo di terreni argillosi o incoerenti asciutti. La presenza di acqua di falda, infatti, provoca frequentemente la ricaduta nel foro del terreno scavato durante la fase di risalita dell'utensile. Il bucket è costituito da un elemento cilindrico cavo munito al fondo di uno sportello con feritoia incernierato ad una delle estremità del cilindro. Dei denti di taglio saldati sul bordo della feritoia agevolano l'ingresso del terreno all'interno del corpo cilindrico del bucket, impedendone al contempo la fuoriuscita nella fase di risalita. Una volta che l'utensile è in superficie, lo sportello è sganciato dal corpo del bucket ed è così possibile scaricare il terreno presente al suo interno. Essendo un utensile di scavo chiuso, il bucket è adatto allo scavo di terreni incoerenti sciolti o argille soffici sottofalda. Per l'attraversamento di argille molto compatte o terreni rocciosi, può essere utilizzata una trivella da roccia o un carotiere. Una trivella da roccia si differenzia da una trivella tradizionale per la differente tipologia dei denti di taglio impiegati. I denti di una trivella da roccia, infatti, non presentano una configurazione cuneiformi ma conica (detta anche "balistica" per similitudine con l'ogiva di un proiettile), con un elemento di metallo

duro inserito nell'estremità superiore. I denti sono altresì alloggiati in supporti che ne consentono la rotazione attorno all'asse, assicurando così un consumo pressoché uniforme della punta tagliente. Grazie a tale configurazione, una trivella da roccia è adatta allo scavo di argille molto compatte e rocce tenere o molto degradate. Quando si devono attraversare formazioni rocciose molto dure, l'utensile di scavo più adatto è il carotiere. Un carotiere è essenzialmente un bucket privo di sportello al fondo e munito di denti di taglio lungo l'intero suo perimetro inferiore. La particolare disposizione e configurazione dei denti, la cui tipologia può variare a seconda della durezza del terreno da attraversare, fa sì che, una volta penetrata all'interno del corpo cilindrico, la carota di roccia non possa fuoriuscire durante la fase di risalita. Qualsiasi sia la tipologia di utensile impiegato, il collegamento al kelly di perforazione avviene tramite un innesto maschio-femmina. Il kelly è costituito da un gruppo di aste telescopiche (da 3 a 5 in funzione della profondità da raggiungere) la più esterna delle quali è collegata alla testa di rotazione della perforatrice idraulica. Tale sistema permette di trasmettere la necessaria rotazione e spinta sull'utensile.

4.4. Palancole

Le palancole sono nate come opere provvisorie durante gli scavi e sono diventate vere e proprie opere di contenimento permanenti.

I vantaggi rispetto a berlinesi, diaframmi e micropali sono:

- rapidità nella lavorazione;
- Tenuta idraulica dei gargami che, con l'applicazione di sigillanti specifici, può diventare totale impermeabilità;
- nessun svuotamento di materiale nelle aree a monte dello scavo con il muro continuo quando si è in presenza di materiale non coesivo;
- fornitura di profilati pronti all'uso con specifiche di prestazione prestabilite durante la prefabbricazione nell'acciaieria costruttrice;
- adattabilità a qualsiasi geometria di parete (a poligono, a cerchi, ecc..) con elementi ad angolo di varie tipologie;

I fattori che influenzano la scelta tecnica finale sono diversi:

- Stratigrafia terreno in sito;
- contesto ambientali in cui l'opera da costruire è inserita;
- posizione e geometria in pianta del muro di sostegno;
- natura provvisoria o definitiva dell'opera di sostegno;
- metodo di installazione delle palancole;

- budget economico;

Le palancole metalliche tipo in acciaio di profilo “greco” rappresentano oramai da diversi decenni una realtà consolidata nel settore delle opere di contenimento della terra e dell’acqua.

Vengono fornite in diversi profili e lunghezze. Grazie ai particolari profili ogni singolo elemento viene infisso in perfetto collegamento con l’elemento adiacente permettendo la formazione di pareti continue con straordinaria versatilità.

