





<u>RUP:</u> Dott. Ing. GIANLUCA ZANICHELLI	
<u>ATI:</u> MANDATARIA	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">   <small>STUDIO PAOLETTI</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>Certification ISO 9001</small> </div> <div style="text-align: center;">           20133 MILANO – via Edoardo Bassini, 23            tel. 0226681264 fax 0226681553            E-Mail: etatec@etatec.it         </div> <div style="text-align: right;">           Dott. Ing. STEFANO CROCI            Geom. LUCA FILIPPUCCI         </div> </div>
<u>GEOLOGIA:</u>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">           Dott. Geol. GIOVANNI SAVAZZI         </div> <div style="text-align: center;">           27040 MEZZANINO – via Marconi, 32/U            tel. 3393221989            E-Mail: info@studiosavazzi.it         </div> <div style="text-align: right;">           Dott. Geol. GIOVANNI SAVAZZI         </div> </div>

	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	S. Croci		
VERIFICA	S. Croci		
APPROVAZIONE	S. Croci		
TITOLO <b>RELAZIONE GENERALE</b>			
Revisioni	N°	Descrizione	Data
	1		
	2		
	3		
Numero elaborato	TIPOLOGIA <b>PE</b>	COMMESSA <b>250-61</b>	DOCUMENTO <b>AT</b>
		NUMERO <b>A-1</b>	Scala

## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. ANALISI DEL CONTESTO FLUVIALE E GEOMORFOLOGICO E DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO .....	3
2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	3
2.2 ANALISI GRANULOMETRICA DELLE FORME DI FONDO.....	5
2.3 DINAMICA SEDIMENTOLOGICA CONFLUENZA PO E POSSIBILI IMPLICAZIONI EVOLUTIVE 7	
3. DESCRIZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI PREVISTI .....	10
4. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA SCOGLIERA .....	19
5. BILANCIO DELLE TERRE.....	22
6. DISPONIBILITÀ DELLE AREE E STIMA INDENNIZZI.....	23
7. IMPORTO LAVORI E QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO .....	25
8. ASPETTI CANTIERISTICI E CRONOPROGRAMMA DELL'INTERVENTO .....	26
9. ATTI DEL PRESENTE PROGETTO .....	30

## RELAZIONE GENERALE

### 1. PREMESSA

Il presente progetto ha per oggetto “*PC-E-823 intervento di riqualificazione morfologica del fiume Trebbia da Rivergaro alla confluenza in Po – stralcio confluenza*”.

I successivi capitoli della relazione illustrano il presente progetto. In particolare nel capitolo 2 viene descritto il contesto fluviale e geomorfologico del tratto di asta di fiume Trebbia di interesse per il presente progetto. Nel capitolo 3 vengono descritte le opere previste in progetto, mentre nel capitolo 4 sono riportati i calcoli di dimensionamento dei massi da scogliera, e nel capitolo 5 è riportato il bilancio di gestione delle materie.

Il capitolo 6, invece, riporta una sintesi delle valutazioni effettuate in merito alla disponibilità delle aree di intervento, mentre il capitolo 7 richiama la stima delle opere e il quadro economico di progetto.

Nel capitolo 8 è riportata una descrizione degli aspetti cantieristici e il cronoprogramma dell'intervento e la relazione generale si conclude con l'elenco degli elaborati del progetto (capitolo 9).

## 2. ANALISI DEL CONTESTO FLUVIALE E GEOMORFOLOGICO E DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO

L'intervento in progetto è previsto all'interno del fiume Trebbia, nel tratto terminale fino alla confluenza nel fiume Po.

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il F. Trebbia, nel tratto in studio, è caratterizzato da una configurazione di drenaggio di tipo “wandering”. Trattasi di un alveo fluviale inciso nel materasso ghiaioso-sabbioso planiziale, caratterizzato da un unico canale principale attivo, con barre laterali alternate, che sovente presentano una forma a semi-losanga più o meno allungata (Figura 1).

Figura 1 – foto aerea anno 2021 (fonte: Google Earth)



Le barre e i canali rappresentano unità morfologicamente distinte, interagenti tra loro; le barre si accrescono a scapito dei canali attivi, i quali a loro volta tendono a mantenere la sezione e, quindi, ad erodere le barre stesse.

Le barre fluviali presentano inoltre sponde ben definite e solo di rado, a parte quelle topograficamente più basse, sono sommerse dalle piene (Figura 2).



**Figura 2 – foto aerea anno 2017 (fonte: Google Earth)**

Sulle barre più estese, che in eventi di piena costituiscono vere e proprie isole, è presente in genere una relativa copertura vegetale, costituita da essenze prevalentemente arbustive ed erbacee, in subordine arboree che conferiscono alle stesse una maggiore stabilità e resistenza all'erosione (v. precedenti figure).

In generale, affiancato al canale principale, è presente un canale secondario, generalmente aderente ad una delle due sponde, con dimensioni variabili, fino ad un massimo pari alla grandezza di quello principale. Tale canale secondario è solitamente generato in concomitanza di piene di una certa entità, per taglio delle barre laterali (canale di taglio).

Il canale di taglio, a seguito delle piene successive, può occludersi ed essere definitivamente abbandonato, oppure allargarsi fino a diventare egli stesso il canale principale.

L'intero segmento fluviale in esame risulta essere di tipo "non confinato" e caratterizzato da alveo a fondo mobile, impostato perlopiù in sedimenti planiziali.

Il relativo indice di sinuosità, nel tratto in esame, risulta pari a 1,25 (corso d'acqua sinuoso). Al proposito è bene evidenziare che l'attuale morfologia "sinuosa" è il risultato delle modificazioni evolutive del corso d'acqua intervenute soprattutto nel periodo 2012 – 2023, come agevolmente rilevabile dal confronto tra le relative immagini Google Earth (Figura 3).



