






COMUNE DI TAVOLETO 		REGIONE MARCHE 	
COMMITTENTE: <p align="center">UNIONE MONTANA DEL MONTEFELTRO PROVINCIA DI PESARO E URBINO</p> 			
LAVORO: CONSOLIDAMENTO DI SPONDE FLUVIALI CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA-PULIZIA DELL'ALVEO FLUVIALE LUNGO IL RIO VENTENA DI CASTELNUOVO NEL TERRITORIO COMUNALE DI TAVOLETO <p align="center">PROGETTO ESECUTIVO</p>			
ELABORATO: <p align="center">4</p>		OGGETTO: <p align="center">RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</p>	
			
RIF.: <p align="center">76/2019</p>	PROGETTISTA - DIRETTORE DEI LAVORI <p align="center">Dr. Geol. Filippo Piscaglia</p> <p>Via Risorgimento, 18/A – 61020 Sassocorvaro Auditore (PU) – cell. 377 4206709 – e mail filippo.piscaglia@studio-gest.com – C.F. PSCFPP80E23F137H – P.IVA 02419680414</p>		RESPONSABILE DELLA SICUREZZA <p align="center">Geom. Davide Fraternali</p> <p>Via Santa Maria in Tria, 15 – 61049 Urbania (PU) cell. 328 9433415 – e mail fraternali.davide81@gmail.com – C.F. FRTDVD81A13L500K – P.IVA 02219550411</p>
DATA: <p align="center">giugno 2019</p>			
 <p align="center">Studio Geologico Associato GEST Geo-Energy Solutions & Technologies di Del Moro e Piscaglia</p>		<p align="right">Via Risorgimento 18/A – 61020 Sassocorvaro Auditore (PU) P.IVA 02419680414 www.studio-gest.com - info@studio-gest.com</p> <p align="right">Dr. Geol. Stefano Del Moro - cell. 377 4206091 Dr. Geol. Filippo Piscaglia - cell. 377 4206709</p>	

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA**
- 3. UBICAZIONE E TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI**
- 4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI**
 - a. OPERE DI DIFESA SPONDALE**
 - b. PROTEZIONE FONDAZIONE PILA PONTI**
 - c. RIPULITURA ALVEO**
- 5. EFFETTI LEGATI ALLA REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI**
- 6. NOTA SUI PREZZI ADOTTATI**

1 - PREMESSA

Sulla base di sopralluoghi effettuati e delle informazioni raccolte durante gli incontri con i rappresentanti dell'Amministrazione, è emerso che il tratto del Rio Ventena di Castelnuovo, considerato nel presente studio, è interessato da problemi di carattere locale quali erosione spondale, eccessivo accumulo di materiale ghiaioso e presenza di tronchi e alberi all'interno dell'alveo, discontinuità idrauliche e tratti fluviali poco diversificati. Questo tipo di problemi possono essere risolti con interventi localizzati, limitati all'alveo e alla fascia perifluviale; una descrizione degli interventi di progetto, mediante tecniche di ingegneria naturalistica, viene fornita nel paragrafo successivo.

2 - INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

L'**ingegneria naturalistica** è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, come materiale da costruzione, del materiale vegetale vivo (piante o parti di esse) in abbinamento con altri materiali inerti non cementizi quali il pietrame, terreno, legname, l'acciaio, anche in unione con stuoie in fibre vegetali o sintetiche. L'impiego di queste opere facilita il consolidamento del terreno e la sistemazione idrogeologica, fondamentale nelle zone a rischio erosione.

L'ingegneria naturalistica è particolarmente indicata in caso di interventi di sistemazione idraulica e riqualificazione ambientale in ambito fluviale:

- interventi sulle sponde, al fine di consolidarle e/o difenderle dall'erosione;
- interventi in alveo sui processi fluviali;

Nel presente lavoro vengono considerati esclusivamente gli interventi in ambito fluviale, partendo dalla filosofia di tali interventi, fino a descriverne le tecniche costruttive.

Gli interventi di ingegneria naturalistica in ambito fluviale hanno spesso l'obiettivo di riparare i danni, arrecati da precedenti azioni, alla diversità e alle dinamiche di un ecosistema, tentando di ritornare il più possibile vicino alle condizioni e alle funzioni antecedenti. L'approccio più idoneo non è tanto quello di ricostruire gli ambienti degradati o alterati, quanto quello di intervenire sui processi fluviali (ad esempio ridirezionando il flusso della corrente), in modo che siano essi stessi a ricreare un

habitat idoneo. Nella sua evoluzione futura il fiume tenderà a raggiungere, con i nuovi interventi, una condizione di equilibrio morfologico.

I principi guida di ogni intervento, qualunque sia la finalità (semplice miglioramento dell'habitat di alcuni tratti oppure completa rinaturalizzazione), devono tendere all'incremento della diversità ambientale su micro-macro scala e al ripristino delle connessioni longitudinali e laterali, in modo da ricucire le frammentazioni fra sistemi e ripristinare gli interscambi funzionali (scambi di materia ed energia).

I singoli accorgimenti tecnici di rinaturalizzazione possono essere classificati in base alla loro struttura (pennelli, deflettori, soglie, ecc.), ai materiali impiegati (massi, vegetazione, legname, ecc.), alla loro funzione (creazione di buche o raschi, dissipazione di energia in eccesso, variazioni locali di substrato o di pendenza, ecc.), alla componente biologica prescelta (fauna ittica, macroinvertebrati, mammiferi), al tipo di misure adottate (strutturali, gestionali, manutentive), alla scala di intervento (microhabitat, corridoio fluviale, bacino imbrifero).