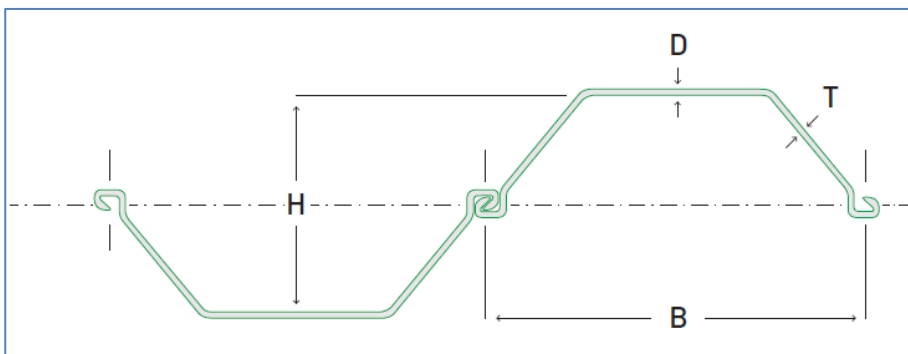
A differenza di altre strutture di contenimento del terreno il regime statico delle palancole è condizionato in maniera determinante dallo stato deformativo sia del terreno che della struttura, per cui il calcolo rigoroso di queste strutture deve essere affrontato come problema di interazione terreno – struttura.

In base al tipo di vincolamento delle paratie, si definiscono vari tipi di strutture:

1. palancole a mensola
2. palancole ancorate
3. palancole multiancorate con tiranti attivi
4. Sbadacchiate con puntoni

I carichi che agiscono sulla palancolata saranno:

1. Diretti (forze e momenti sulla struttura)
2. Spinta del terreno
3. Incrementi di spinta del terreno per carichi indiretti agenti sul terreno
4. Sismici
5. Idraulici
6. Deformazioni imposte





4.4.1. Sezione

Esistono molteplici sezioni utilizzabili per questo tipo di opera:

La Sezione a Z che combina una sezione dalle straordinarie caratteristiche con la provata qualità del giunto Larssen, è caratterizzata dalla continuità dell'anima e dalla specifica posizione dei giunti disposti simmetricamente su entrambi i lati dell'asse neutro. Questi fattori incidono positivamente sul modulo di resistenza. I principali vantaggi di questa sezione sono:

- Rapporto estremamente competitivo tra modulo di resistenza e massa
- Inerzie elevate e, quindi, deformazioni ridotte
- Larghezza ampia e, quindi, migliore performance durante l'infissione
- Buona resistenza alla corrosione ottenuta maggiorando gli spessori nei punti critici.

La sezione a U, i cui vantaggi offerti sono molteplici:

- Ottimizzazione tecnica ed economica sulla base delle specifiche di progetto grazie all'ampia gamma di profili dalle differenti caratteristiche geometriche.
- Eccellenti proprietà statiche dovute ad una sapiente distribuzione delle masse (grande profondità(h) ed elevati spessori delle ali).
- Profili particolarmente adatti al reimpiego grazie alla loro simmetria.
- Possibilità di accoppiare e punzonare direttamente in stabilimento (questo migliora la qualità e la performance in fase d'infissione).
- Facilità di fissaggio dei tiranti e dei collegamenti bullonati anche sott'acqua.

– Buona resistenza alla corrosione ottenuta tramite la maggiorazione degli spessori nei punti critici.

I giunti delle varie serie sono tra loro compatibili all'interno della stessa tipologia di profilo con un angolo consentito teorico di 15°.

4.4.2. I sistemi di ancoraggio

Le palancolate necessitano di una corretta profondità d'infissione e, spesso, di un supporto alla testa. Talvolta è sufficiente l'uso di controventi interni, ma pareti definitive, o comunque di grandi dimensioni, sono spesso tirantate ad una parete d'ancoraggio correttamente posizionata. Altre modalità sono l'ancoraggio ad iniezione, tramite pali, etc...

Per una maggiore stabilità in caso di non raggiungimento della quota minima di infissione si progetta una doppia palancolata interconnessa attraverso tiranti rifollati ammorsati su piastre d'appoggio fissate su una trave di ripartizione del carico.



4.4.3. Durabilità

L'acciaio, posto in acqua, nel terreno o più semplicemente in atmosfera, è soggetto al fenomeno della corrosione.

