

**UFFICIO OPERATIVO DI MODENA**

Via Fonteraso 15, 41121 Modena

**MO-E-1350 FIUME SECCHIA**  
**ADEGUAMENTO DELLA BRIGLIA SELETTIVA DI MONTE**  
**FINALIZZATO ALLA RIDUZIONE DELLA PRESENZA DI MATERIALE**  
**FLUITATO ALL'INTERNO DELLA CASSA DI ESPANSIONE –**  
**ORDINANZA 8/2015 INTERVENTO COD. 11782,**  
**IMPORTO STANZIAMENTO € 2.000.000,00**  
**CUP B34H15001480002**  
**(PERIZIA N. 260 DEL 09.05.2016)**

**PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO**

## RELAZIONE GENERALE

PROGETTISTA:

 DOTT. ING. **FULVIO BERNABEI**

GRUPPO DI LAVORO:

 DOTT. ING. **PAOLO SANAVIA**  
 DOTT. ING. **ELENA TEDESCHI**

RESPONSABILE UNICO

 DEL PROCEDIMENTO:  
 DOTT. ING. **IVANO GALVANI**

**DIZETA INGEGNERIA S.r.l.**

 Via Bassini, 19 – 20133 MILANO Tel. 02-70600125  
 server@dizetaingegneria.it Fax 02-70600014

 DIRETTORE TECNICO:  
 dott. ing. **FULVIO BERNABEI**

 DATA **MAGGIO 2016**

COMMESSA N° <b>006/2016</b>	REDATTO
CODICE COMMESSA <b>EsAIPoSecchia</b>	CONTROLLATO
NOME FILE	APPROVATO

Mod. 7.3 G – Rev. 01

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.

# **INDICE**

<b>1</b>	<b>Premesse</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Inquadramento generale dell'opera</b>	<b>3</b>
2.1	Descrizione dello stato di fatto	3
2.1	Interventi pregressi	6
2.2	Criticità del sistema attuale	7
<b>3</b>	<b>Analisi della geometria delle opere nello stato di fatto</b>	<b>10</b>
3.1	Distanziamento tra i pali	10
3.2	Forma della briglia	11
3.3	Caratteristiche del trasporto di superficie	12
<b>4</b>	<b>Illustrazione del progetto</b>	<b>14</b>
4.1	Finalità degli interventi	14
4.2	Criteri posti alla base della progettazione	14
4.3	Descrizione degli interventi	17
4.4	Comportamento atteso dell'opera in esercizio	20
4.5	Indicazioni sulla manutenzione delle opere	22
<b>5</b>	<b>Analisi condotte a supporto dell'intervento</b>	<b>23</b>
5.1	Indagini idrauliche	23
5.2	Verifiche geotecniche e strutturali	25
5.3	Vincoli normativi e ambientali	26
5.4	Disponibilità delle aree	29
5.5	Interferenze	30
<b>6</b>	<b>Quadro economico</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Allegati</b>	<b>32</b>

# 1 Premesse

Il presente progetto riguarda i lavori di *“Adeguamento della briglia selettiva di monte finalizzato alla riduzione della presenza di materiale fluitato all'interno della cassa di espansione”*.

Oggetto degli interventi è la ristrutturazione della briglia selettiva sul fiume Secchia situata in comune di Formigine (MO), realizzata a protezione della cassa di espansione sita a valle in comune di Rubiera (RE). La briglia, a causa del modesto passo tra i denti (circa 2,23 m) è frequentemente ostruita da materiale vegetale trasportato dalla corrente ed è interessata da fenomeni di interrimento a monte ed escavazione a valle. In destra, sia a monte che a valle del manufatto, si osserva inoltre una progressiva erosione della sponda.

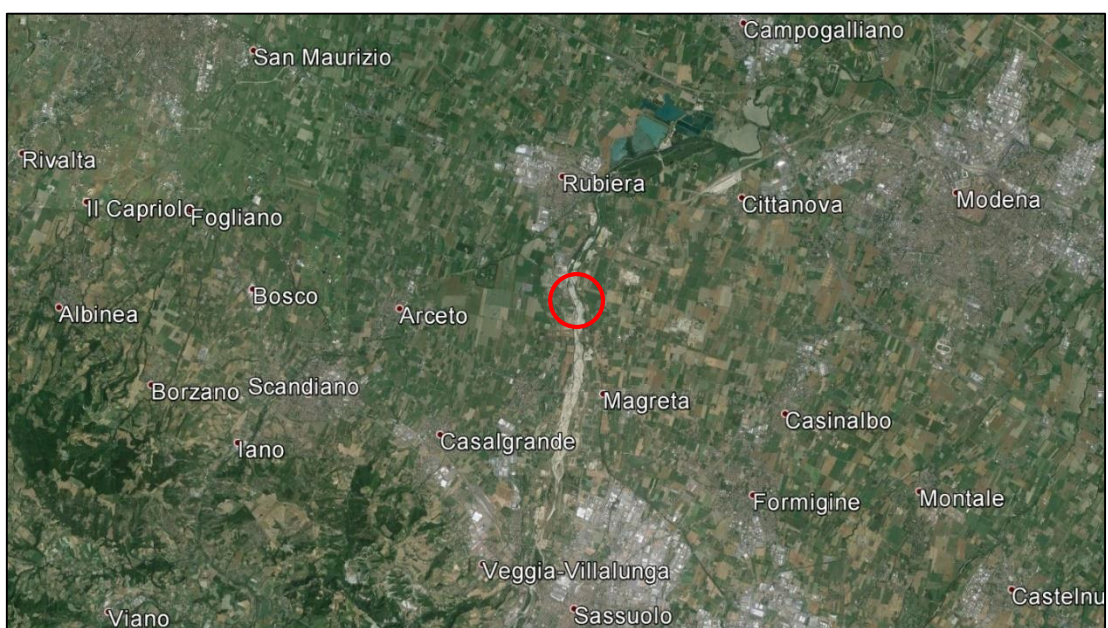
La presente relazione generale riporta, oltre alla descrizione degli interventi, i criteri posti alla base della progettazione e la sintesi delle analisi specialistiche condotte per la corretta definizione degli interventi stessi.