Negli ultimi anni si è affermato a livello internazionale un nuovo approccio a questi problemi, con lo svilupparsi di tecniche innovative per il recupero di zone degradate o artificializzate, classificabili come tecniche di ingegneria naturalistica.

Tali tecniche si differenziano da quelle costruttive tradizionali in quanto utilizzano, quali materiali di costruzione, piante viventi, parti di piante o addirittura di intere biocenosi vegetali, insieme a materiali inerti quali pietrame, terra, legname, geotessuti e reti metalliche.

L'ingegneria naturalistica è in grado di svolgere contemporaneamente più funzioni:

- **funzione idrogeologica**: consolidamento del terreno, copertura del terreno, protezione del terreno dall'erosione idrica, eolica, drenaggio del terreno; nella maggior parte dei casi il vantaggio strutturale che ne consegue è dovuto all'apparato radicale di alcuni tipi di piante, rientranti nella categoria delle specie pioniere. Mediante l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica è possibile operare modifiche sulla morfologia e sull'idraulica di un corso d'acqua; tali modifiche permettono un arricchimento della morfologia stessa, diminuendo la

monotonia dei tratti canalizzati, recuperando, ove possibile, vecchi meandri, ampliando le sezioni in area golenale o creando delle casse di espansione arginate;

- **funzione ecologica e naturalistica**: creazione di macro e micro ambienti naturali, recupero di aree degradate, sviluppo di associazioni vegetali autoctone, miglioramento delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli; incremento della diversità di habitat, tramite la ricreazione di tratti ad alternanza pool-riffle, il ripristino dell'andamento a meandri (ad esempio con deflettori o introduzione di massi in alveo), la creazione diretta di rifugi per la fauna ittica, la modificazione della granulometria del substrato di fondo
- **funzione estetico-paesaggistica**: l'utilizzo di queste tecniche consente una riduzione dell'impatto visivo ma anche naturalistico, dovuto ad alcune opere ingegneristiche ritenute necessarie (mitigazione di impatti visivi, inserimento ambientale ed architettonico di opere ed infrastrutture ritenute necessarie).

Un ulteriore aspetto positivo dell'ingegneria naturalistica è costituito dai costi limitati di realizzazione degli interventi, specie se confrontati con quelli realizzati con tecniche tradizionali; s'ipotizza una riduzione dei costi stimabile tra il 40 e il 90% (Regione Emilia Romagna – Assessorato all'Ambiente, Regione del Veneto – Assessorato Agricoltura e Foreste, 1993).

I materiali impiegati negli interventi di ingegneria naturalistica sono:

- materiali vegetali: sementi, piante, talee, rizomi, zolle erbacee;
- materiali organici inerti: legname, radici, reti di juta, fibre di cocco, stuoie in fibre vegetali, paglia, fieno, compost e concimi organici;
- pietrame;
- ferro e acciaio: reti, cavi, paletti, griglie;
- materiali di sintesi: griglie, reti, geotessuti, collanti chimici, fertilizzanti.

Nelle pagine che seguono viene presentata una descrizione dettagliata degli interventi di rinaturalizzazione adatti per il caso in esame.

3 - UBICAZIONE E TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI

Sulla Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000, la zona ricade nel Foglio n° 267 sezione 150 "Auditore". A livello catastale, gli interventi ricadranno in aree demaniali e comunque in ambiti interessati dall'attuale alveo e dalle attuali sponde fluviali. Le ricognizioni eseguite con i tecnici dell'Unione Montana Montefeltro e del Comune di Tavoletto, hanno permesso l'inquadramento di alcune criticità, per le quali si rende necessario un intervento di sistemazione idraulica. In considerazione delle risorse finanziarie disponibili, si è ritenuto di prendere in considerazione le seguenti criticità rilevate riguardanti principalmente la difesa e la stabilizzazione spondale e la pulizia e rimodellazione dell'alveo:

1. in località Torricella, in sinistra idrografica, subito a monte del ponte, è presente un affluente intermittente (un fosso interpoderale), caratterizzato da una buona portata nei momenti piovosi, che causa una forte erosione della sponda fluviale causando crolli e smottamenti e trasporto di materiale all'interno dell'alveo;
2. all'altezza del ponte posto in località Torricella, le pile dello stesso, già oggetto di intervento di consolidamento nel 2014 sono soggette a scalzamento del basamento a causa dell'importante trasporto solido del Torrente Ventena caratterizzato dalla presenza massiccia dei cosiddetti cogoli, tipici delle formazioni affioranti a monte del sito oggetto del presente studio;
3. in corrispondenza del ponte posto su via delle cannelle, all'inizio della strada che risale verso Tavoletto, la situazione di criticità per scalzamento al piede delle pile (specie di quella in sinistra idrografica) si ripropone come nel punto precedentemente descritto. Inoltre in questo punto, in destra idrografica si raccoglie in maniera disordinata e non canalizzata, l'acqua di ruscellamento proveniente dai terreni posti a monte, creando in caso di eventi piovosi di una certa entità una zona paludosa con grandi ristagni d'acqua e trasporto di ingenti quantità di terreno che a volte invadono finanche la stessa via delle cannelle.
4. tutto il tratto del Torrente Ventena che interessa il Comune di Tavoletto è invaso da vegetazione arborea e da massa legnosa morta giacente all'interno dell'alveo fluviale.