Danneggiamenti ed effetti corrosivi localizzati vengono risolti dall'ordinaria manutenzione in loco. Generalmente, però, la vita minima prevista e l'accessibilità dell'opera stessa suggeriscono l'utilizzo di una protezione:

– Rivestimento (tipicamente nella sola zona più aggressiva)

- Spessore di sacrificio o grado dell'acciaio più elevato per garantire maggiori riserve
- Utilizzo del grado d'acciaio ASTM A690 per opere marittime
- Scelta di evitare momenti flettenti importanti nella zona di massima corrosione
- Estensione della trave di coronamento in cemento al di sotto del livello di bassa marea.
- Protezione catodica attiva o passiva.

4.4.4. Grado di corrosione

Le massime sollecitazioni, nelle strutture marine realizzate in palancole, sono, spesso, localizzate nella zona d'immersione permanente laddove la perdita di spessore è sensibilmente inferiore a quella che si registra nella zona di bagnasciuga (splash zone). Le tensioni nelle zone di maggiore aggressione (bagnasciuga e acqua bassa) sono generalmente minime.

Queste zone non sono, quindi, critiche nonostante possono diventarlo se non adeguatamente protette.

4.4.5. Superficie di rivestimento

La classica protezione per palancole in acciaio consiste nel rivestimento della superficie con sistemi di verniciatura, regolamentati dalla EN ISO 12944. È essenziale preparare adeguatamente la superficie al trattamento eliminando le scorie di laminazione tramite una sabbiatura abrasiva (cf. ISO 8501-1). La maggior parte dei sistemi si compone di una o due mani di primer, di uno strato intermedio e di uno strato superiore. I primer a base di zinco sono spesso utilizzati per le loro buona capacità d'inibire la corrosione.

Lo strato intermedio ha il compito di incrementare lo spessore totale aumentando così la distanza tra l'umidità e la superficie. Lo strato superiore si applica per dare il colore scelto e per preservare lo strato intermedio (vernici poliuretaniche) o per aumentare la resistenza ad aggressioni chimiche e meccaniche come nel caso di strutture in mare (vernici epossidiche). I sistemi di verniciatura qui di seguito sono proposti per le diverse condizioni ambientali in accordo alla classificazione delle EN ISO 12944.

4.4.6. Immersione in ambiente marino

Queste strutture devono garantire prestazioni elevate per lunghi periodi e non possono accettare compromessi sulla qualità. Abrasioni ed impatti possono danneggiare la protezione che, quindi, deve essere adeguatamente applicata e regolarmente ispezionata. Talvolta si affianca anche la protezione catodica quando è compatibile.

4.4.7. Impermeabilità

Il passaggio d'acqua attraverso una palancolata in acciaio può avvenire solo tramite i giunti. Grazie alla sua particolare forma, il giunto di tipo Larssen offre automaticamente un'elevata resistenza alla filtrazione, pertanto i sistemi di impermeabilizzazione non sono necessari per applicazione, quali muri di sostegno temporanei, in cui un flusso d'acqua moderato è consentito. Qualora modeste quantità d'acqua non siano, però, tollerabili (es. pareti di siti contaminati o di contenimento per spalle di ponte, tunnels, etc...) si raccomanda l'utilizzo di palancole doppie con giunto centrale impermeabilizzato o saldato.