Il dettaglio degli interventi è rappresentato in forma grafica nelle tavole da 1 a 8.3.

## 2 Inquadramento generale dell'opera

### 2.1 Descrizione dello stato di fatto

L'opera oggetto degli interventi in progetto è una briglia selettiva a pettine che si sviluppa per una lunghezza di circa 153 m ortogonalmente all'asse del fiume Secchia in Provincia di Modena (a ridosso del confine provinciale con Reggio Emilia), in Comune di Formigine, località Cantone.



**Figura 1 – Localizzazione dell'area interessata dagli interventi**





**Figura 2 – Localizzazione di dettaglio dell'area interessata dagli interventi**



**Figura 3 - Vista aerea di dettaglio della briglia**

La briglia è costituita da una serie di 56 pali di c.a. del diametro di 50 cm posti ad interasse di circa 2,73 m (luce libera tra i pali pari a 2,23 m), leggermente inclinati verso monte. I pali si intestano su una trave di altezza 1,75 m e larghezza 2,40 m lunga quanto lo sbarramento, con profilo a corda molle e freccia massima al centro pari a 1,20 m. I pali hanno altezza variabile da 3,60 m al centro a 2,40 m in prossimità delle

spalle. Al di sotto della trave si sviluppa un diaframma in c.a. di profondità pari a 10 m e spessore 1 m. L'opera si intesta nelle sponde mediante due muri di spalla.

La briglia assolve alla funzione di intercettare e bloccare il materiale solido di grosse dimensioni trasportato dalla corrente durante le piene, a protezione delle luci del manufatto di sbarramento posto in corrispondenza della cassa di espansione del fiume Secchia in comune di Rubiera.

Di seguito si riportano delle fotografie rappresentative dello stato di consistenza dell'opera, allo stato attuale parzialmente intasata da tronchi e ramaglie.



**Figura 4**





**Figura 5**



**Figura 6**

## **2.1 Interventi pregressi**

Dalla sua entrata in esercizio, l'opera è stata soggetta a numerosi interventi di manutenzione straordinaria, soprattutto a seguito di eventi meteorologici di forte intensità, di seguito elencati:

- 1979 *“Lavori di somma urgenza per il consolidamento, mediante scogliera, della briglia selettiva del dispositivo moderatore delle piene del fiume Secchia, dissestata dalla piena del 29-30 Gennaio 1979”*
- 1981 *“Perizia dei lavori di consolidamento mediante palancolata della spalla destra della briglia selettiva sul fiume Secchia nei Comuni di Rubiera e Campogalliano”*
- 1982 *“Lavori di somma urgenza per la difesa della sponda destra in corrosione a monte ed a valle della briglia selettiva sul fiume Secchia”*
- 2002 *“Lavori di somma urgenza per la pulizia delle briglie selettive dei fiumi Secchia e Panaro e sistemazione della spalla destra della briglia selettiva del fiume Secchia in comune di Modena”*
- 2010 *“Lavori urgenti per il consolidamento della parte destra della briglia selettiva a monte della cassa d’espansione del fiume Secchia IV T.C. – Comune di Modena”*

Gli ultimi interventi effettuati, in particolare, hanno visto la realizzazione a valle della briglia di una platea in pietrame ciclopico intasata con cls di lunghezza pari a 10 m e spessore pari a 2 m, oltre alla stabilizzazione della sponda destra mediante una scogliera in massi. Allo stato attuale la platea in pietrame risulta fortemente dissestata, mentre i massi di sponda giacciono in alveo.

## **2.2 Criticità del sistema attuale**

In occasione degli eventi di piena i materiali trasportati dalla corrente sono intercettati dal pettine della briglia, con una conseguente progressiva ostruzione dei varchi di



deflusso tra i pali. La briglia selettiva diventa quindi uno sbarramento cieco (in pratica una piccola traversa), il cui funzionamento genera condizioni idrauliche indesiderate, osservate nel corso degli anni e ben evidenziate dalle simulazioni idrauliche condotte:

- intercettazione del trasporto solido: i tronchi e le ramaglie bloccati tra i pali, formando un filtro pressoché cieco, impediscono che il trasporto solido di fondo venga convogliato verso valle dalla corrente, provocandone il deposito a monte della briglia e quindi il progressivo interrimento della stessa;
- sopralzo della corrente a monte: l'ostruzione della briglia induce un consistente innalzamento dei livelli a monte (quantificato nelle simulazioni condotte con un incremento superiore ai 2 metri) rispetto al livello teorico a briglia pulita. Ciò provoca una profonda escavazione a valle dell'opera, a causa della dissipazione dell'energia della corrente stramazzante sul fondo. A sua volta la formazione della buca genera uno stato di sollecitazione anomalo sul diaframma in c.a., che di fatto assume un comportamento a mensola, non potendo più contare su parte della spinta esercitata del terreno di valle. Tale configurazione di carico ha generato la rotazione di alcuni segmenti del diaframma, e quindi il disallineamento dei pali in sommità. Nonostante questo stato di sollecitazione sia anomalo e provochi una progressiva deformazione della struttura, al momento esso non inficia la funzionalità idraulica della briglia in condizioni ordinarie, che di fatto continua ad assolvere alla sua funzione di trattenere il materiale galleggiante. In occasione degli eventi di piena più intensi, viceversa, a causa del sopralzo dei livelli di monte la corrente tracima l'opera al di sopra dei pali, trascinando verso valle il materiale galleggiante.

Un'altra criticità rilevabile è l'ampia erosione della sponda destra, sia a monte che a valle della traversa. I diversi interventi di consolidamento effettuati nel corso degli anni non si sono dimostrati risolutivi e la sponda al momento risulta in stato precario. Ciò è imputabile al fatto che, durante gli eventi di piena, il sopralzo che la corrente subisce a monte della briglia per effetto dell'ostruzione della stessa provoca un aggiramento della spalla in c.a. intestata nella sponda da parte della corrente che, erodendo la sponda, provoca i cedimenti a tergo della scogliera.

