



PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO



AREE DI ESONDAZIONE CONTROLLATA DEL RIO BROVADA IN COMUNE DI BESANA IN BRIANZA E TRIUGGIO

Convenzione tra Regione Lombardia e Parco Regionale della Valle del Lambro del 24 ottobre
2016

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Triuggio, marzo 2017

Il progettista
Ing. Daniele Giuffrè



INDICE

1. PREMESSA	3
2. STATO DI FATTO	5
2.1. AREA DI MONTE.....	9
2.2. AREA DI VALLE	12
3. OBIETTIVI E CRITERI SEGUITI PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI ED ANALISI DELLE ALTERNATIVE	16
3.1. OBIETTIVI E CRITERI	16
3.2. ANALISI DELLE ALTERNATIVE	17
4. OPERE IN PROGETTO.....	19
4.1. AREA DI MONTE	19
4.2. AREA DI VALLE	23
4.3. ULTERIORI INTERVENTI: INTERVENTI DIFFUSI LUNGO L'ASTA	27
5. SINTESI DELLE INDAGINI SPECIALISTICHE	31
5.1. ASPETTI IDROLOGICO-IDRAULICI	31
5.2. ASPETTI GEOLOGICI-GEOTECNICI	33
5.3. ASPETTI AMBIENTALI	35
5.4. ASPETTI RELATIVI ALL'INDENNIZZAZIONE DELLE AREE ALLAGATE.....	36
6. INDICAZIONI PER LA PROSECUZIONE DELL'ITER PROGETTUALE	38
7. QUADRO ECONOMICO	39
8. ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO	42



1. PREMESSA

In data 24/10/2016 è stata firmata tra Regione Lombardia e il Parco Regionale della Valle del Lambro, individuato come Ente Attuatore, la Convenzione avente ad oggetto la progettazione di fattibilità tecnica ed economica dell'intervento di "Realizzazione di aree di esondazione controllata del rio Brovada in Comune di Besana In Brianza e Triuggio (MB)"

Gli interventi in progetto nascono dalla volontà di mitigare le principali criticità associate al rischio idrogeologico identificate sul corso del Rio Brovada, affluente del fiume Lambro. Il principale intervento tra quelli previsti consiste nella creazione di due aree di laminazione controllata lungo il ramo principale del rio, nei comuni di Besana in Brianza e Triuggio. Tali aree di laminazione consentirebbero l'invaso temporaneo delle acque di piena eccedenti la capacità di smaltimento del torrente Brovada.

Il presente progetto si inserisce nell'ambito di un più ampio processo di programmazione denominato "Programma per la progettazione degli interventi strutturali e prioritari nelle aree a rischio idrogeologico molto elevato nonché conseguenti a calamità naturali", approvato con D.G.R. n. 5399 del 11 luglio 2016, che prevede di finanziare la progettazione di interventi urgenti e prioritari.

Durante l'evento meteorologico di carattere temporalesco verificatosi tra il 24 giugno e il 25 giugno 2014 il torrente Brovada è esondato in comune di Triuggio, lungo via Brovada e parzialmente lungo piazza Boretti, in prossimità della sua confluenza con il fiume Lambro.

Come individuato nello studio sviluppato dal Parco Valle Lambro nel settembre 2014 "Relazione sull'evento meteo del 25/06/2014 e indicazioni strategiche di intervento", l'evento del 24-25 giugno 2014 ha avuto tempi di ritorno superiori ai 5 anni per durate comprese tra i 40 e 150 minuti, e di poco inferiori ai 10 anni per durate prossime ai 90 minuti, durata corrispondente alla massima intensità dell'evento.

Tale evento ha permesso di mettere in luce la situazione di rischio che grava sull'abitato di Ponte e, conseguentemente, le molteplici criticità che attualmente caratterizzano il corso d'acqua in oggetto. Come cita lo studio redatto del Parco del 2014 "la prima lampante conclusione per l'evento di Giugno 2014 è che più del 95% della portata è già formata al momento dell'ingresso nella parte terminale del corso d'acqua", risulta perciò evidente "che la risoluzione dei problemi di rischio idraulico che oggi insistono sull'abitato di Ponte di Triuggio non possono trovare una soluzione nella semplice difesa passiva dell'abitato né tantomeno nella predisposizione di interventi nella parte terminale del corso d'acqua e che ogni intervento di sistemazione spondale e di regimazione effettuato in questo ultimo tratto può essere visto infatti al più come poco utile palliativo".

La totalità degli interventi è stata, su richiesta dell'Ente Finanziatore, suddivisa in 2 lotti, così organizzati:

- Lotto 1: area di esondazione controllata di monte + interventi diffusi lungo l'asta del torrente;
- Lotto 2: area di esondazione controllata di valle.



Figura 1: Rio Brovada: vista a monte e a valle dell'attraversamento di piazza Boretti (Ponte), giugno 2014



2. STATO DI FATTO

Il Rio Brovada, di cui si evidenzia il bacino in Figura 2 si caratterizza principalmente quale impluvio: sebbene in tempi di secca presenti comunque ridotte portate per la presenza di scarichi e sfioratori malfunzionanti, questo corso d'acqua non ha una vera e propria fonte ed il torrente si riempie oggi quasi esclusivamente di acque meteoriche.



Figura 2: Bacino e reticolo idrografico del Rio Brovada



L'asta principale si origina nel comune di Besana in Brianza, in prossimità dell'incrocio tra via Giacomo Puccini e via delle Rose, poco a nord di Villa Paradiso, costeggiando la località Montesiro; questa ha una lunghezza complessiva di circa 6,13 km e presenta un dislivello complessivo di circa 145 m (Figura 3).