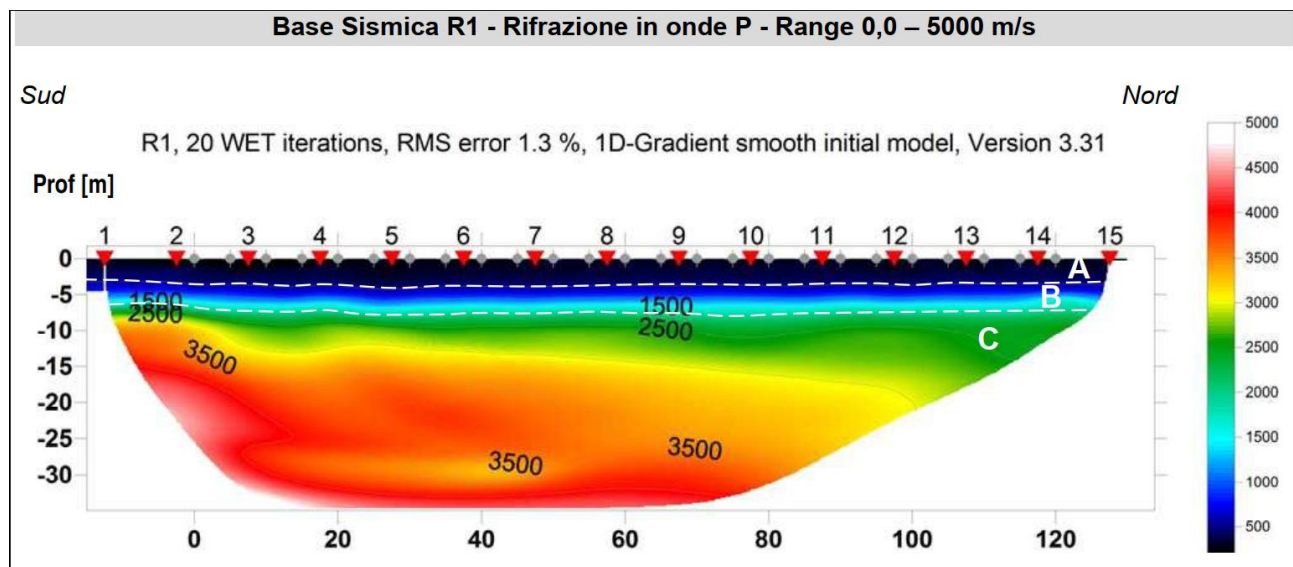
5. PROFONDITÀ PALI/PALANCOLE

Con l'attento studio geologico si è determinata la quota negativa alla quale rispetto al livello dell'acqua si trova il basamento granitico.

Si è deciso di imporre l'altezza dei pali ad un livello di guardia giallo ovvero ad un'altezza di 1,5 metri sul livello del fiume in modo che non sia impattante dal punto di vista ambientale e allo stesso modo garantisca di preservare l'argine nei periodi non emergenziali.

L'infissione nel manto granitico potrebbe non essere necessaria per la stabilità delle palancole e dei pali, nei tratti dove la profondità sia sufficiente a bilanciare le sollecitazioni esterne.

La profondità del trovante granitico a partire dal livello del mare è, come esplicitato nel grafico dell'indagine sismica sottostante, variabile. Guardando le cassette dell'allegato F della relazione geologica si evince che nel tratto tra S3 e S6 si passa da una profondità sottolm S3= 6.30, S4=3.70, S5=4.2, S6=7.5 (ma su S6 si presume possa essere più profondo), pertanto il progetto delle palancole deve essere abbandonato nel tratto tra S3-S4 fino al tratto S5-S6 quindi per circa 40 metri dove dovrà essere considerato l'utilizzo di un altro sistema di contenimento.



La seguente tabella ipotizza l'altezza di infissione delle palancole un prolungamento di 1.5 sopra il livello del mare.

Sondaggio	Profondità piede argine	media	Altezza slF	Lung. Palancole
S1	10		1,5	6.50
S2	8,9	9,45	1,5	6.50
S6	7,5	6,675	1,5	6.50
S7	9,1	8,3	1,5	6.50
S8	8,6	8,85	1,5	6.50
S9	9,3	8,95	1,5	6.50
s10	9	9,15	1,5	6.50

La tabella seguente indica le profondità del substrato granitico affiorante sul quale vanno infissi i pali 400mm

Perforazione	Altezza slF	Lung. Palo
S3.1-S4.2	1,5	8.5
S4.2-S4.1	1,5	7,5
S4.1-S5.2	1,5	7.00
S5.2-S5.1	1,5	7,75
S5.1-S6.1	1,5	8.50

6. SCELTA DELL' OPERA DI PRESERVAZIONE

La combinazione di molteplici problematiche che caratterizzano l'area di intervento, come: la conformazione e la profondità rispetto il livello del mare del substrato roccioso granitico, la resistenza e le dimensioni dell'argine esistente, l'impatto ambientale dello stato realizzato e non ultimo il costo dell'opera, impongono una riflessione sui diversi sistemi che sono stati considerati e analizzati .

Il sistema a pali DN400 infissi con roto percussione e secanti tra loro con l'utilizzo di palancole è il sistema di protezione scelto.