### **3 Analisi della geometria delle opere nello stato di fatto**

Le considerazioni di seguito esposte sono state condotte sulla base delle risultanze di studi, osservazioni ed analisi riguardanti il dimensionamento delle briglie di trattenuta del flottante (con particolare riguardo alle caratteristiche geometriche da assegnare alle strutture), condotte a partire dagli anni '90 dagli istituti di ricerca europei e riportate negli articoli richiamati nel seguito:

1. *Debris control at hydraulic structures in selected areas of Europe*, N. Wallerstein, C.R. Thorne – University of Nottingham (UK) for US Army Research Development Standardization Group UK, 1995;
2. *Design of rope net barriers for woody debris entrapment*, Andreas Rimbock – Rosenheim Water Management Office (D), 2004;
3. *Preventing wood-related hazards in mountain basins: from wood load estimation to designing retention structures* – F. Comiti, V. D'agostino, M. Moser University of Bolzano (I), 2012.

#### **3.1 Distanziamento tra i pali**

La briglia selettiva in esame è stata realizzata a metà degli anni '70 con lo scopo di intercettare il materiale galleggiante (in genere chiamato “*large woods*”) trasportato dalla corrente del fiume Secchia e che potenzialmente avrebbe potuto ostruire le quattro bocche di fondo del manufatto di regolazione della cassa di espansione di Rubiera, ciascuna di luce pari a 5,00 x 2,00 m.

Una serie di studi sperimentali condotti negli anni '90 dall'Università di Monaco di Baviera (si veda articolo 1) hanno dimostrato che la sezione ottimale da attribuire ai pali di una briglia selettiva è quella circolare, mentre la distanza tra di essi deve essere pari alla minima dimensione del materiale che si vuole trattenere.

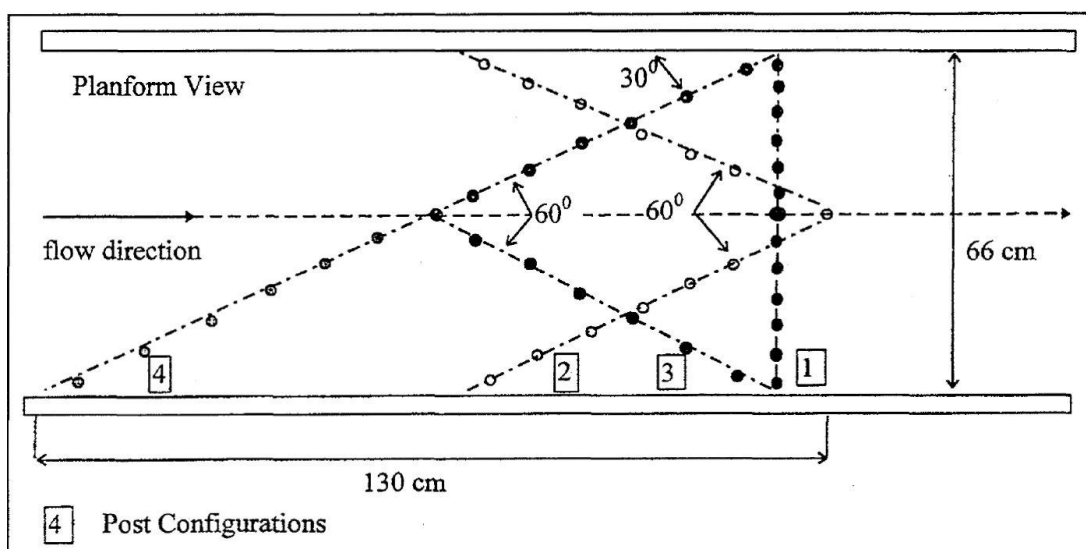
La briglia selettiva in oggetto appare pertanto sovradimensionata in relazione alla spaziatura del pettine, che risulta di soli 2,23 metri, ossia di dimensioni molto inferiori rispetto ai 5,00 metri delle luci del manufatto della cassa di espansione, intercettando così una parte del materiale flottante che potrebbe essere lasciato defluire verso valle senza provocare particolari problemi.

### **3.2 Forma della briglia**

I medesimi studi richiamati al capitolo precedente (si veda sempre l'articolo 1), hanno dimostrato come la disposizione dei pali più efficace da adottare in caso di realizzazione di una briglia selettiva è quella a “V” (numero 2 in Figura 7), in quanto provoca il minore sopralzo dei livelli di monte quando la struttura è ostruita dai sedimenti.

La configurazione lineare (numero 1 in Figura 7) risulta viceversa essere quella meno efficiente in quanto è stato osservato come la corrente in piena tenda a sormontare lo sbarramento trascinando a valle il materiale flottante. Inoltre, a causa della limitata lunghezza dello sfioro, la corrente sormonta la briglia con livelli idrici decisamente maggiori rispetto alla configurazione a “V”.





**Figura 7 – Configurazioni studiate**

La briglia in esame, con la sua configurazione trasversale all'alveo, impone quindi, a parità di piena transitante, i maggiori livelli idrici possibili nelle condizioni di sormonto.

### 3.3 Caratteristiche del trasporto di superficie

Normalmente la tipologia di flottante trasportato dalle piene dipende fortemente dall'intensità delle stesse e cioè dal loro tempo di ritorno (si veda articolo 2):

- Per eventi di piena con tempi di ritorno inferiore a 10 – 20 anni il ruscellamento superficiale sulle superfici del bacino esplica una funzione di “pulizia” dei versanti (soprattutto nel caso in cui non siano più eseguite le operazioni di manutenzione dei sottoboschi), asportando sterpaglie, arbusti e vegetazione morta convogliandole in alveo.

Tali elementi, seppur singolarmente di modeste dimensioni, tendono a formare agglomerati di dimensioni considerevoli, venendo così facilmente intercettati dalle strutture fisse presenti in alveo (massi affioranti, pile di ponti, ecc.).