Per la riduzione/mitigazione della pericolosità delle aree sopra individuate, si propongono i seguenti interventi:

- opere spondali costituite da scogliere in massi ciclopici, con fondazione intasata con conglomerato cementizio, lungo i tratti interessati da instabilità spondale, per un'altezza fuori alveo variabile;
- opera di protezione della fondazione della pila del ponte costituita da scogliera tipologicamente simile a quelle descritte nel punto A) ma con una diversa configurazione geometrica e che s'inserisca in parte sotto l'attuale opera in cls in modo da proteggere la pila da ulteriori fenomeni di scalzamento;
- ripulitura alveo tramite rimozione della massa legnosa morta, eventuale taglio vegetazione sviluppatasi sui sovralluvionamenti e risagomatura sezione di deflusso nei tratti di maggior accumulo dei sedimenti ghiaiosi.

Gli interventi previsti nel presente progetto, sono riconducibili ad opere afferenti alla sfera delle tecniche di ingegneria naturalistica, proprio in virtù della tutela ambientale delle aree. Infatti:

- non prevedono effetti negativi sulle situazioni di pericolosità e di rischio idraulico;
- non producono ostacoli al libero deflusso delle acque;
- non producono alterazioni significative alla naturalità degli alvei, della biodiversità degli ecosistemi fluviali, dei valori paesaggistici.

Nel paragrafo successivo, vengono descritte le tecniche d'intervento, scelte in funzione dell'obiettivo da raggiungere, della praticità, della solidità, delle caratteristiche naturalistiche ed estetiche, della disponibilità di materiali costruttivi e dell'impatto sull'ambiente circostante.

4 – INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO E DIFESA DALL'EROSIONE

4.1 Opere di difesa spondale e di protezione dall'erosione

Le difese di sponda sono sistemazioni realizzabili su qualunque corso d'acqua, torrenti o fiumi, per proteggere dall'erosione tratti di sponde, infrastrutture o particolari località. Normalmente esse vengono utilizzate per difendere aree urbanizzate, edifici isolati di tipo civile e/o industriale, in prossimità di opere per l'attraversamento del corso d'acqua o per la difesa di argini.

A seconda di entità e origine dell'erosione e del contesto in cui l'opera è inserita, possono essere impiegate diverse tipologie di opere, che assicurano differenti gradi di protezione contro l'erosione e che impattano diversamente sull'ambiente.

Visto l'importante ruolo delle difese di sponda nelle sistemazioni fluviali per assicurare la loro funzionalità è necessario considerare le tendenze evolutive del corso d'acqua garantendo che non si verifichino scalzamenti al piede che compromettano la stabilità di tutta l'opera.

L'uso di tali soluzioni presuppone la presenza di sponde ad inclinazione non accentuata. Per il rivestimento ed il consolidamento delle sponde si possono utilizzare:

- scogliere di protezione e rivestimenti in pietrame o in pietrame e verde. Va ricordato che il punto più delicato di questa difesa è il piede e quindi, per evitare lo scalzamento, occorre costruire una solida base con grossi massi;
- utilizzo di gabbioni o di materassi costituiti da reti metalliche riempite di pietre o ciottoli;
- difese in verde: tramite seminagioni sulle sponde o con piantagione di salici o altre specie arbustive.

La scelta della difesa da adottare va fatta in base alla natura della sponda da proteggere, alla durata delle piene, alla forza di trascinamento esercitata dalla corrente in queste condizioni e al contesto paesaggistico ed ambientale in cui intervenire. Le difese di sponda si suddividono in: rigide, flessibili, semirigide ed in materiale sciolto. Le opere rigide, costruite generalmente in muratura di pietrame con malta o in calcestruzzo armato o no, sono sensibilissime ai cedimenti provocati da scalzamenti o da movimenti franosi o

imputabili alla scarsa resistenza del terreno di fondazione. Qualora sussistano queste condizioni, va attentamente valutato se utilizzare opere di tipo rigido adottando fondazioni profonde ed estese o se scegliere opere di tipo flessibile, come le gabbionate o le scogliere che meglio si adattano a cedimenti differenziali del terreno di fondazione. Buoni risultati per le opere di tipo rigido si ottengono invece per i tratti di corso d'acqua caratterizzati da limitati scavi di fondo o, meglio ancora, quando l'opera può essere impostata direttamente su roccia non erodibile. Negli altri casi le opere rigide vengono spesso lesionate e le difficoltà di riparazione delle stesse conducono spesso alla distruzione completa. Le opere di tipo rigido presentano inoltre il difetto di essere impermeabili; questo fa sì che si instaurino a tergo dell'opera delle pressioni e delle spinte più elevate rispetto al caso delle opere permeabili. Al contrario le opere flessibili come le gabbionate e le difese in pietrame, quali le scogliere, sono in grado di adattarsi ai cedimenti e alle distorsioni senza deteriorarsi completamente e garantendo un certo grado di difesa della sponda. Nei casi in cui l'opera venga in parte danneggiata o distrutta è inoltre possibile provvedere ad un ripristino o ad una ricostruzione più veloce rispetto alle opere in calcestruzzo e con spese generalmente più contenute. Rimanendo nel campo delle opere di tipo flessibile va osservato che le difese in gabbioni non sono sempre adottabili, per questioni paesaggistico ambientali e in particolare per la sistemazione dei corsi d'acqua a carattere torrentizio, caratterizzati da elevato trasporto solido. In questo caso infatti, si possono verificare urti e abrasioni che possono portare alla rottura della rete metallica. Per queste particolari situazioni è preferibile adottare difese costituite da massi sciolti quali le scogliere che hanno un minor impatto ambientale sulla vita del corso d'acqua grazie all'utilizzo di materiale completamente naturale.