L'utilizzo delle palancole, che non vengono infisse nel trovante granitico, ma infisse a rifiuto, genera il dubbio sull'innesco del fenomeno di sifonamento, soprattutto per quote di infissione modeste. Infatti, Terzaghi ha indagato l'instabilità al fenomeno di trascinamento del materiale fine che si può verificare al piede di valle di una platea di una traversa.

Con riferimento alla Figura 10 , per una ritenuta limitata da un diaframma infisso alla profondità s_0 , Terzaghi ha ipotizzato che una porzione di terreno larga $s_0/2$ e profonda s_0 , possa essere interessata al sifonamento.

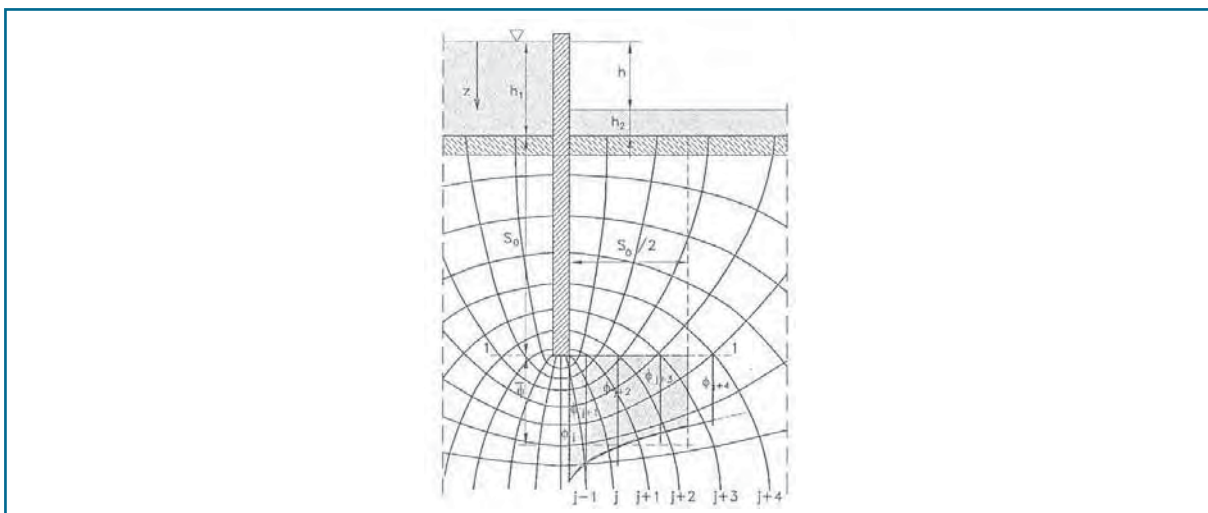


Figura 10 – Schema di calcolo secondo Terzaghi [Da Deppo, Datei, 2001].

Pertanto, è necessario, in via preliminare verificare il sifonamento indotto che evidentemente ha più probabilità di innescarsi per modeste profondità di infissione.

Il metodo di Bligh (1910), per determinare il coefficiente di sicurezza per le rotture di sifonamento, valuta il rapporto di scorrimento C, tra il percorso L più breve della filtrazione che l'acqua

compie nel terreno di fondazione del rilevato (la lunghezza della base dello sbarramento) e la differenza delle quote del pelo libero a monte e a valle della diga (h_1-h_2):

$$C = \frac{L}{h_1 - h_2} \leq C^* \quad ($$

Vengono indicati i valori di soglia C^* , dipendenti dalla tipologia dei terreni, che devono essere superati dal rapporto C , per garantire la sicurezza del corpo diga).

Tabella 1 Valori di soglia del fattore di sicurezza C^* di Bligh dipendenti dalla tipologia dei terreni.

TIPO DI TERRENO	C^*
Sabbia molto fine o limo	18
Sabbia fine	15
Sabbia e ghiaia	12
Ciottoli misti a sabbia	9,5
Ciottoli	4

Il metodo migliore pertanto appare un sistema misto: palancole e pali secanti trivellati per quote di substrato granitico non profonde come tra le sezioni intermedie S3-S4 e fino alle sezioni intermedie S5-S6. Per dare un'ulteriore garanzia di blocco al sifonamento per quanto riguarda le palancole che non possono essere infisse nel substrato granitico si possono fare dei getti di cemento ad alta pressione al piede della palanca per una quantità sufficiente in altezza pari ad almeno 50cm.