- Per eventi di piena con tempi di ritorno superiore a 10 – 20 anni, i deflussi sono talmente intensi da provocare la completa saturazione del terreno e quindi lo smottamento dei versanti ed il trascinamento all'interno dell'alveo anche di alberi e tronchi di grosse dimensioni (*“large woods”*).

Con la geometria attuale, a causa della ridotta spaziatura tra i pali, la briglia selettiva in esame intercetta non solo il *“large woods”*, ma anche il materiale flottante che transita durante le piene più modeste e che ne provoca quindi la costante ostruzione.

Tale trasporto, in quanto costituito di elementi singoli di piccole dimensioni, potrebbe essere lasciato transitare verso valle senza che si possano immaginare danni o ostruzioni delle luci dello sbarramento della vasca di espansione.

## 4 Illustrazione del progetto

### 4.1 Finalità degli interventi

In relazione alle specifiche criticità individuate nei capitoli precedenti, gli interventi in progetto si propongono i seguenti obiettivi:

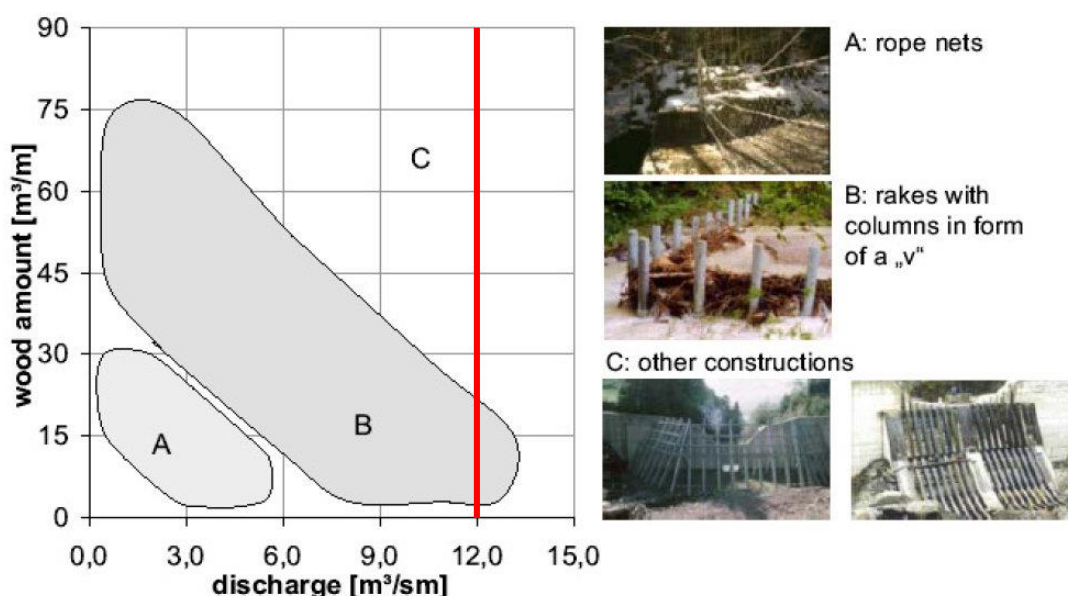
- Definire una nuova configurazione geometrica della briglia selettiva, tale da garantire l'efficace ritenzione del materiale galleggiante di grosse dimensioni trasportato dalla corrente in piena in concomitanza degli eventi più intensi (*"large woods"*), senza provocare l'intercettazione del materiale di piccole dimensioni, che attualmente causa la frequente ostruzione dei varchi tra i pali bloccando il trasporto solido di fondo e generando l'eccessivo sopralzo dei livelli a monte;
- Stabilizzare l'alveo a valle della briglia, attualmente soggetto a fenomeni di erosione, così da assicurare la stabilità dell'opera.
- Consolidare la sponde nelle adiacenze della briglia e adeguare la quota della spalla destra per evitarne l'aggiramento da parte della corrente in occasione delle piene.

### 4.2 Criteri posti alla base della progettazione

La progettazione ha avuto come obiettivo principale quello di ripristinare l'officiosità idraulica dell'opera in oggetto, garantendone al contempo la stabilità strutturale, e l'equilibrio del tratto di alveo a monte e a valle.

Dalla figura sotto riportata, elaborata sulla base di test su modelli fisici e barriere prototipo (si veda articolo 3), si evince come in funzione del carico specifico agente nel tratto di fiume in esame pari a  $12 \text{ m}^3/(\text{s m})$  (e in assenza di indicazioni in merito alla quantità di materiale trasportato), le configurazioni più indicate da attribuire alla briglia sarebbero:

- B. barriera costituita da pali isolati disposti a forma di “V”;
- C. strutture costituite da pali verticali incrociati con traversi orizzontali nella porzione sommitale.



**Figura 8 – Tipologia di briglia selettiva da adottare in relazione al carico specifico e all’entità del trasporto solido di superficie**

Dovendo intervenire su un’opera esistente con struttura lineare si è necessariamente optato per l’esecuzione di un intervento di ristrutturazione e riconfigurazione geometrica che le fornisca un aspetto similare alle briglie di tipologia C.





**Figura 9 - Esempio di briglia selettiva con configurazione tipo C**

In relazione inoltre alla particolare collocazione dell'opera, e alle esigenze di tutela ambientale che ne derivano, si è studiata la configurazione che riuscisse al meglio a coniugare le seguenti esigenze:

- minimizzazione delle demolizioni e degli interventi sulle strutture esistenti;
- realizzazione delle nuove opere con materiali e geometrie che ben si inseriscono all'interno del paesaggio circostante e che non ne alterano la percezione;
- lavorazioni a basso rischio di inquinamento ambientale.

Infine si è reputato importante elaborare una soluzione flessibile, modulabile e facilmente gestibile che mediante l'intervento di mezzi d'opera ordinari (escavatore o carrello elevatore telescopico) consenta all'Ente di regolare il grado di chiusura/apertura dei varchi di deflusso, e quindi la capacità di trattenuta della briglia, sulla base delle esigenze di gestione rilevate durante l'esercizio dell'opera.