Nel caso specifico si è ritenuto di ricorrere a:

- **Scogliera con cementatazione dei massi di fondazione (per la protezione delle pile dei ponti)**
- **Scogliera in massi a secco (per le difese spondali)**

4.1.1 Scogliera con cementazione dei massi di fondazione

La scogliera in massi e calcestruzzo (Fig.1) viene adottata quando sussista la necessità di proteggere infrastrutture importanti come nuclei abitati, strade, ferrovie ecc. e sia richiesta una difesa di sponda in grado di resistere a sollecitazioni elevate. Questa tipologia viene impiegata anche nel caso di protezione, lato fiume, di argini realizzati in frodo al corso d'acqua essendo in questi casi richiesta una difesa spondale sufficientemente robusta da garantire nel tempo la stabilità strutturale dell'argine stesso. La scogliera in massi e calcestruzzo garantisce una buona protezione della sponda, ma ha il difetto di essere un'opera rigida e quindi non sempre in grado di adattarsi ai cedimenti differenziali del terreno costituente la sponda. Inoltre, a differenza delle scogliere in massi a secco non permette il drenaggio delle acque ed è quindi sottoposta a sollecitazioni più elevate da parte del terreno retrostante. È una soluzione molto conveniente nelle aree montane e pedemontane, per la facilità di reperimento del materiale lapideo, molto meno nelle aree di pianura a causa degli elevati costi di trasporto dei massi. La scogliera in massi e calcestruzzo viene generalmente realizzata con scarpa di $3/2$ o $2/1$; è costituita da massi di grosse dimensioni intasati da calcestruzzo e deve avere un piede di fondazione sufficientemente robusto per garantire all'opera la necessaria stabilità evitando lo scalzamento. A tal fine è necessario realizzare un piede di fondazione in massi e calcestruzzo che si estenda fino ad una profondità pari a $1,5 \div 2,0$ m rispetto alla quota del talweg, garantendo che questa profondità sia compatibile con gli effetti di scalzamento prevedibili. Il piede di fondazione dovrà avere una larghezza minima di 2 m. In alternativa al piede di fondazione in massi intasati in calcestruzzo, nel caso in cui questa soluzione non risulti sufficientemente robusta rispetto alle sollecitazioni indotte dalla corrente, può essere realizzato un diaframma in c.a. con spessore indicativamente pari a 1,0 m, da dimensionare in funzione delle caratteristiche del terreno e dell'entità degli abbassamenti dell'alveo prevedibili per effetto dell'azione di scalzamento. Il taglione al piede può essere realizzato anche ricorrendo alle tecniche del jet-grouting o dei micropali. La scogliera in massi e calcestruzzo va inoltre immorsata in sommità per una lunghezza indicativamente pari

a 1,5 m. A differenza della scogliera realizzata con massi a secco, per questa tipologia di opera non è possibile l'infissione diretta di talee di specie arbustive quali salici tra i singoli massi. Ne consegue che quest'opera presenta un maggiore impatto sul paesaggio e sull'ambiente rispetto alle scogliere a secco. Per migliorare la situazione la scogliera può essere ricoperta con uno strato di materiale proveniente dagli scavi costituendo una scarpata che può essere rinverdata tramite semina di prato stabile e eventualmente tramite l'infissione di talee di salice. Dal punto di vista ambientale la scogliera in massi e calcestruzzo non presenta tutti i benefici della scogliera in massi a secco in quanto vengono a mancare i microhabitat tra i massi per l'insediamento degli organismi acquatici; a questo si può in parte ovviare in fase di realizzazione dell'opera lasciando tra i massi delle fughe della profondità di circa 20-30 cm. Nei casi in cui la scogliera non venga ricoperta di terreno e rinverdata si ottiene con questo accorgimento anche un minore impatto visivo dell'opera stessa. In generale va sottolineato il fatto che dal punto di vista ambientale risultano preferibili scogliere poco inclinate, in quanto in questa situazione si riducono le discontinuità e si ottiene una crescita naturale di vegetazione.

Campo di applicazione

- Per la protezione di importanti infrastrutture, centri abitati, ecc., nei casi in cui si abbia a disposizione spazio sufficiente per la realizzazione dell'opera.
- Per la protezione dei tratti di sponda adiacenti alle opere di attraversamento dei corsi d'acqua.

Vantaggi

- È un'opera robusta, in grado di resistere ad elevate sollecitazioni da parte della corrente.
- È possibile un mascheramento della stessa e la creazione di una zona vegetata sulla riva del corso d'acqua.

Svantaggi

- L'opera è rigida e quindi mal si adatta a cedimenti del terreno.
- Impermeabilità della scogliera, maggiori sollecitazioni.