**Figura 3 – confronto immagine satellitare 2012 (a sinistra) – 2023 (a destra). In rosso sono evidenziati i tratti di sponda in erosione oggetto di interventi di sistemazione idraulica.**

Le sopra dette “modificazioni evolutive” hanno comportato una sostanziale variazione dell’andamento planimetrico del corso d’acqua, nel tratto immediatamente a monte della confluenza Po, che si è tradotto in un deciso incremento dell’indice di sinuosità il quale è aumentato da valori prossimi all’unità (corso d’acqua rettilineo) agli attuali valori, dell’ordine di 1,25. Tale modificazione è avvenuta attraverso la formazione e l’ampliamento di un meandro *strictu senso*, vale a dire costituito da due anse in progressivo ampliamento e migrazione verso est (verso la confluenza).

La dinamica morfologica sopra descritta ha comportato l’innesco e l’evoluzione progressiva di fenomeni erosivi nelle due sponde fluviali (v. Figura 3) uno dei quali, oggetto dell’intervento in progetto, di cui alla presente relazione, tende ad evolversi in direzione dell’argine maestro, rendendo necessari interventi di sistemazione e difesa idraulica.

Il fronte spondale in erosione ha comportato, come mostrato nella Figura 3, un importante arretramento negli ultimi 12 anni, particolarmente accentuato nel periodo 2019-2021.

L’estensione longitudinale del fronte di erosione è pari a circa 300 m e il massimo arretramento trasversale della sponda, nell’intero periodo 2012-2023, è prossimo a 60 metri.

## **2.2 ANALISI GRANULOMETRICA DELLE FORME DI FONDO**

Sono state prelevati campioni di sedimenti costituenti le barre fluviali presenti nell’alveo del F. Trebbia, allo scopo di poter determinare le caratteristiche granulometriche e sedimentologiche del trasporto solido del fiume, nel tratto oggetto di intervento. I relativi risultati sono stati confrontati anche con i dati ad oggi disponibili, relativi alle caratteristiche granulometriche dei sedimenti presenti in corrispondenza della “barra di confluenza” (v.



Piano Generale di Gestione dei Sedimenti del F. Po), allo scopo di determinare, in prima approssimazione, le cause della evoluzione morfologica descritta nel paragrafo precedente.

I campioni sono stati prelevati nel mese di aprile 2024; compatibilmente con le condizioni idrometriche del F. Po, praticamente in morbida da inizio marzo 2024, non è stato possibile prelevare campioni in corrispondenza della barra di confluenza. Pertanto, i campioni sono stati prelevati in due stazioni di prelievo situate poco a monte dell'intervento in progetto (Figura 4).



**Figura 4 – Ubicazione delle stazioni di prelievo dei campioni C5 e C6.**

In via preliminare, i risultati delle analisi effettuati sul trasporto solido di fondo del F. Trebbia sono stati confrontati con i risultati delle analisi granulometriche, effettuate dagli scriventi sulla barra di confluenza, nell'ambito del Piano Generale di Gestione dei Sedimenti del Fiume Po.

I risultati delle analisi granulometriche sono compendati nelle schede di cui all'ALLEGATO 1 della relazione geologica del presente progetto, di seguito sintetizzati:

- Le forme di fondo del F. Trebbia, nel tratto in studio (monte confluenza Po), risultano essere in evidente continuità geomorfologica e sedimentologica con l'alveo sommerso, il quale presenta medesime caratteristiche.
- Si rileva un sensibile "corazzamento" superficiale, in conseguenza del quale, in

- superficie, è presente un sottile orizzonte fortemente dilavato, con conseguente concentrazione dei clasti di maggiori dimensioni, fino a 10 cm.
- Le barre emerse sono generalmente nude o parzialmente vegetate, soprattutto verso la sponda; laddove presente, la vegetazione risulta essere prevalentemente arbustiva, in subordine arborea, immatura (a testimoniare la periodica asportazione da parte degli eventi di piena).
  - Il sedimento, prelevato al di sotto dell'orizzonte superficiale di corazzamento, risulta essere "assortito" (non classato) con distribuzione di frequenza tipicamente "bimodale", con una moda principale ghiaiosa (diametro modale compreso tra 7,5 mm del campione C5 e 9 mm del campione C6) e una moda secondaria sabbiosa (diametro modale compreso tra 0,45 mm del campione C5 e 0,15 mm del campione C6).
  - I principali parametri statistico-sedimentologico sono: D50 compreso tra 2,2 e 4,8 mm; D84 compreso tra 8 e 23 mm; Diametro massimo fino a 10 cm; D16 compreso tra 0,25 e 0,29 mm; cernita tra 3,87 e 11,35.

## 2.3 DINAMICA SEDIMENTOLOGICA CONFLUENZA PO E POSSIBILI IMPLICAZIONI EVOLUTIVE

I risultati delle analisi geomorfologiche e sedimentologiche effettuate nell'ambito del presente studio, sono stati confrontati con i risultati relativi alla confluenza Po - Trebbia, di cui al Piano Generale di Gestione dei Sedimenti del F. Po.

Si riporta di seguito una tabella sintetica, comparativa dei principali parametri granulometrici.

	<b>s<sub>K</sub></b>	<b>D<sub>5</sub></b>	<b>D<sub>16</sub></b>	<b>D<sub>50</sub></b>	<b>D<sub>84</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>
<b>PO (alveo)</b>	0.35	0.55	0.60	0.70	0.95	1.20
<b>PO (Barra di confluenza)</b>	31.00	0.20	9.00	49.00	70.00	200.00
<b>TREBBIA C5</b>	3.87	0.09	0.25	2.20	8.00	100.00
<b>TREBBIA C6</b>	11.35	0.06	0.29	4.80	23.00	100.00

**Tabella 1**

Nella seguente Figura 5 è riportata l'ubicazione dei campioni "Trebbia C5 – C6 anno 2024" e "Barra di confluenza PGGS anno 2005". Nella stessa figura è riportato anche il confronto tra il tracciato principale dell'alveo del F. Trebbia nel periodo pre-2012 e quello relativo all'anno 2023 (configurazione pressoché attuale).