### 4.3 Descrizione degli interventi

Le opere in progetto riguardano una serie di interventi da realizzarsi sulla briglia selettiva e sui manufatti ad essa adiacenti come nel seguito descritto.

La struttura della briglia verrà modificata anzitutto procedendo con una demolizione selettiva degli esistenti speroni in c.a.: nella parte centrale della briglia, per una larghezza di circa 90.0 m, verranno demoliti tutti gli speroni, mentre nelle parti laterali si procederà a demolire un solo sperone ogni due elementi, in modo da raddoppiare l'attuale larghezza della luce libera tra i suddetti speroni.

Il sistema di trattenuta verrà quindi ricostruito - nella parte centrale della briglia - con la realizzazione di 17 nuovi speroni di spessore pari a 0.50 m posti ad un interasse pari a 5.46 m in modo da ottenere complessivamente 16 luci di larghezza netta pari a 4.96 m.

I nuovi speroni saranno caratterizzati da una forma trapezoidale, il lato rivolto verso la corrente arrotondato, larghezza alla base pari a 2.00 m e larghezza in sommità (posta, per tutti gli elementi, a quota 59.00 m slm) pari a 0.75 m. La base degli speroni risulterà, per la metà verso monte, realizzata al di sopra dell'esistente trave di testa del diaframma che costituisce il corpo della briglia e, per la metà verso valle, collegata al nuovo muro di contenimento della vasca di dissipazione nel seguito descritta. Il collegamento dei nuovi elementi con la sottostante trave di testa verrà ottenuto mediante la foratura, l'infissione e l'ancoraggio di nove barre d'acciaio Ø26 mm per ciascuno sperone. Per minimizzare le sollecitazioni di trazione sulle opere esistenti, in corrispondenza di ogni sperone, al di sotto del nuovo muro a cui saranno appoggiati, è

prevista inoltre la realizzazione di una coppia di micropali verticali, di lunghezza pari a 8.00 m, armati con tubolare in acciaio Ø88.9 mm di spessore 10 mm.

A valle dell'esistente briglia è prevista la costruzione di una vasca di dissipazione in c.a. di profondità netta pari a 1.20 m, larghezza netta pari a 15.0 m e di sviluppo pari a quello della briglia esistente (153.0 m), sagomata lateralmente, in corrispondenza delle sponde per seguire il profilo delle sponde medesime.

La citata vasca sarà caratterizzata da una struttura "a catino" di spessore pari a 0.80 m, protetta internamente con un rivestimento in pietrame di spessore pari a 0.60 m, con massi di peso pari a 2-3 ton cadauno, intasati con calcestruzzo ed ancorati alla sottostante struttura mediante spinottature in acciaio in ragione di una ogni 3 m<sup>2</sup> circa. Il muro di contenimento di valle della vasca verrà a sua volta protetto dall'azione usurante della corrente mediante un rivestimento in lamiera di acciaio AISI 304 di spessore 3.0 mm chiodato alla struttura.

All'interno delle 16 luci delimitate dai nuovi speroni il progetto prevede il posizionamento di un doppio corso di traversi in acciaio AISI 304, costituiti da travi IPE 200 poste orizzontalmente ed appoggiate all'interno di apposite sedi a forma di U, anch'esse in AISI 304, saldate a piastre imbullonate agli speroni in c.a.

In sponda destra il progetto prevede inoltre l'adeguamento ed il prolungamento del muro in c.a. che ha la funzione di impedire l'aggiramento della briglia da parte delle acque di piena. L'esistente muro verrà rialzato, per la parte esistente di sviluppo pari a 19.50 m, di circa 0.40 m (portando la struttura a quota 59.50 m slm); si procederà poi al prolungamento del muro in oggetto per circa 46 m, fino ad intestarsi nel rilevato della strada adiacente, con la realizzazione di una nuova struttura in c.a. costituita da

una fondazione di larghezza pari a 1.50 m e spessore pari a 0.50 m e da un'elevazione, anch'essa di spessore pari a 0.50 m, di altezza pari a 2.00 metri, sporgente di circa 1.0 metro dal piano campagna attuale. La testa del nuovo muro risulterà anch'essa posta a quota 59.50 m slm.

Il progetto si completa infine con la realizzazione di difese spondali in pietrame finalizzate ad evitare l'erosione della sponda in prossimità della traversa. Lo sviluppo delle suddette difese è stato determinato in funzione delle erosioni prodottesi, evidenti soprattutto in sponda destra. Lungo tale sponda si è infatti prevista la costruzione di una difesa di sviluppo pari a circa 160 m a monte e pari a circa 80 m a valle della traversa. A tergo della difesa di monte è previsto l'imbottimento della sponda con terreno proveniente dagli scavi in alveo per colmare l'incisione esistente e consentire un corretto allineamento della difesa rispetto al flusso dell'acqua diretto verso la traversa.

In sponda sinistra si è prevista la realizzazione di una difesa di sviluppo pari a 30 m a monte della traversa mentre si procederà con il ripristino e la ricarica dell'esistente difesa a valle, per una lunghezza di circa 35 metri.

Le scogliere in oggetto saranno realizzate con una berma di profondità pari a 2.00 m e di volume pari a circa  $6.0 \text{ m}^3$  e con una mantellata di spessore pari a 1.0 m e di sviluppo pari a circa 7.0 m poste in opera con una pendenza pari a 3 su 2. I massi impiegati avranno un peso superiore a 2 ton cadauno.

Le mantellate verranno intasate con terreno vegetale nel quale verranno inserite talee di salice in ragione di 1 talea ogni  $2 \text{ m}^2$ .



Poiché la gran parte delle lavorazioni in progetto sarà da realizzarsi in alveo, si è previsto l'impiego di opere provvisorie finalizzate a consentire la messa in asciutta dei fronti di lavoro e la deviazione delle acque al di fuori delle aree di intervento.