- Dal punto di vista ambientale l'inserimento di un'opera in calcestruzzo e pietra costituisce un ostacolo ai naturali scambi in senso verticale tra corso d'acqua e materiale di fondo impedendo o limitando la crescita e lo sviluppo del macrobenthos e interferendo con gli stadi di vita della fauna ittica.

Possibili mitigazioni dell'opera

Per ricostituire la continuità in senso verticale del corso d'acqua si può prevedere un ricoprimento dell'opera con materiale proveniente dagli scavi. In questo modo si può creare una zona golenale in prossimità della sponda che può essere rivegetata tramite l'utilizzo di salici o piantando specie erbose. In questa situazione va verificato che sia garantita la sicurezza idraulica del tratto di corso d'acqua su cui si interviene. Laddove non sia possibile la ricopertura è opportuno ricercare una certa irregolarità perimetrale del contorno del manufatto, differenziando l'allineamento dei massi, la loro dimensione e riducendo la pendenza dell'opera. Durante le fasi di esecuzione della scogliera vanno lasciate tra i massi delle fughe di altezza pari a 20-30 cm circa, in modo tale da ottenere un miglior impatto visivo dell'opera nei casi in cui essa non venga ricoperta di materiale e la creazione di microhabitat tra i massi, all'interno delle fughe così create.

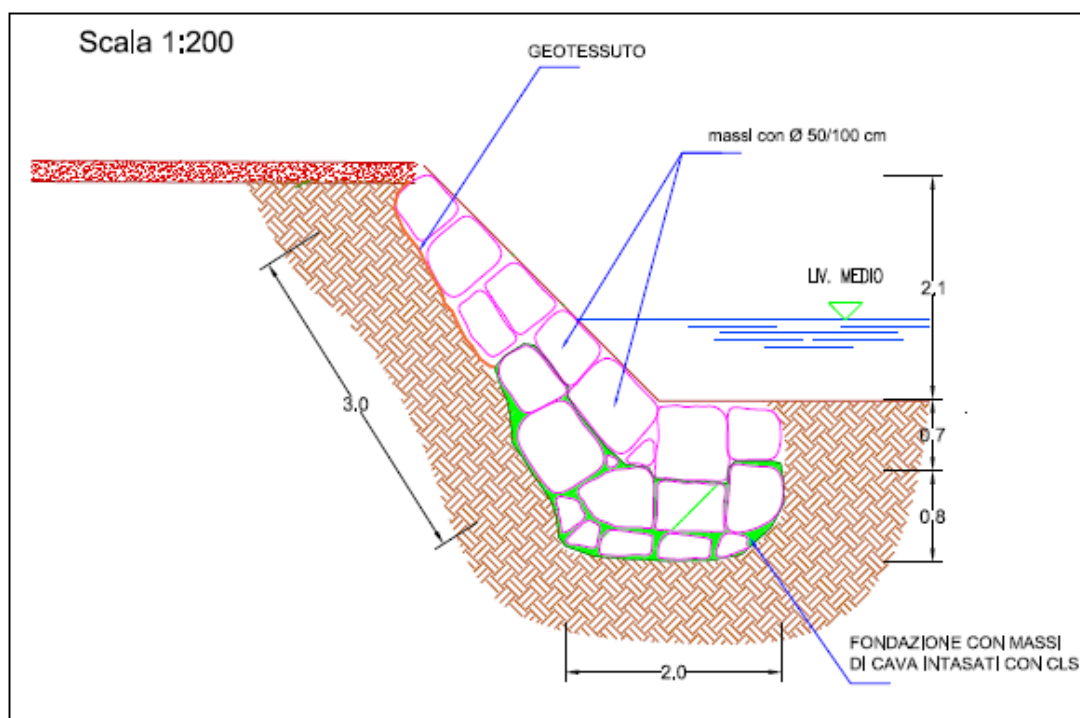
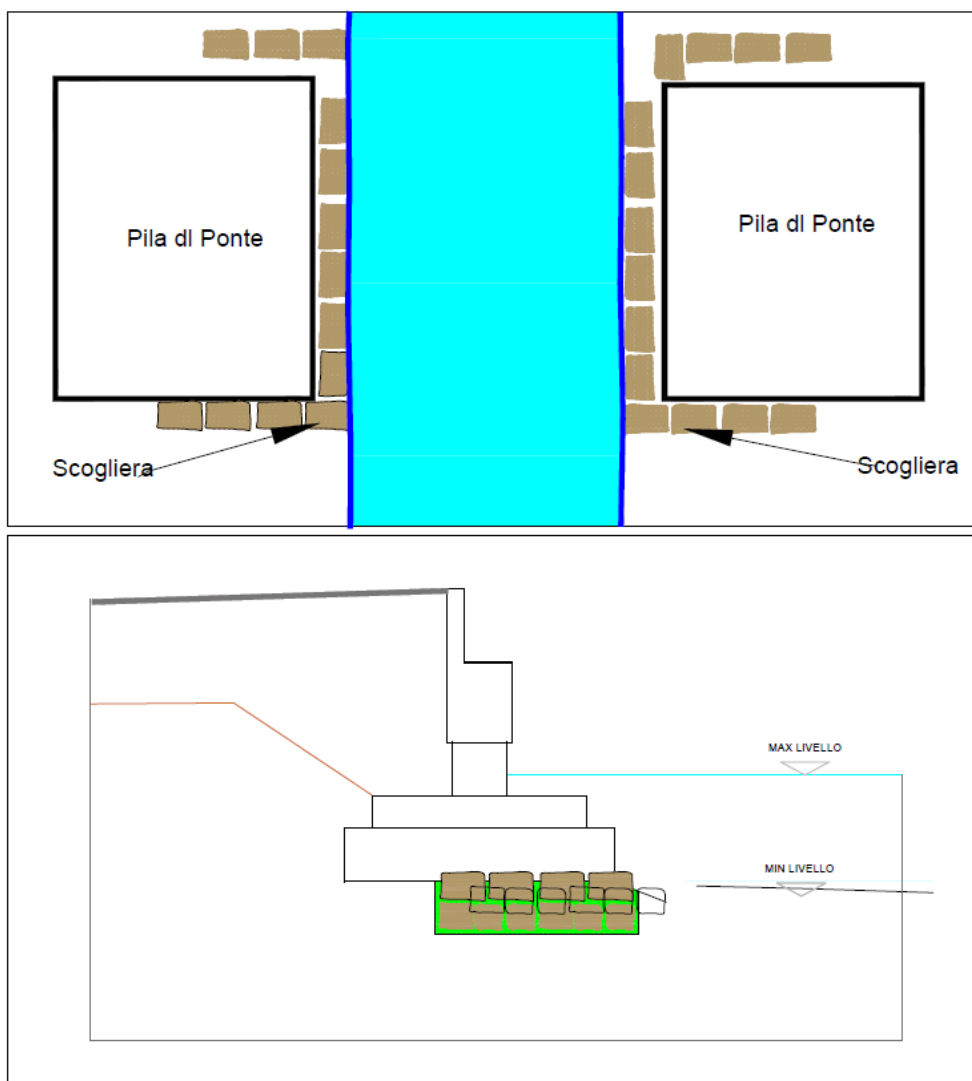