La stabilità delle palancole non garantita dalla profondità di infissione è data dalla costruzione di un sistema a cavalletto palanca-trave-micropalo dove il micropalo è infisso nel granito per una profondità data dal calcolo.

6.1. Inserimento delle opere nel contesto territoriale

6.1.1. Generale

Le opere di manutenzione straordinaria e ordinaria non andranno a modificare in alcun modo il contesto territoriale andando ad operare in profondità, sarà visibile una barriera su livello di allerta che dovrà essere mitigata con sistemi di ingegneria naturalistica.

Tali sistemi prevedono l'utilizzo di legno marittimo tipo:

6.1.2. Azobé / Ekki *

Famiglia. Ochnaceae

Nomi botanici

Lophira alata Banche (Syn. *Lophira procera*)

Continente. Africa

CITES (Convenzione di Washington del 2017) Nessuna restrizione commerciale

Descrizione registro

Diametro. Da 60 a 100 cm

Spessore dell'alburno. Da 2 a 4 cm Galleggiabilità. Non galleggia

Conservazione dei tronchi. Buona

Descrizione del legno

Colore di riferimento. Rosso scuro

Alburno. Chiaramente delimitato

Struttura. Grossolana

Grano. Grana intrecciata

Grana intrecciata. Segnato

Appunti. Legno da rosso scuro a marrone violaceo. Zona intermedia tra alburno e durame. Depositi bianchi nei pori.

Proprietà fisiche e meccaniche

Proprietà	Valore medio
Densità(1)	1.06
Durezza Monnin (1)	10.7
Coefficiente di ritiro volumetrico	0,69% per ^o %
Ritiro tangenziale totale (T's): Ritiro	10,3%



radiale totale (Rs):	7,3%
Rapporto di anisotropia T / R	1.4
Punto di saturazione della fibra	28%
Conducibilità termica (λ)	0,34 W / (m · K)
Potere calorifico inferiore	19.590 kJ / kg
Forza di schiacciamento (1)	96 MPa
Resistenza alla flessione statica (1)	162 MPa
Modulo di elasticità longitudinale (1)	21.420 MPa

(1) al 12% di umidità, con $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N} / \text{mm}^2$

Durata e trattabilità naturali

Resistenza alla decomposizione. Classe 2 - durevole

Resistenza alla trivellazione del legno secco. Classe D - durevole (alburno delimitato, rischio limitato all'alburno)

Resistenza alle termiti. Classe D - durevole **Trattabilità.** Classe 4 - non trattabile

Classe d'uso coperta da durevolezza naturale Classe 4 - a contatto con il terreno o con acqua dolce

Questa specie è elencata nello standard NF EN 350. Il legno di transizione ha una durata variabile. Buona resistenza alle trivellazioni marine in acque temperate ma moderata resistenza in acque tropicali. Questa specie è quindi considerata "moderatamente durevole" per i trivellatori marini e copre la classe di utilizzo 5 solo se utilizzata in acqua salata temperata o fredda, acqua di mare o acqua salmastra. Secondo la norma europea NF EN 335 del maggio 2013, la durata delle prestazioni potrebbe essere modificata dalle condizioni in cui viene utilizzata.

Trattamento di conservazione

Contro gli attacchi di piralide del legno secco. Questo legno non necessita di alcun trattamento di conservazione

In caso di umidificazione temporanea. Questo legno non necessita di alcun trattamento di conservazione

In caso di umidificazione permanente. Questo legno non necessita di alcun trattamento di conservazione

Essiccazione

Tasso di essiccazione. Lento

Rischio di distorsione. Alto rischio

Rischio di incrudimento. Nessun rischio specifico noto

Rischio di controllo. Alto rischio

Rischio di collasso. Nessun rischio specifico noto

Periodo di essiccazione all'aria consigliato (da 3 a 4 mesi al riparo) prima dell'essiccazione in forno. Essiccazione molto difficile per spessori > 38 mm.

Segatura e lavorazione

Effetto ottundente. Piuttosto alto Dente per segare. Con punta in stellite

Strumenti di lavorazione. Carbuio di tungsteno

Idoneità al peeling. Non consigliato o senza interesse

Idoneità all'affettatura. Non consigliato o senza interesse

Consigliata la segatura di tronchi (tensioni interne). Alcune difficoltà in planata dovute al grano intrecciato.