I lavori di ristrutturazione della traversa, in particolare, dovranno essere realizzati in due fasi durante le quali il flusso della corrente verrà convogliato nella metà dell'alveo opposta a quella nella quale si intende lavorare. Le aree di lavoro verranno protette con la realizzazione di ture da costruirsi utilizzando il materiale proveniente dagli scavi in alveo. L'attraversamento da parte dei mezzi di cantiere della parte di alveo in cui verrà mantenuto il deflusso sarà agevolato grazie alla formazione di un apposito guado da realizzarsi con l'impiego di tubazioni in c.a. vibrocompresso al di sopra delle quali verrà posizionata la pista di cantiere.

#### **4.4 Comportamento atteso dell'opera in esercizio**

In relazione ai dati bibliografici sopra riportati, e confermati dalle modellazioni idrauliche condotte, a seguito dell'esecuzione degli interventi in progetto ci si aspetta il seguente comportamento dell'opera.

In condizione ordinarie e in occasione degli eventi di piena meno intensi (tempo di ritorno inferiore ai 10 – 20 anni) la corrente defluirà attraverso le luci libere tra pile e speroni larghe 4,90 m: il materiale flottante di piccole dimensioni trasportato in superficie sarà quindi lasciato transitare verso valle, non generando l'ostruzione del pettine e quindi l'intercettazione e il blocco del trasporto solido di fondo. La corrente di magra rimarrà concentrata nella parte centrale dell'alveo, a causa del profilo a corda molle (tratto centrale ribassato di 1,20 m rispetto alla quota dei tratti laterali) che caratterizza la trave del diaframma di fondazione della briglia.

In occasione degli eventi di piena più intensi (tempo di ritorno maggiore di 10 – 20 anni) le modellazioni idrauliche condotte hanno dimostrato che il tratto centrale di alveo è quello interessato dalle maggiore velocità di corrente e quindi dalle maggiori quantità di materiale galleggiante trasportato. L'innalzarsi del livello idrico porterà quindi il pelo libero della corrente a raggiungere le quote delle travi orizzontali situate nella porzione centrale della briglia: il materiale flottante sarà efficacemente trattenuto dalla struttura a griglia formata da speroni e travi, lasciando libere le luci sottostanti per il passaggio della corrente e generando quindi l'instaurarsi di un deflusso sotto battente. Nei tratti laterali della briglia, che non sono oggetto di interventi di innalzamento del pettine, la corrente passerà sfiorando al di sopra dei pali. Tali varchi, qualora le luci del pettine centrale fossero completamente ostruite dal materiale galleggiante, permetterebbe di lasciare defluire verso valle la corrente senza che si generino eccessivi sopralzi di livello a monte della briglia. In questo scenario, moderatamente pessimistico, la corrente si concentrerà lateralmente, raggiungendo velocità elevate (maggiori di 3,0 m/s): le scogliere di nuova realizzazione impediranno che si generino fenomeni erosivi delle sponde.

Questa configurazione permetterà all'Ente, mediante l'intervento di mezzi d'opera ordinari (escavatore o carrello elevatore telescopico), di rimuovere alcune delle travi in acciaio qualora si ravvisasse una eccessiva ostruzione dei varchi tra le stesse durante l'esercizio dell'opera. Viceversa, nel caso in cui si riscontrasse che il tratto centrale della briglia non è soggetto ad intasamento, l'Ente potrà decidere di intervenire per adeguare alla geometria del tratto centrale anche le ali laterali della struttura.

L'innalzamento e prolungamento del muro in sponda sinistra fino alla quota di 59,50 m s.l.m. eviterà che in occasione delle piene più intense la corrente possa aggirare la spalla, generando fenomeni erosivi a tergo della sponda.

Infine il nuovo bacino di dissipazione avrà la funzione di contenere la turbolenza della corrente generata dal passaggio attraverso gli speroni, evitando l'instaurarsi di fenomeni erosivi a valle della briglia.

#### **4.5 Indicazioni sulla manutenzione delle opere**

Nonostante la configurazione di progetto della briglia sia stata studiata al fine di minimizzarne l'ostruzione durante gli eventi di piena ordinaria, essa dovrà comunque essere soggetta a regolari interventi di manutenzione per la rimozione del materiale vegetale intercettato dagli speroni e dai pali verticali, quantificabili in 1/2 interventi all'anno. A seguito di ogni intervento di piena dovrà comunque essere verificato lo stato dell'opera ed eventualmente pianificato un intervento di manutenzione straordinario.

## 5 Analisi condotte a supporto dell'intervento

### 5.1 Indagini idrauliche

A supporto della progettazione sono state condotte una serie di simulazioni idrauliche riguardanti l'analisi dello stato di fatto e la verifica della soluzione progettuale proposta dettagliatamente illustrate nella *Relazione idrologica e idraulica* allegata al progetto.

La tabella seguente presenta in forma sintetica i livelli d'acqua ottenuti a monte e a valle della briglia selettiva per tutte le simulazioni effettuate.

<b>Simulazione</b>	<b>Tempo di ritorno (anni)</b>	<b>Quota monte briglia (m slm)</b>	<b>Quota valle briglia (m slm)</b>
SDF briglia occlusa	200	60.52	57.54
SDF briglia pulita	200	57.84	57.68
Progetto briglia pulita	200	57.99	57.18
Progetto occlusione centrale	200	59.50	57.25
Progetto briglia occlusa 50%	200	59.29	57.40
Progetto briglia occlusa 50%	100	58.92	57.12
Progetto briglia occlusa 50%	20	58.27	56.59
Progetto briglia occlusa 50%	5	57.37	56.11
Progetto briglia occlusa 50%	2	56.73	55.83

**Tabella 1 - Livelli di piena a monte e a valle della briglia selettiva**

Nel complesso, le simulazioni di stato di fatto e le simulazioni di progetto mostrano come le condizioni di deflusso delle piene a monte del manufatto oggetto di intervento siano molto sensibili alle condizioni di intasamento, con sopralzi che, nel caso delle piene a maggiore tempo di ritorno, possono raggiungere i 2-3 m in caso di briglia parzialmente occlusa (anche nello stato di progetto). Di tale aspetto si dovrà tenere conto anche nella gestione futura del manufatto, in particolare avendo cura di mantenere per quanto possibile pulita la parte centrale della briglia, al fine di impedire lo spostamento del filone di corrente principale verso le sponde (situazione ben rappresentata nelle simulazione di progetto con briglia occlusa centralmente).