Fig. 1 - Scogliera con fondazione intasata con cls.

La soluzione sopra descritta, viene adottata, con una configurazione geometrica ovviamente diversa e senza l'impianto di talee, per la protezione della fondazione (PP1 – PP2) delle pile dei due ponti che ricadono nell'area di studio.

Si tratta di una scogliera a sezione rettangolare da 150x120 cm che circonda l'intera fondazione. Il volume complessivo è pari a circa 55.44 mc e la metà inferiore (H=60 cm) + intasata con conglomerato cementizio.

Protezione pile ponti	Ubicazione	Lunghezza (m)
PP1	Ponte Torricella	50
PP2	Ponte via cannelle	50



4.1.2 Scogliera in massi a secco

Questa tipologia di opera viene adottata nei tratti in cui è necessario proteggere infrastrutture importanti come, strade, ferrovie ecc. o centri abitati e sia richiesta una difesa di sponda in grado di resistere a sollecitazioni elevate, adattandosi ai cedimenti del terreno di posa. Le scogliere in massi a secco possono essere impiegate anche nel caso di protezione del lato fiume di argini realizzati in froldo al corso d'acqua essendo per garantire nel tempo la stabilità strutturale dell'argine stesso. La scogliera garantisce una buona protezione della sponda, permette il drenaggio delle acque ed è caratterizzata da elevata durabilità, e da costi ridotti. La protezione di sponda in massi sciolti ha un impatto ambientale decisamente inferiore rispetto ai muri di sponda, in quanto gli spazi tra i massi possono fornire un habitat favorevole all'insediamento di molte specie. La scogliera è una difesa di sponda con scarpa generalmente di 3/2 o 2/1 realizzata tramite un rivestimento costituito da una massicciata in pietrame con dimensioni tali da resistere alla forza di trascinamento esercitata della corrente e comunque di pezzatura media non inferiore a $0,4 \text{ m}^3$.

La scogliera deve avere un piede di fondazione sufficientemente robusto per garantire all'opera la necessaria stabilità evitando lo scalzamento. A tal fine è necessario realizzare un piede di fondazione che si estenda fino ad una profondità pari a $1,5 \div 2,0$ m rispetto alla quota del talweg, garantendo che questa profondità sia compatibile con gli effetti di scalzamento prevedibili. Il piede di fondazione dovrà avere una larghezza minima di 2 m. Nei casi in cui la sponda sia costituita da materiale di tipo argilloso e sia prevedibile un progressivo affondamento dei massi nel materiale d'alveo si usa appoggiare i massi anziché direttamente sul materiale costituente la sponda su un "filtro rovescio" ottenuto posando diversi strati di materiale con granulometria decrescente passando dallo strato esterno che costituisce la scogliera allo strato più interno di materiale costituente la sponda naturale. È importante assicurare che il filtro non presenti variazioni granulometriche troppo grandi per evitare che il materiale dello strato sottostante venga asportato dalle pulsazioni di pressione che si possono avere. Per soddisfare questa condizione si possono seguire le regole empiriche dei