Assemblaggio

Chiodatura / avvitamento. Buono necessaria prefratura

Peso specifico molto alto: importante che l'incollaggio venga eseguito nel rispetto del codice di condotta e delle istruzioni per la colla utilizzata.

6.1.3. Okan

Famiglia. Leguminosae (Mimosaceae)

Nome botanico

Cylicodiscus gabunensis Danni

Continente. Africa

CITES (Convenzione di Washington del 2017) Nessuna restrizione commerciale

Descrizione registro

Diametro. Da 90 a 150 cm

Spessore dell'alburno. Da 5 a 8 cm **Galleggiabilità.** Non galleggia

Conservazione dei tronchi. Buona

Descrizione del legno


Colore di riferimento. rosso marrone **Alburno.** Chiaramente delimitato **Struttura.** medio

Grano. Grana intrecciata

Grana intrecciata. Segnato

Appunti. Odore sgradevole quando è verde. Il durame giallo bruno diventa rosso bruno con l'esposizione.

Proprietà fisiche e meccaniche



Proprietà	Valore medio
Densità(1)	0,91
Durezza Monnin (1)	10,3
Coefficiente di ritiro volumetrico	0,61% per%
Ritiro tangenziale totale (Ts): Ritiro	7,9%
radiale totale (Rs):	5,8%
Rapporto di anisotropia T / R	1,4
Punto di saturazione della fibra	25%
Conduttività termica (λ)	0,29 W / (m · K)
Potere calorifico inferiore	19.410 kJ / kg

Forza di schiacciamento (1)	82 MPa
Resistenza alla flessione statica (1)	134 MPa
Modulo di elasticità longitudinale (1)	22.260 MPa

(1) al 12% di umidità, con $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N} / \text{mm}^2$

Durata e trattabilità naturali

Resistenza alla decomposizione. Classe 1 - molto resistente

Resistenza alla trivellazione del legno secco. Classe D - durevole (alburno delimitato, rischio limitato all'alburno)

Resistenza alle termiti. Classe D - durevole **Trattabilità.** Classe 4 - non trattabile

Classe d'uso coperta da durevolezza naturale Classe 4 - a contatto con il terreno o con acqua dolce

Questa specie è elencata nello standard NF EN 350. Questa specie copre naturalmente la classe d'uso 5 (legno in modo permanente o regolarmente immerso in acqua salata, acqua di mare o acqua salmastra) per il suo elevato peso specifico e la sua durezza. Secondo la norma europea NF EN 335 del maggio 2013, la durata delle prestazioni potrebbe essere modificata dalle condizioni in cui viene utilizzata.

Trattamento di conservazione

Contro gli attacchi di piralide del legno secco. Questo legno non necessita di alcun trattamento di conservazione

In caso di umidificazione temporanea. Questo legno non necessita di alcun trattamento di conservazione

In caso di umidificazione permanente. Questo legno non necessita di alcun trattamento di conservazione

Essiccazione

Tasso di essiccazione. Lento

Rischio di distorsione. Alto rischio

Rischio di incrudimento. Nessun rischio specifico noto

Rischio di controllo. Alto rischio

Rischio di collasso. Nessun rischio specifico noto

Programma di asciugatura suggerito. Programma n. 7 (vedi nota esplicativa)

Segatura e lavorazione

Effetto ottundente. Piuttosto alto

Sawteeth consigliato. Con punta in stellite

Strumenti di lavorazione. Carburo di tungsteno

Idoneità al peeling. Non consigliato o senza interesse

Idoneità all'affettatura. Non consigliato o senza interesse

Appunti. Difficile ottenere una buona finitura a causa delle venature a volte molto intrecciate.

Tendenza a lacerarsi su quartersawn.

Assemblaggio

Chiodatura / avvitamento. Buono necessaria preforatura

Appunti. Peso specifico elevato: importante che l'incollaggio venga eseguito nel rispetto del codice di condotta e delle istruzioni per la colla utilizzata.