Per quanto riguarda la distribuzione delle velocità all'interno dell'alveo, si è osservato uno schema unico, valido per tutte le simulazioni, in cui:

- a monte della briglia, il filone di corrente principale tende a disporsi frontalmente alla briglia stessa, appoggiandosi verso la sponda sinistra, mentre verso la sponda destra si hanno delle velocità di deflusso sensibilmente inferiori;
- in corrispondenza della briglia stessa si ha un restringimento di sezione ed una conseguente accelerazione della corrente, che raggiunge e supera i 4 m/s di velocità;
- a valle della briglia, il flusso tende ad assumere velocità decisamente uniformi lungo tutta la larghezza dell'alveo.

Nei tratti sufficientemente lontani dal restringimento di sezione imposto dalla briglia (sia a monte, sia a valle), le velocità della corrente si attestano sui 3-4 m<sup>3</sup>/s in condizioni di briglia pulita (sia nello stato di fatto, sia nello stato di progetto), e sui 2-3,5 m<sup>3</sup>/s in condizioni di briglia parzialmente occlusa. Per le piene con tempi di ritorno

inferiori a 100 anni i valori di velocità tendono a diminuire, mantenendosi tuttavia sempre intorno agli  $1\text{-}3\text{ m}^3/\text{s}$ .

In tutti i casi, le simulazioni hanno evidenziato una tendenza erosiva a valle della traversa, in accordo con quanto osservato sul campo nel corso degli anni, mentre per quanto riguarda il tratto a monte del manufatto, si osserva una certa dipendenza tra le variazioni morfologiche e la distribuzione delle occlusioni nella briglia, con tendenza al deposito davanti alle ostruzioni e tendenza allo scavo in corrispondenza delle luci di passaggio libere. Indipendentemente dalla configurazione della briglia, gli scavi possono arrivare fino a qualche metro di profondità, sino a un massimo di 5 m, per le piene con tempo di ritorno maggiore o uguale a 20 anni, mentre per le piene a maggior frequenza di accadimento (TR 2 e 5 anni) l'erosione è quasi ovunque inferiore a 2 m. Questo conferma la necessità di provvedere alla protezione del piede a valle dell'opera. A distanza dalla briglia l'alveo tende a mantenersi sostanzialmente stabile.

Osservando i risultati relativi alla configurazione di progetto si può notare come, anche nei casi più sfavorevoli e nonostante i sopralzi indotti dall'occlusione della briglia, gli interventi assicurano il corretto incanalamento della corrente tra le spalle della briglia e la soppressione di fenomeni di aggiramento evidenziati nell'analisi dello stato di fatto.

## **5.2 Verifiche geotecniche e strutturali**

Nella *Relazione sulle verifiche geotecniche e strutturali* allegata al presente progetto sono riportate le verifiche geotecniche condotte riguardanti la stabilità del manufatto di nuova costruzione nei confronti del ribaltamento, dello scivolamento, del collasso dell'insieme fondazione-terreno, del sifonamento e della capacità portante dei



micropali. Le verifiche strutturali hanno invece riguardato gli speroni sagomati di nuova realizzazione e gli elementi del sistema di trattenuta del materiale flottante. Per il dettaglio di tali elaborazioni si rimanda alla citata relazione.

### **5.3 Vincoli normativi e ambientali**

Allegato al presente progetto è presente lo *Studio di fattibilità ambientale*, redatto con l'obiettivo di verificare la compatibilità del progetto proposto con quanto previsto dagli strumenti urbanistici e dal regime vincolistico esistente, oltre che individuare i prevedibili effetti che tali opere possono avere sull'ambiente e sulla salute dei cittadini. Dalla dettagliata analisi sui rapporti di coerenza del progetto con gli obiettivi previsti dagli strumenti pianificatori rispetto a:

- vincoli derivanti dagli strumenti di pianificazione ai vari livelli territoriali,
- vincoli paesaggistici, naturalistici e ambientali

è emerso come le opere in progetto risultano ammesse dai strumenti vigenti, previa acquisizione dei pareri favorevoli rispetto all'autorizzazione paesaggistica e alla valutazione di incidenza.

In relazione alla tipologia di sito, al contesto in cui ricade la proposta oggetto di studio ed alle indicazioni progettuali, dalle analisi condotte i potenziali effetti generati sulle principali componenti ambientali e di salute pubblica risultano prevalentemente concentrati nel periodo di costruzione dell'opera e sono legati soprattutto alle attività di cantiere. Si tratta perciò generalmente di disturbi in gran parte temporanei e mitigabili, in particolare mediante l'adozione di idonee procedure operative e costruttive indicate al capitolo 5 dello *Studio*.

Nella *Relazione paesaggistica* allegata al presente progetto sono stati analizzati gli impatti che il progetto avrà sulle componenti paesaggistiche più significative dell'area: grazie anche agli accorgimenti adottati per mitigare l'impatto visivo delle opere (descritti in dettaglio nella *Relazione paesaggistica*), è emerso che gli interventi in progetto non alterano la percezione del paesaggio che caratterizza l'area d'intervento.



**Figura 10 – Vista della briglia da valle nello stato di fatto**



**Figura 11 – Vista della briglia da valle nello stato di progetto**

NB: La *Relazione Paesaggistica* allegata al presente progetto si riferisce agli interventi di:

- Realizzazione della difesa spondale mediante scogliera a monte e a valle della briglia in sponda destra
- Ristrutturazione briglia selettiva
- Realizzazione del nuovo bacino di dissipazione
- Realizzazione della difesa spondale mediante scogliera a monte della briglia in sponda sinistra

Tali opere sono situate interamente in Comune di Formigine (MO) e sono soggette a vincolo di tutela paesaggistica.