filtri. Fra i singoli massi è opportuno prevedere l'impianto di specie arbustive autoctone (salici ecc.) di facile attecchimento. Esse generalmente hanno diametri tra i 3 e i 10 cm e lunghezze variabili tra 60 e 120 cm, tagliate e messe subito a dimora durante il riposo vegetativo ed in condizioni di terreno non gelato. Le talee vanno infisse nella sponda ad un'altezza non inferiore a quella del livello di morbida. L'impianto delle talee viene fatto praticando dei fori nelle fessure della scogliera e mettendo a dimora le talee con una leggera battitura. Le fessure vanno poi colmate con il terreno e devono essere leggermente compattate. Per evitare il disseccamento della parte sporgente occorre ripassare l'impianto con motosega, lasciando sporgere le talee per una lunghezza di soli 5-10 cm. Il rinverdimento arbustivo dell'argine è favorito se viene ridotta la concorrenza delle specie erbacee antagoniste all'insediamento degli arbusti, pertanto è opportuno non prevedere la semina erbacea se si prevede l'impianto di talee di salice. Con l'attecchimento delle talee la stabilizzazione dell'argine inizia dopo la formazione delle radici, infatti lo sviluppo dell'apparato radicale dei salici permette di ottenere un collegamento tra la scogliera ed il terreno retrostante. Il naturale aumento delle dimensioni dei tronchi delle piante dovuto alla crescita genera una compressione tra massi vicini con un aumento della stabilità globale dell'opera. Le parti aeree delle piante offrono inoltre un completo mascheramento dell'opera, migliorando l'inserimento paesaggistico e diminuendo la velocità dell'acqua nei pressi delle sponde, a causa dell'aumento della scabrezza. Un altro vantaggio dell'impianto di talee tra i massi è dovuto al fenomeno di traspirazione delle piante che sottrae acqua al terreno, soprattutto nel caso di sponde alla base di versanti umidi. Nella parte superiore della massicciata, generalmente non interessata dalla presenza dell'acqua se non in occasione degli eventi di piena eccezionali, è possibile ricoprire i massi con terreno agrario che verrà successivamente piantumato. La massicciata viene inoltre immorsata in sommità per una lunghezza indicativamente pari a 1,5 m. La protezione di sponda realizzata tramite scogliera ha il pregio ambientale di creare una serie di microhabitat favorevoli all'insediamento di molti organismi acquatici; in particolare le zone di calma tra i massi offrono riparo a quegli organismi che mal sopportano le condizioni di sforzo

idrodinamico esercitate dalla corrente. Inoltre la vicinanza di queste zone di calma con le zone caratterizzate da elevata velocità permette un buon ricambio delle acque e un continuo rifornimento di materia organica necessaria per la vita delle specie che qui vivono. Esperimenti effettuati sulle protezioni di sponda a rip-rap hanno dimostrato che con questa tipologia di opere si ottiene un aumento sia del numero delle specie presenti, sia del numero di individui per specie. Questi effetti a livello di microscala si ripercuotono favorevolmente anche sull'habitat dei pesci.

Campo di applicazione

- Per la protezione di importanti infrastrutture, centri abitati, ecc, nei casi in cui si abbia a disposizione spazio sufficiente per la realizzazione dell'opera.
- Per la protezione dei tratti di sponda adiacenti alle opere di attraversamento dei corsi d'acqua.

Vantaggi

- È un'opera di notevole resistenza, che ben si inserisce sia dal punto di vista ambientale sia da quello paesaggistico e di semplice realizzazione.
- È una sistemazione permeabile che non interferisce quindi con i flussi di falda
- L'impianto diretto di talee tra i massi permette di ottenere un ottimo inserimento ambientale dell'opera e la creazione di un ambiente spondale di pregio paesaggistico.
- Opera flessibile, si adatta a cedimenti del terreno di fondazione.
- Nei casi in cui venga parzialmente rovinata è possibile una ricostruzione della sponda in tempi brevi e con costi generalmente contenuti.

Svantaggi

- Necessità di massi di grosse dimensioni, non sempre reperibili in loco (questo può tradursi in elevati costi).
- Quando siano prevedibili forti sollecitazioni idrodinamiche e diventa necessario l'utilizzo di massi di dimensioni troppo elevate, è preferibile ricorrere alla scogliera in massi legati.

Interventi di mitigazione

L'opera presenta un buono, a volte ottimo, inserimento sia dal punto di vista ambientale sia da quello paesaggistico, in particolare nel caso in cui vengano infisse negli spazi tra i massi delle talee di specie autoctone, come i salici che permettono di ottenere un miglior impatto visivo dell'opera, favoriscono il drenaggio delle acque dal terreno retrostante e migliorano la stabilità dell'intero manufatto. La presenza della vegetazione e gli spazi tra i singoli massi ricreano sulla sponda un ambiente naturale adatto alla vita delle specie bentoniche e ittiche. Un ulteriore passo avanti può consistere nel ricercare una certa irregolarità perimetrale del contorno del manufatto, qualora i massi più bassi non possano venire rivegetati.