Classificazione commerciale

Classificazione dell'aspetto del legname segato

Secondo le regole di classificazione SATA (1996)

7. SIMULAZIONE FOTOGRAFICA RESA



Figura 11 Prima dell'intervento



Figura 12 Dopo l'intervento

8. PROVENIENZA DEI MATERIALI UTILIZZATI E DESTINAZIONE DEI MATERIALI DI RISULTA

Le opere descritte nel presente progetto sono riconducibili alle seguenti categorie:

1. Scavi dei terreni;

A tale scopo si segnala la presenza nelle vicinanze di diverse attività di cava già esistenti ed attive; il riutilizzo dei rifiuti prodotti dalle attività di estrazione risulta, fra le altre cose, in linea ed in coerenza con le più attuali norme in materia di rifiuti.

La produzione di rifiuti dovrebbe essere alquanto limitata, atteso che gran parte dei materiali provenienti da demolizione del paramento verrà riutilizzata.

Vista la sensibilità dell'area, si provvederà comunque alla rimozione di tutti i materiali di risulta, senza consentire l'abbancamento temporaneo degli inerti in prossimità del corso d'acqua.

8.1. Normativa di riferimento

EN 1011-2:2001/A1:2003 Welding. Recommendations for welding of metallic materials. Part 2: Arc welding of ferritic steels

EN 1090-2:2018 Execution of steel structures and aluminium structures. Part 2: Technical requirements for steel structures

EN 1990:2002/A1:2005/AC:2010 Eurocode 0: Basis of structural design

EN 1993-5:2007/AC:2009 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 5: Piling

EN 1997-1:2004/AC:2009/A1:2013 Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules

EN 10020:2000 Definitions and classification of grades of steel

EN 10219-1:2006 Cold formed structural welded

hollow sections of non-alloy and fine grain steels

– Part 1: Technical delivery requirements

EN 10219-2:2006 Cold formed welded structural

hollow sections of non-alloy and fine grain steels

– Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties

EN 16228-1:2014 Drilling and foundation equipment. Safety. Part 1: Common requirements

EN 16228-2:2014 Drilling and foundation equipment. Safety. Part 2: Mobile drill rigs for civil and geotechnical engineering, quarrying and mining

EN 16228-7:2014 Drilling and foundation equipment. Safety. Part 7: Interchangeable auxiliary equipment

Normative

NTC 2018 Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 C.S.LL.PP.

NTC 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e sue integrazioni

D.M. 88 + D.M. 96

Sommario

1. PREMESSA	1
2. AREA DI INTERVENTO	3
3. INQUADRAMENTO VINCOLISTICO	5
3.1. PUC ADOTTATO	5
3.2. PROGRAMMA DI FABBRICAZIONE DI OLBIA	6
3.3. VINCOLO IDROGEOLOGICO EX RD 3267/1923	6
3.4. PAI -PERICOLOSITÀ DA FRANA.....	6
3.1. PAI E PSFF-PERICOLOSITÀ IDRAULICA	7
3.2. PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE SARDEGNA	8
3.3. SITAP 10	
4. SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER LA MITIGAZIONE DEL CROLLO ARGINALE 11	
4.1. GENERALITÀ.....	11
4.2. PROGETTAZIONE	11
4.3. COSTRUZIONE PALO COL SISTEMA PALI TRIVELLATI	12
4.3.1. Tecnologia.....	12
4.3.2. Sequenza operativa.....	14
4.4. PALANCOLATE.....	17
4.4.1. Sezione.....	19
4.4.2. I sistemi di ancoraggio.....	20
4.4.3. Durabilità.....	20

4.4.4.	Grado di corrosione.....	21
4.4.5.	Superficie di rivestimento.....	21
4.4.6.	Immersione in ambiente marino.....	21
4.4.7.	Impermeabilità	22
5.	PROFONDITÀ PALI/PALANCOLE.....	22
6.	SCELTA DELL' OPERA DI PRESERVAZIONE	24
6.1.	INSERIMENTO DELLE OPERE NEL CONTESTO TERRITORIALE	25
6.1.1.	Generale.....	25
6.1.2.	Azobé / Ekki *.....	26
6.1.3.	Okan.....	28
7.	SIMULAZIONE FOTOGRAFICA RESA.....	32
8.	PROVENIENZA DEI MATERIALI UTILIZZATI E DESTINAZIONE DEI MATERIALI DI RISULTA	33
8.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	33