**Figura 5 – Ubicazione dei campioni “Trebbia 2024” (C5 – C6 in rosso) e del campione “barra di confluenza 2005” (in azzurro). Tratteggio arancione: alveo F. Trebbia pre 2012; Tratto verde: alveo F. Trebbia 2023.**

I risultati analitici sopra riportati evidenziano, in sintesi, che:

- La capacità di trasporto del F. Po, espressa dal D50, è decisamente inferiore alla capacità di trasporto del F. Trebbia. Va da sé che il materiale trasportato dal F. Trebbia non possa essere preso in carico, entro i limiti dimensionali sopra descritti, dal F. Po.
- La barra di confluenza risulta essere caratterizzata da un D50 maggiore anche del D50 dei depositi attuali del F. Trebbia.
- All’epoca del campionamento effettuato nell’ambito del PGGS, come risulta dalle schede di terreno, la barra di confluenza era vegetata prevalentemente da essenze erbacee, arbustive e, in subordine, arboree immature. Allo stato attuale, la stessa risulta essere interessata da una vegetazione arborea, boschiva (bosco stabile).
- Il tracciato del F. Trebbia ha subito, soprattutto dopo il 2012, una significativa evoluzione, con incremento progressivo dell’Indice di Sinuosità (v. Figura 5), migrazione dell’ansa pre-2012 verso est e contestuale formazione di una ulteriore ansa immediatamente a monte della confluenza. La lunghezza complessiva dell’alveo attuale risulta maggiore di quella pre-2012 nella misura di 1,2 volte (pari circa alla differenza tra l’Indice di Sinuosità pre 2012 e quello attuale). Tale configurazione, a parità di quote di fondo alveo, comporta una riduzione della pendenza che si traduce in

una riduzione della relativa capacità di trasporto, rispetto al periodo “pre-2012”.

- La confluenza, in relazione alle modificazioni del tracciato sopra descritte, si è spostata progressivamente a sud rispetto alla posizione pre-2012.
- La barra di confluenza “storica” è stata progressivamente sottratta alla dinamica fluviale, con contestuale affermazione di una vegetazione arborea stabile.

Le osservazioni granulometriche sopra esposte sembrano confermare quanto già emerso dal PGGS sulla possibilità che la barra di confluenza sia costituita anche da materiali relativamente “antichi”, in condizioni di “non equilibrio” con la capacità di trasporto attuale del F. Trebbia. Questa osservazione sembra essere confermata anche dalle cartografie storiche, dalle quali si evince che la barra di confluenza, intesa come “deposito, attualmente boscato”, è relativamente stabile e persistente da almeno un secolo.

La condizione sopra esposta, può essere una tra le cause principali della dinamica evolutiva del F. Trebbia nel tratto situato immediatamente a monte della confluenza Po, in conseguenza della quale il corso d’acqua tende a divagare.

Infatti, unitamente all’effetto di “rigurgito” idraulico operato da F. Po, le suddette caratteristiche granulometriche e sedimentologiche possono costituire una sorta di ostacolo fisico, in conseguenza del quale il corso d’acqua reagisce divagando.

La minore capacità di trasporto del F. Po, rispetto al F. Trebbia, rende detta condizione persistente nel tempo (come evidenziato anche dalle cartografie storiche), condizione amplificata dalla presenza di sedimenti relativamente “antichi” (storici), in condizioni di non equilibrio nemmeno con la capacità di trasporto attuale del F. trebbia.

Quanto sopra evidenzia la necessità di affiancare ai previsti interventi di ripristino e stabilizzazione delle anse in erosione, anche la periodica rimobilizzazione del materiale in sovralluvionamento presente nell’alveo attivo, in corrispondenza della confluenza Po, e della così detta “barra di confluenza”.

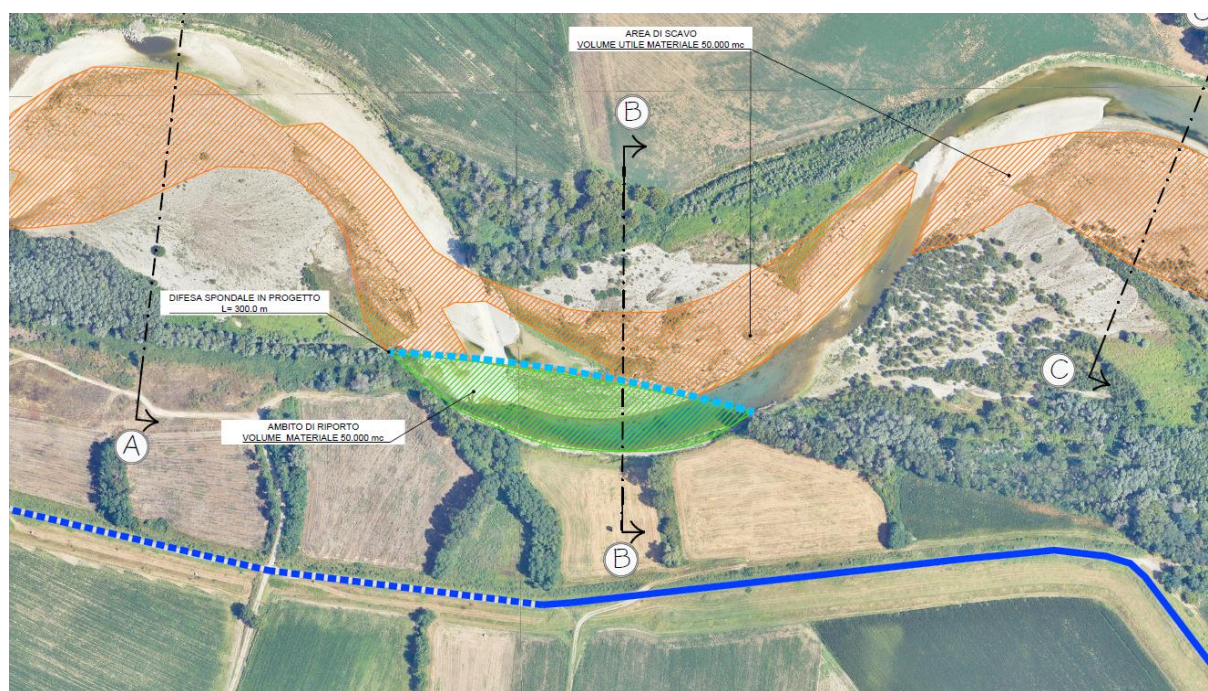
### 3. DESCRIZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI PREVISTI

L'intervento in progetto consiste essenzialmente nel ripristino della sponda destra del fiume Trebbia posta a circa 1 km a monte della confluenza in Po, che ha subito, come mostrato nelle figure sottostanti, un importante fenomeno erosivo nel corso degli ultimi 12 anni, particolarmente accentuato nel periodo 2019-2021 come emerge dalla Figura 16.