La realizzazione della scogliera a valle della briglia in sponda sinistra, situata in comune di Casalgrande (RE), è invece da intendersi come intervento di ripristino e

ricarica di una difesa esistente dissestata. In ragione di ciò, ai sensi del comma 1 dell'art. 149 del D. Lgs. 42/2004, tale intervento non è soggetto a vincolo di autorizzazione paesaggistica e non rientra nella *Relazione Paesaggistica*.

In conclusione, si è potuto affermare che l'impatto che la realizzazione delle opere in progetto avrà sull'ambiente circostante sarà contenuto e poco rilevante e che le soluzioni progettuali avanzate, che risultano strategiche ai fini della sicurezza idraulica del tratto di valle del Fiume Secchia, sono al contempo ben inserite nel contesto ambientale e paesaggistico di riferimento.

## **5.4 Disponibilità delle aree**

Durante la fase di cantiere le lavorazioni sulla briglia verranno eseguite direttamente in alveo mentre le scogliere saranno realizzate con mezzi sia in alveo che sulla sponda. L'area di cantiere fisso verrà installata in una zona rialzata in sponda sinistra. L'accesso all'area di lavoro avverrà accedendo dalla SP51 attraverso il frantoio Corradini Calcestruzzi S.p.A. alla pista sterrata su suolo demaniale situata in sponda sinistra: l'Ente appaltante prenderà opportuni accordi con la proprietà del frantoio per consentire ai mezzi di cantiere di transitare all'interno dello stabilimento.

La realizzazione delle opere comporterà quindi l'occupazione temporanea solo del suolo demaniale interno all'alveo o sulle sponde adiacenti ad esso e pertanto non sarà necessario procedere con l'esproprio o l'occupazione temporanea di terreni.

## 5.5 Interferenze

Immediatamente a valle della briglia attraversano l'alveo due linee elettriche ad alta tensione ed una linea elettrica a media tensione i cui tralicci sono situati sulle sponde nelle immediate adiacenze dell'alveo.

I tralicci rimarranno esterni all'area di cantiere e non interferiranno pertanto con le lavorazioni, mentre le linee aeree sovrastano la sponda destra a valle della briglia in corrispondenza del tratto interessato dai lavori di realizzazione della scogliera e la pista in sponda sinistra utilizzata per l'accesso dei mezzi all'area di lavoro.

In considerazione della notevole altezza a cui i conduttori si trovano (stimata in almeno 10 – 12 metri dal piano campagna per quanto riguarda la linea a media tensione, mentre quella ad alta tensione risulta a quota nettamente superiore) si ritiene che essi non interferiranno né con le lavorazioni né con il transito dei mezzi in sponda sinistra, in quanto risultano rispettate le norme di sicurezza previste dalla vigente normativa per le distanze minime operative di sicurezza da parti attive in tensione (di cui all. IX al D. Lgs. 81/2008).

## 6 Quadro economico

<i>A1 - Importo lavori soggetti a ribasso</i>	€ 1 428 000.00
<i>A2 - Importo oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso</i>	€ 64 000.00
<b><i>A - Importo totale dei lavori a base d'appalto</i></b>	<b>€ 1 492 000.00</b>
<i>B1 - IVA (22% di A)</i>	€ 328 240.00
<i>B2 - Rilievi, indagini e prove (indagini geognostiche, prove collaudo, ecc)</i>	€ 20 000.00
<i>B3 - art. 113 DL 50/2016 (1,5% di A)</i>	€ 22 380.00
<i>B4 - Progettazione definitiva/esecutiva compresi oneri e IVA</i>	€ 24 184.28
<i>B5 - Coordinatore sicurezza in fase di esecuzione</i>	€ 43 139.20
<i>B6 - Spese per collaudatore</i>	€ 8 000.00
<i>B7 - Spese per pubblicità, contributo Autorità</i>	€ 2 000.00
<i>B8 - Imprevisti arrotondamenti ed eventuali opere complementari</i>	€ 60 056.52
<b><i>B - Somme a disposizione dell'Amministrazione:</i></b>	<b>€ 508 000.00</b>
<b><i>Totale stanziamento (A + B)</i></b>	<b>€ 2 000 000.00</b>



## **7 Allegati**

Gli elaborati facenti parte del presente progetto sono i seguenti:

### **Elaborati di testo**

Relazione generale

Relazione geologica

Relazione idrologica e idraulica (con n. 27 allegati grafici)

Relazione sulle verifiche geotecniche e strutturali

Relazione sulla gestione delle materie

Relazione sulle interferenze

Piano particellare di occupazione temporanea

Studio di fattibilità ambientale

Relazione paesaggistica (con n. 7 allegati grafici)

Piano di manutenzione dell'opera

Piano di Sicurezza e Coordinamento

Fascicolo con le caratteristiche dell'opera

Quadro di incidenza della manodopera

Cronoprogramma

Computo metrico estimativo

Elenco prezzi unitari

Quadro economico

Capitolato Speciale d'Appalto

Schema di contratto

## **Elaborati grafici**

- Tav. 1 Corografia - scala 1:10.000
- Tav. 2 Planimetria di inquadramento - scala 1:2.000
- Tav. 3 Stato di fatto: planimetria e sezione trasversale
- Tav. 4 Stato di progetto: planimetria e sezione trasversale
- Tav. 5 Planimetria di dettaglio degli interventi in progetto - scala 1:250
- Tav. 6.1 Adeguamento briglia: sezioni e particolari
- Tav. 6.2 Adeguamento e prolungamento muro in destra: sezioni, particolari, carpenterie e armature
- Tav. 7.1 Difese spondali: sezioni trasversali da S1 a S5 - scala 1:100
- Tav. 7.2 Difese spondali: sezioni trasversali da D1 a D6 - scala 1:100
- Tav. 7.3 Difese spondali: sezioni trasversali da D7 a D11 - scala 1:100
- Tav. 8.1 Adeguamento briglia: concio laterale in destra: carpenterie ed armature
- Tav. 8.2 Adeguamento briglia: conci centrali e sezioni: carpenterie ed armature
- Tav. 8.3 Adeguamento briglia: concio laterale in sinistra: carpenterie ed armature

Milano, maggio 2016

Il Progettista

Dott. Ing. Fulvio Bernabei