SCOGLIERA CON MASSI SCIOLTI

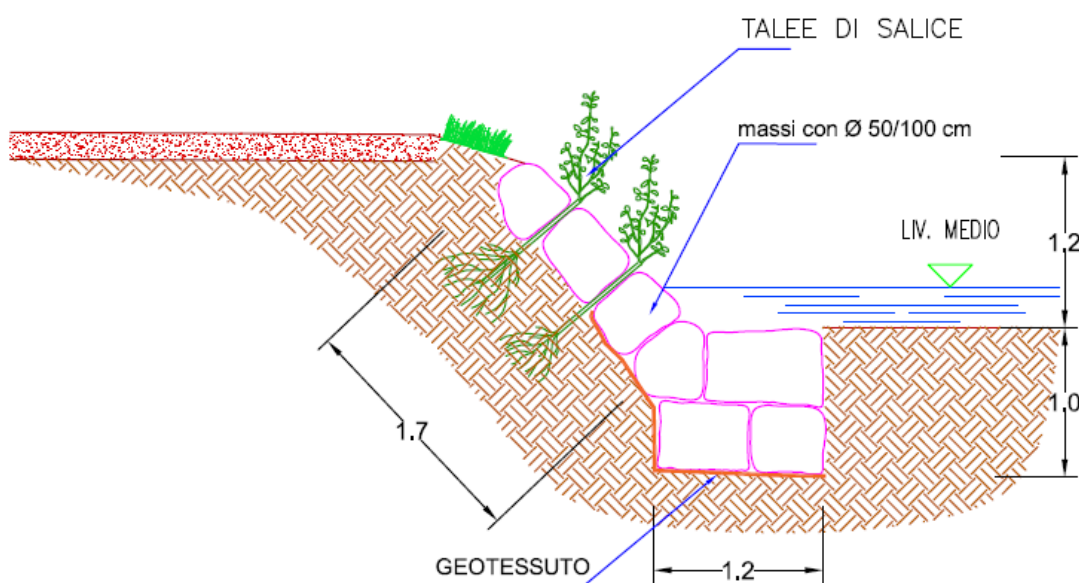


Fig. 2 - Scogliera con massi sciolti.

Questa soluzione è stata utilizzata per le difese spondali descritte nella seguente tabella.

Difesa spondale	Ubicazione	Lunghezza (m)
DS1	Torricella	50
DS2	Via cannelle	50

4.2 – INTERVENTO DI PULIZIA DELL'ALVEO

L'Intervento di pulizia e rimodellamento dell'alveo fluviale comprende:

- il decespugliamento dell'alveo e delle sponde;
- la sramatura e il taglio delle cimaie presenti sulla proiezione dell'alveo;
- il taglio selettivo degli alberi insistenti sull'alveo e sulle sponde (senza rimozione delle ceppaie);
- la rimozione degli accumuli terrosi di deposito, con scavo a mano o a macchina;
- la movimentazione a mano o a macchina del materiale litoide accumulato in punti isolati dell'alveo e pregiudizievole per il deflusso delle acque;
- lo smaltimento del materiale vegetale minuto, soggetto a riduzione in scaglie con decespugliatore o con cippatura;
- lo smaltimento e il trasporto del materiale vegetale in discarica ove non risulta possibile la riduzione in scaglie;
- lo smaltimento e il trasporto alle pubbliche discariche dei rifiuti solidi urbani rinvenuti sulle sponde nell'alveo;
- il decespugliamento boschivo per la realizzazione di varchi di accesso ai rivi.

5 – EFFETTI LEGATI ALLA REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli effetti connessi alla realizzazione dei lavori in progetto sono così schematizzabili:

- **Impatti di carattere generale**

Gli interventi da realizzare comporteranno l'occupazione temporanea, essenzialmente legata ai processi lavorativi, di limitate porzioni di suolo demaniale. Sia in fase esecutiva, sia in fase di esercizio, non si produrranno aumenti di superfici impermeabilizzate, rimanendo invariate le attuali destinazioni dei terreni coinvolti senza alcuna perdita di aree verdi. La collocazione dei cantieri potrà essere causa di limitate produzioni e diffusione di polveri. Occorrerà, in ogni caso, verificare tale eventualità e le sue conseguenze, almeno in termini qualitativi. L'esecuzione dei lavori dovrà pertanto avvenire con la massima cura ed attenzione volta a mitigare per quanto possibile tale fenomeno.

- **Aria e rumore**

Gli scarichi degli automezzi producono inquinamento atmosferico a livello del suolo. Il fenomeno è ovviamente legato maggiormente alla durata della lavorazioni per la cui esecuzione si prevedono tempi estremamente brevi (circa 2 mesi).

- **Assetto idrogeologico e geomorfologico**

Il progetto è finalizzato essenzialmente alla riduzione del rischio idrogeologico lungo il Fiume Foglia. In tal senso è prevedibile che la realizzazione degli interventi comporterà un significativo miglioramento dell'attuale assetto idrogeologico e geomorfologico dell'area.

- **Flora e vegetazione**

L'esecuzione dei lavori in progetto non costituisce particolare criticità per l'eliminazione e/o danneggiamento di vegetazione di potenziale interesse naturalistico/scientifico. Per l'esecuzione dei lavori che rendano necessari il taglio piante, si dovrà preventivamente ottenere apposito parere presso gli Enti preposti.

- **Ecosistemi**

Il taglio della vegetazione esistente, le temporanee trasformazioni dell'assetto dei suoli, unitamente alla loro limitata estensione, non comporteranno modifiche nella struttura degli ecosistemi locali esistenti.

- **Paesaggio**

La realizzazione del progetto può essere occasione per introdurre nuovi elementi di qualità e di interesse per il paesaggio circostante. Le opere da realizzare risultano di scarso impatto sul paesaggio, in quanto vanno ad inserirsi e ad amalgamarsi con strutture e tipologie costruttive già presenti in loco.

6 – NOTA SUI PREZZI ADOTTATI

Tutte le voci incluse nell'Elenco Prezzi derivano dal Prezzario Regionale Marche 2018 ad eccezione della NP01 relativa agli interventi di ripulitura alveo (esclusi movimenti terra).