L'estensione longitudinale del fronte di erosione è pari a circa 300 m e il massimo arretramento trasversale della sponda nell'intero periodo 2012-2023 è prossimo a 60 m.

Tale fenomeno erosivo sta rapidamente evolvendo in direzione dell'argine maestro retrostante (posto a circa 90 m dal fronte di erosione), rendendo quindi necessaria la realizzazione di interventi di sistemazione e di difesa idraulica per il ripristino ed il consolidamento della sponda, al fine di proteggere e mettere in sicurezza il suddetto argine maestro retrostante.

**Figura 6 – Stralcio planimetria di progetto**



#### LEGENDA

- ■ ■ ■ ■ argine maestro
- ■ ■ ■ ■ argine maestro con diaframmi in cls (0.60x20x650m)
- ■ ■ ■ ■ Realizzazione di nuova scogliera con massi provenienti da cava
- ■ ■ ■ ■ Realizzazione di nuova scogliera con massi provenienti da dismissione difesa esistente
- ■ ■ ■ ■ Rimozione massi da ricollocare in prossimità per formazione nuova scogliera
- ■ ■ ■ ■ Scavo di sbancamento per reperimento materiale per ripristino spondale
- ■ ■ ■ ■ Reinterro per sponda erosa



**Figura 7 – foto aerea anno 2012 (fonte: Google Earth)**



**Figura 8 – foto aerea anno 2014 (fonte: Google Earth)**





**Figura 9 – foto aerea anno 2015 (fonte: Google Earth)**



**Figura 10 – foto aerea anno 2016 (fonte: Google Earth)**





**Figura 11 – foto aerea anno 2017 (fonte: Google Earth)**



**Figura 12 – foto aerea anno 2018 (fonte: Google Earth)**





**Figura 13 – foto aerea anno 2019 (fonte: Google Earth)**



**Figura 14 – foto aerea anno 2021 (fonte: Google Earth)**





**Figura 15 – foto aerea anno 2023 (fonte: Google Earth)**



**Figura 16 – foto aerea anno 2023 con riportati i limiti di sponda multitemporali: 2012 verde; 2014 marrone; 2015 rosso; 2016 viola; 2018 blu; 2019 rosa; 2021 nero (fonte: Google Earth)**





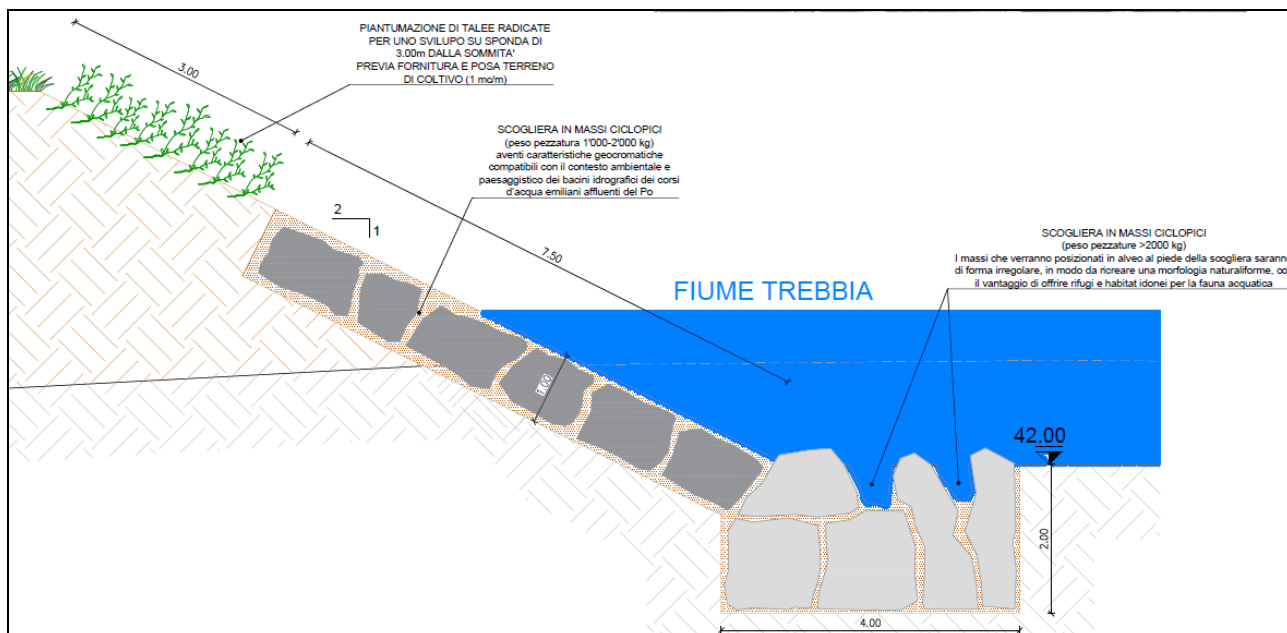
Le lavorazioni previste dal progetto consistono in:

- scavo in alveo attraverso il rimodellamento di alcune barre fluviali poste in prossimità della sponda erosa oggetto di ripristino. Siccome l'intervento dovrà essere realizzato in condizioni di magra estiva, lo scavo potrà essere effettuato mediante l'impiego di escavatori a terra ed il trasporto della terra avverrà mediante l'impiego di dumper. Il volume di scavo è pari a  $50'000 \text{ m}^3$  e la superficie delle barre interessate è pari a circa  $60'000 \text{ m}^2$ , pertanto, l'altezza media di scavo è prossima a circa 80 cm, con un range di variabilità tra 0 e 1.5 m circa;
- ripristino della sponda destra erosa mediante il riporto del materiale litoide proveniente dal suddetto scavo delle barre. Il volume di materiale litoide necessario per il ripristino della sponda per riportarla nelle condizioni precedenti al fenomeno erosivo sviluppatosi tra il 2012 e il 2024 è pari a  $50'000 \text{ m}^3$ ;
- protezione della sponda destra ripristinata mediante la fornitura e la posa di massi ciclopici, secondo le geometrie riportate negli elaborati grafici del progetto. In particolare, al fine di contenere i costi di realizzazione e adempiere alle prescrizioni dell'Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità Emilia Occidentale per il Parco Fluviale del Trebbia, del Comune di Piacenza e della Soprintendenza, si è previsto che i massi della berma di fondazione, di pezzatura pari a  $2'000 \text{ kg}$  e di caratteristiche geomeccaniche coerenti con quanto previsto nel Capitolato Speciale d'Appalto, essendo interrati e posti al di sotto del pelo libero dell'acqua, non hanno vincoli dal punto di vista cromatico, mentre i massi posti a protezione della sponda, di pezzatura variabile nell'intervallo tra  $1'000$  e  $2'000 \text{ kg}$  e di caratteristiche geomeccaniche coerenti con quanto previsto nel Capitolato Speciale d'Appalto, devono avere caratteristiche geocromatiche compatibili con il contesto ambientale e paesaggistico dei bacini idrografici dei corsi d'acqua emiliani affluenti del Po (es. massi di colore grigio, come rappresentato nella fotografia sottostante);

**Figura 17 – Foto massi da scogliera di colore grigio.**



**Figura 18 – Sezione tipologica scogliera.**



- fornitura e posa di terreno di coltivo lungo il tratto di sponda interessato dalla posa di



talee, in ragione di 1mc/m di sviluppo lineare di sponda, per favorire l'attecchimento delle essenze vegetali;

- posa di astoni di talee di salice lungo la parte superiore della sponda e posa di piantine di salice lungo il ciglio superiore della sponda ripristinata, in modo da creare una continuità tra i tratti esistenti a monte e a valle;
- rimozione di un tratto di difesa in pietrame esistente, che si trova oggi in posizione non più utile a seguito della variazione morfologica dell'alveo inciso, con successiva ricollocazione in opera nelle immediate vicinanze per la protezione dell'attuale limite di sponda.

Nella figura sottostante si riporta una planimetria con indicate le aree di scavo e l'area di riporto, nonché la nuova opera di difesa in massi e il rimaneggiamento della scogliera esistente e non più funzionale all'attuale assetto del corso d'acqua.

Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole allegate al progetto.

**Figura 19 – indicazione delle lavorazioni previste in progetto**



#### 4. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA SCOGLIERA

Il presente progetto prevede il consolidamento di un tratto di sponda destra del fiume Trebbia, attualmente in erosione, attraverso la realizzazione di una scogliera in massi. Nella relazione idraulica allegata al progetto sono riportate le analisi condotte per definire il diametro minimo dei massi da utilizzare per il rinforzo della sponda.

Dall'analisi dei risultati ottenuti con l'applicazione del modello bidimensionale del fiume Trebbia, si ha che in corrispondenza della sponda destra dove è prevista la realizzazione della scogliera la velocità della corrente in occasione di un evento di piena duecentennale è pari a circa 4 m/s, mentre il tirante idrico è pari a circa 6.5 m (48.5 m s.m. – 42.0 m s.m.).

Il calcolo di verifica della stabilità consiste nel verificare le condizioni d'equilibrio del materiale costituente le sponde. Stevens et al. (1976), a seguito di accurata analisi dei momenti delle forze agenti sull'elemento solido, giunsero alle seguenti espressioni utili per la determinazione del diametro d'equilibrio su sponda inclinata, e quindi per la valutazione dell'opportunità, o meno, di realizzare opere di consolidamento spondale.

$$\sigma = \frac{21\tau}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma-1}\right)\gamma d_m} = \frac{0,30u_f^2}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma-1}\right)gd_m} \quad (1)$$

$$\beta = \tan^{-1} \left( \frac{\cos \lambda}{\frac{2 \sin \theta}{\sigma \tan \phi} + \sin \lambda} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\sigma'}{\sigma} = \frac{1 + \sin(\lambda + \beta)}{2} \quad (3)$$

$$C_s = \frac{\cos \theta \tan \phi}{\sigma' \tan \phi + \sin \theta \cos \beta} \quad (4)$$

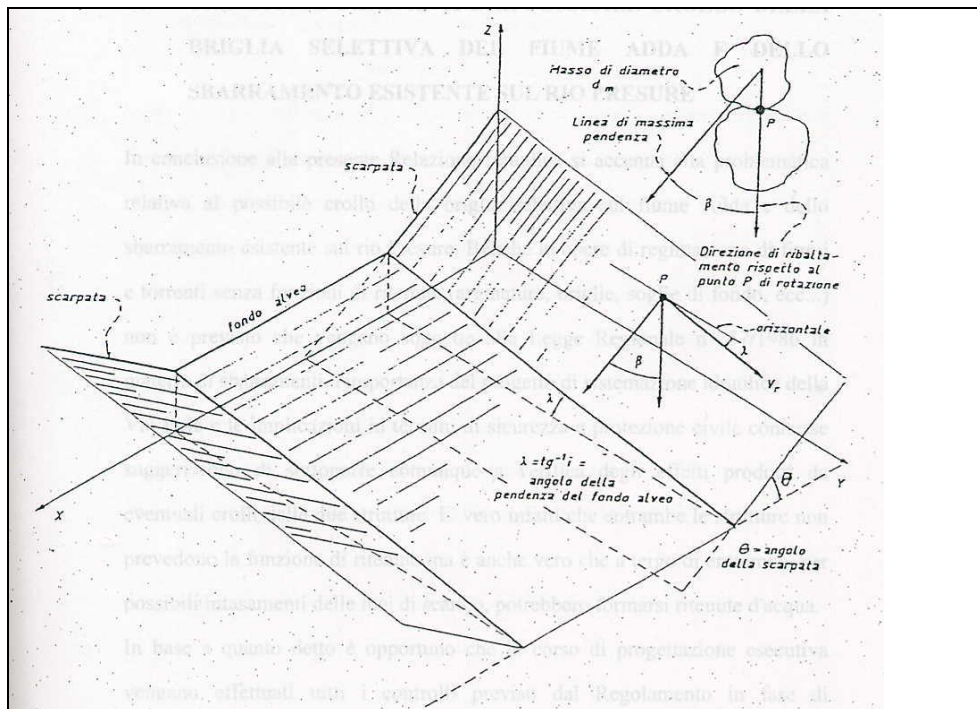
in cui:

- $d_m$  è il diametro del masso;
- $C_s$  è il coefficiente di sicurezza al ribaltamento del masso rispetto al punto P di rotazione (rapporto tra il momento risultante delle forze stabilizzanti e il momento risultante delle forze ribaltanti);
- $\theta$  è la pendenza adottata per la scarpata;
- $\phi$  è l'angolo di riposo in acqua dei massi, pari a 45°;
- $\beta$  è l'angolo che la direzione di caduta del masso forma con la linea di massima pendenza



della scarpata;

- $\lambda$  è l'angolo diedro tra il piano orizzontale e il piano inclinato costituente il fondo dell'alveo ( $\tan \lambda = i =$  pendenza del fondo);
- $\sigma$  e  $\sigma'$  sono i cosiddetti numeri di stabilità del masso rispettivamente su sponda inclinata ed orizzontale ( $\Theta = 0$ );
- $\tau$  è l'azione di trascinamento sul masso;
- $u_T$  è la velocità della corrente contro il masso.



In definitiva le espressioni precedenti consentono di verificare la stabilità di una sponda. Dati infatti la dimensione  $d_m$  dei massi, l'angolo di scarpata  $\theta$ , l'angolo di riposo  $\phi$ , calcolata la velocità  $u_T$  e la sua direzione, applicando in successione le prime quattro equazioni si giunge a calcolare il coefficiente di sicurezza  $C_s$ . Se questo è maggiore di 1, la scogliera ha sufficiente stabilità; se  $C_s = 1$ , l'equilibrio è al limite; se  $C_s < 1$ , la scogliera è soggetta a franamento.

Per una buona sicurezza è auspicabile che  $C_s$  sia almeno pari a 1,2.

Nel caso in esame sono stati considerati in primo luogo i seguenti parametri:

- altezza della corrente: 6.5 m;
- velocità media della corrente: 4 m/s;

- pendenza della sponda: 1 su 2 (h:b);
- pendenza fondo alveo: 0.1%;
- peso specifico dei massi: 2'400 kg/m<sup>3</sup>

Considerando di utilizzare per la formazione della scogliera massi di peso minimo pari a circa 1'000-2'000 kg, a cui corrisponde un diametro equivalente pari a 0.9-1.2 m, si ha che dall'applicazione delle suddette formule emerge che il coefficiente di sicurezza risulta essere pari a 1.35-1.46, che è maggiore del valore minimo richiesto pari a 1.2.

## 5. BILANCIO DELLE TERRE

Per la realizzazione delle opere in progetto, come emerge da quanto riportato nel computo metrico estimativo allegato al progetto, è necessario effettuare scavi e riporti, in particolare:

- Scavi di sbancamento per il prelievo di materiale dalle barre presenti lungo il Trebbia per un volume complessivo pari a 50'000 m<sup>3</sup>
- Riporti per ripristino sponda destra erosa del fiume Trebbia, per un volume complessivo pari a 50'000 m<sup>3</sup>

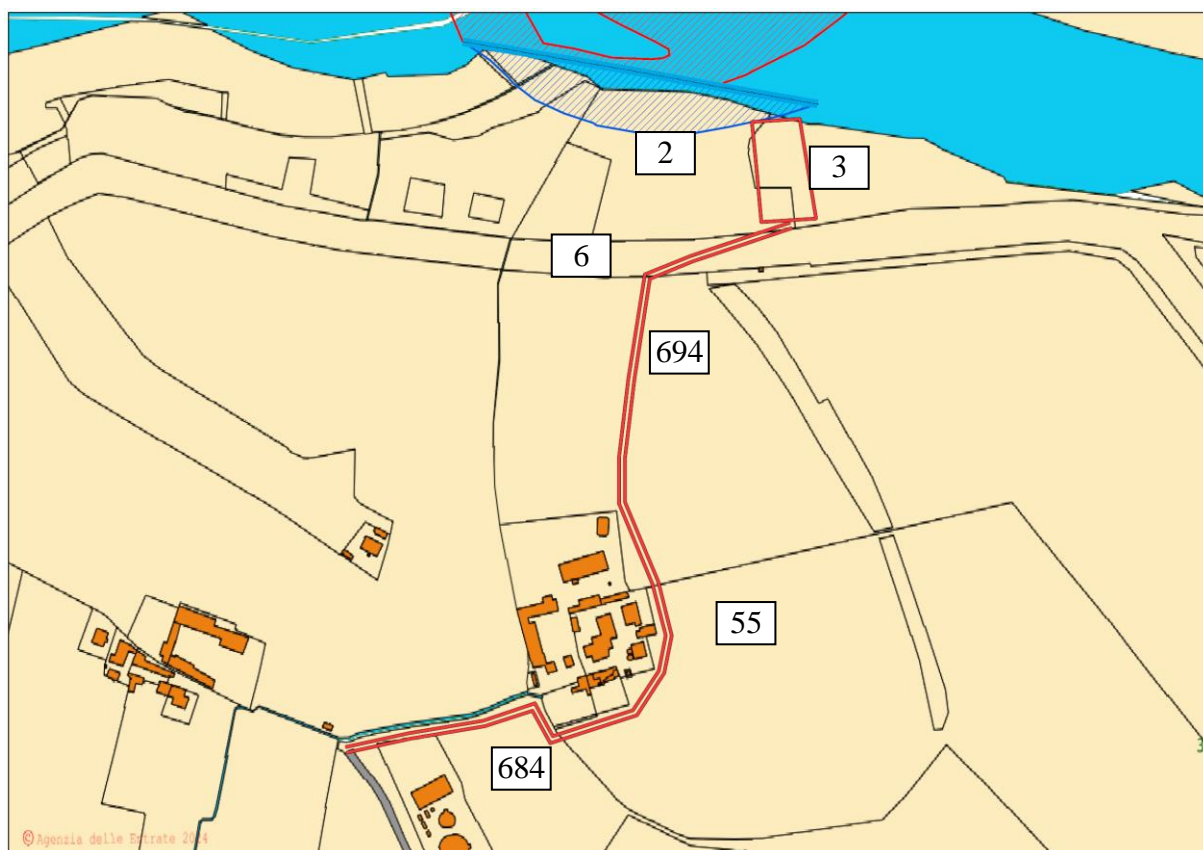
Il bilancio delle terre tra scavi e riporti è quindi pari a zero.

Oltre alle terre, per l'esecuzione delle opere previste in progetto è necessario approvvigionare dall'esterno massi da scogliera per un volume complessivo pari a 4'650.00 m<sup>3</sup>.

## 6. DISPONIBILITÀ DELLE AREE E STIMA INDENNIZZI

Per la realizzazione delle opere in progetto, ricomprese nel territorio del Comune di Piacenza, si rende necessario interessare terreni di proprietà privata solo durante la fase di cantiere, per accedere alla zona di intervento, per posizionare la baracca e per depositare temporaneamente i massi per la formazione della scogliera, per cui è stata valutata un'indennità da riconoscere come occupazione temporanea. Infatti, tutti gli interventi sono previsti all'interno dell'alveo inciso del fiume Trebbia, che appartiene interamente al demanio idrico (anche quelle aree che dalla mappa catastalmente appaiono occupate da particelle).

Nella figura successiva sono riportate le aree di cantiere e la strada di accesso a partire dalla viabilità pubblica, sovrapposte alla mappa catastale. Tutte le particelle sono all'interno del Foglio 36 del Comune di Piacenza.



Le particelle 684, 55, 694, 2 e 3 sono private, mentre la particella 6 è del demanio in quanto è in corrispondenza dell'argine maestro.

La superficie occupata è pari a circa 8'000 mq.



Considerando che la durata del cantiere è stimata in 150 gg, l'indennità di occupazione temporanea viene calcolata come il 40% di 1/12 del valore di mercato delle particelle interessate.

Considerando come valore di mercato di aree a seminativo irriguo in Comune di Piacenza il valore di 6.4 €/mq (da Osservatorio Valori Agricoli Medi di Exeo Edizioni), si ha che l'importo complessivo è pari a circa € 1'700,00. Considerando poi incrementi per imprevisti e oneri accessori, nella misura di € 1'300,00, si ha che l'importo dell'indennizzo per occupazione temporanea è pari a € 3'000,00. Tale importo è ricompreso nelle somme a disposizione del quadro economico di progetto.

## 7. IMPORTO LAVORI E QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO

L'importo per la realizzazione degli interventi è pari a € **740'876,25**, di cui € 707'056.00 di importo lavori e € 33'820.25 di costi della sicurezza.

Nella tabella seguente si riporta il dettaglio dei lavori, delle somme a disposizione e del quadro economico complessivo.

<b>A</b>	<b>LAVORI</b>	
A.1	Importo complessivo lavori comprensivo di manodopera lorda	707'056.00
A.1.1	Importo incidenza della manodopera al netto di spese generali ed utili d'impresa	161'186.32
A.2	Costi sicurezza non soggetti a ribasso	33'820.25
<b>A</b>	<b>Importo complessivo a base di gara (A1+A2)</b>	<b>740'876.25</b>
	di cui:	
	per esecuzione dei lavori al netto della manodopera (A1-A1.1) - Importo soggetto a ribasso di gara (L)	545'869.68
	per costo manodopera netta sui lavori (A1.1) - Importo non soggetto a ribasso di gara (MO)	161'186.32
	per costi di sicurezza da PSC (A2) - Importo non soggetto a ribasso di gara (OS)	33'820.25
<b>B</b>	<b>SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</b>	
B.1	rivalsa I.V.A. (22% di A)	162'992.78
B.2	Incentivo funzioni tecniche art. 45 del D.Lgs. 36/2023 (2% di A)	14'817.53
B.3	Accantonamento di cui all'Art. 60 D.Lgs. 36/2023 (1% di A)	7'408.76
B.4	contributo ANAC	410.00
B.5	spese prove di laboratorio, verifiche tecniche da CSA, collaudo	3'000.00
B.6	incarichi esterni (CSE) compreso oneri previdenziali e IVA	9'941.05
B.7	indennità occupazione temporanea	3'000.00
B.8	imprevisti e arrotondamento	7'553.64
	<b>IMPORTO TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE</b>	<b>209'123.75</b>
	<b>TOTALE FINANZIAMENTO</b>	<b>€ 950'000.00</b>

L'importo complessivo delle somme a disposizione della Stazione Appaltante è quindi pari a € **209'123,75**.

Pertanto, l'importo complessivo del finanziamento necessario per la realizzazione dell'intervento "PC-E-823 intervento di riqualificazione morfologica del fiume Trebbia da Rivergaro alla confluenza in Po – stralcio confluenza" ammonta a € **950'000,00**.

## 8. ASPETTI CANTIERISTICI E CRONOPROGRAMMA DELL'INTERVENTO

Nel presente capitolo viene riportata una descrizione degli aspetti cantieristici e il cronoprogramma dell'intervento. Tali aspetti verranno maggiormente dettagliati nell'ambito del progetto esecutivo e del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

Come già descritto nel precedente capitolo 3, le lavorazioni previste in progetto prevedono:

- scavo in alveo attraverso il rimodellamento di alcune barre fluviali poste in prossimità della sponda erosa oggetto di ripristino. Siccome l'intervento dovrà essere realizzato in condizioni di magra estiva, lo scavo potrà essere effettuato mediante l'impiego di escavatori a terra ed il trasporto della terra avverrà mediante l'impiego di dumper. Il volume di scavo è pari a 50'000 m<sup>3</sup> e la superficie delle barre interessate è pari a circa 60'000 m<sup>2</sup>, pertanto l'altezza media di scavo è prossima a circa 80 cm, con un range di variabilità tra 0 e 1.5 m circa;
- ripristino della sponda destra erosa mediante il riporto del materiale litoide proveniente dal suddetto scavo delle barre. Il volume di materiale litoide necessario per il ripristino della sponda per riportarla nelle condizioni precedenti al fenomeno erosivo sviluppatosi tra il 2012 e il 2024 è pari a 50'000 m<sup>3</sup>;
- protezione della sponda destra ripristinata mediante la fornitura e la posa di massi ciclopici, secondo le geometrie riportate negli elaborati grafici del progetto. In particolare, al fine di contenere i costi di realizzazione e adempiere alle prescrizioni dell'Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità Emilia Occidentale per il Parco Fluviale del Trebbia, del Comune di Piacenza e della Soprintendenza, si è previsto che i massi della berma di fondazione, di pezzatura pari a 2'000 kg e di caratteristiche geomeccaniche coerenti con quanto previsto nel Capitolato Speciale d'Appalto, essendo interrati e posti al di sotto del pelo libero dell'acqua, non hanno vincoli dal punto di vista cromatico, mentre i massi posti a protezione della sponda, di pezzatura variabile nell'intervallo tra 1'000 e 2'000 kg e di caratteristiche geomeccaniche coerenti con quanto previsto nel Capitolato Speciale d'Appalto, devono avere caratteristiche geocromatiche compatibili con il contesto ambientale e paesaggistico dei bacini idrografici dei corsi d'acqua emiliani affluenti del Po (es. massi di colore grigio, come rappresentato nella fotografia sottostante);
- fornitura e posa di terreno di coltivo lungo il tratto di sponda interessato dalla posa di talee, in ragione di 1mc/m di sviluppo lineare di sponda, per favorire l'attecchimento delle



essenze vegetali;

- posa di astoni di talee di salice lungo la parte superiore della sponda e posa di piantine di salice lungo il ciglio superiore della sponda ripristinata, in modo da creare una continuità tra i tratti esistenti a monte e a valle;
- rimozione di un tratto di difesa in pietrame esistente, che si trova oggi in posizione non più utile a seguito della variazione morfologica dell'alveo inciso, con successiva ricollocazione in opera nelle immediate vicinanze per la protezione dell'attuale limite di sponda.

Lo scavo, la movimentazione e il riporto del materiale litoide verrà effettuato all'interno dell'alveo del Trebbia. Per il trasporto dal sito di prelievo al sito di rinterro verranno realizzate delle piste provvisorie di cantiere poste in corrispondenza delle stesse barre oggetto di scavo. La massima distanza tra il punto di prelievo e il punto di reimpiego del materiale litoide è pari a circa 500 m.

Per l'attraversamento dell'alveo di magra dovranno essere realizzate delle ture con la ghiaia presente in sito, all'interno delle quali occorrerà posare delle tubazioni per garantire la continuità del deflusso idrico.

Al termine dei lavori le ture dovranno essere rimosse e il percorso della pista dovrà essere ripristinato alle condizioni antecedenti il cantiere, mediante leggera movimentazione del materiale litoide che è stato costipato dal passaggio dei mezzi.

Per quanto riguarda, invece, l'approvvigionamento dall'esterno dei massi necessari per la formazione della scogliera, di seguito viene indicato un possibile percorso, a partire dal casello autostradale di Piacenza Ovest (A21).

Tale percorso interessa le seguenti viabilità:

- tratto di raccordo tra casello autostradale e SS10 via Emilia Pavese;
- SS10 – via Emilia Pavese in direzione est, dalla rotatoria con via Primo Maggio fino alla rotatoria con via Don Alberto Carozza;
- via Don Alberto Carozza;
- via Giuseppe Talamoni, compreso il sovrappasso della linea ferroviaria Torino-Piacenza;
- via P. Berzolla;
- via Dei Barzachi, compreso sovrappasso autostrada A21;
- Strada dell'Aguzzafame;
- Via della Puglia;
- Via Carlo Agosti;

- Realizzazione di un pista di cantiere per passare all'esterno dell'azienda agricola;
- Strada poderale esistente fino a giungere in corrispondenza della rampa esistente che consente di scavalcare l'argine e giungere in golenia, nei pressi della zona di intervento.

Tale tracciato consente di non interessare la strada posta in sommità arginale (ad eccezione della zona di scavalco), non adeguata al transito di mezzi pesanti.

**Figura 20 – Possibile percorso autocarri per approvvigionamento massi per formazione scogliera, dal casello autostradale di Piacenza Ovest dell'A21 fino alla sponda oggetto di intervento**



La durata del cantiere è stimata in 100 giorni naturali e consecutivi, secondo quanto indicato nel grafico sottostante. L'inizio dei lavori è previsto a partire dal 16 luglio e quindi il termine è previsto circa per fine ottobre.

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Installazione cantiere e formazione piste										
Scavo per rimodellamento barre										
Rinterro per ripristino sponda erosa										
Formazione catasta massi in area di cantiere										
Posa massi da scogliera										
Piantumazioni										
Rimozione cantiere e ripristino luoghi										



**9. ATTI DEL PRESENTE PROGETTO**

ATTI	
Cod.	Titolo
A.1	Relazione generale
A.2	Relazione idraulica
A.3	Relazione geologica
A.4.1	Analisi nuovi prezzi
A.4.2	Elenco prezzi unitari
A.4.3	Computo metrico estimativo
A.4.4	Quadro economico di progetto
A.5	Capitolato speciale d'appalto
A.6.1	Piano di Sicurezza e Coordinamento
A.6.2	Fascicolo dell'opera
DISEGNI	
Cod.	Titolo
D.1.0	Planimetria opere in progetto
D.2.0	Sezioni e particolari costruttivi delle opere in progetto
D.3.0	Planimetria tracciamento opere in progetto

Milano, giugno 2024

ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l.

Dott. Ing. Stefano Croci