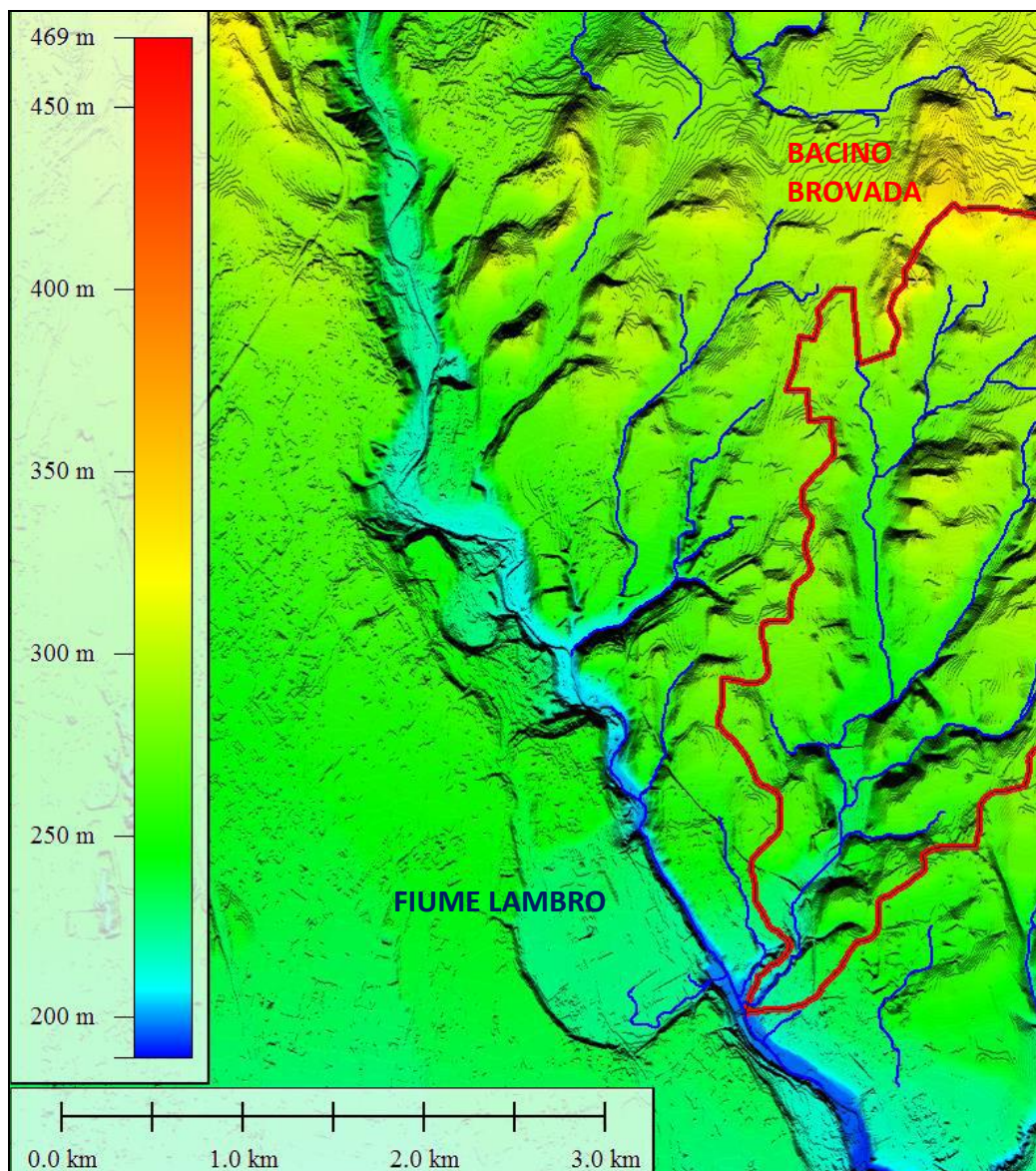


Figura 3: Orografia della zona di interesse

Dopo un tratto iniziale di circa 2,5 km, dove la tipologia e la copertura delle sponde è alterna tra artificializzazioni quali canalette in calcestruzzo o tratti intubati, e zone in cui viene riguadagnata una certa naturalità, il torrente giunge alla prima confluenza con uno dei suoi rami secondari nella frazione di Mighinzano, a sud del campo sportivo di Besana in Brianza. Proseguendo verso valle il paesaggio agrario circostante permette la presenza di ampie aree perifluviali seppur caratterizzate da esigue o del tutto assenti fasce arbustive e alberate. La confluenza con il secondo dei suoi affluenti, di lunghezza complessiva di circa 2,3 km e caratterizzato anch'esso da una certa naturalità dovuta alla presenza di un paesaggio circostante prevalentemente agrario e boschivo, è situata poco a sud della frazione di Fonigo; mentre la



terza e ultima confluenza tra l'asta principale e il ramo secondario discendente dalle zone limitrofe alle frazioni di Brugora e Tregasio si posiziona, sempre nel comune di Besana in Brianza, poco a nord di Cascina Siberia. Lungo il tratto terminale infine, la tipologia e la copertura delle sponde vede il passaggio da una situazione di completa o quasi naturalità, ad una progressiva artificializzazione di sponde e fondo alveo, mediante rinforzi realizzati con massi a scogliera, canalizzazioni e briglie.

Il bacino imbrifero del torrente presenta un'estensione complessiva di circa 6,6 km², compreso quasi interamente (circa 78%) nel comune di Besana in Brianza e per la restante parte, costituita da un breve tratto di monte del suo terzo affluente e il tratto finale della sua asta principale, nel comune di Triuggio (circa 18%). Trascurabili frazioni del bacino si trovano in territorio di Casatenovo, Monticello Brianza e Carate Brianza (vedi Figura 4 e Tabella 1)

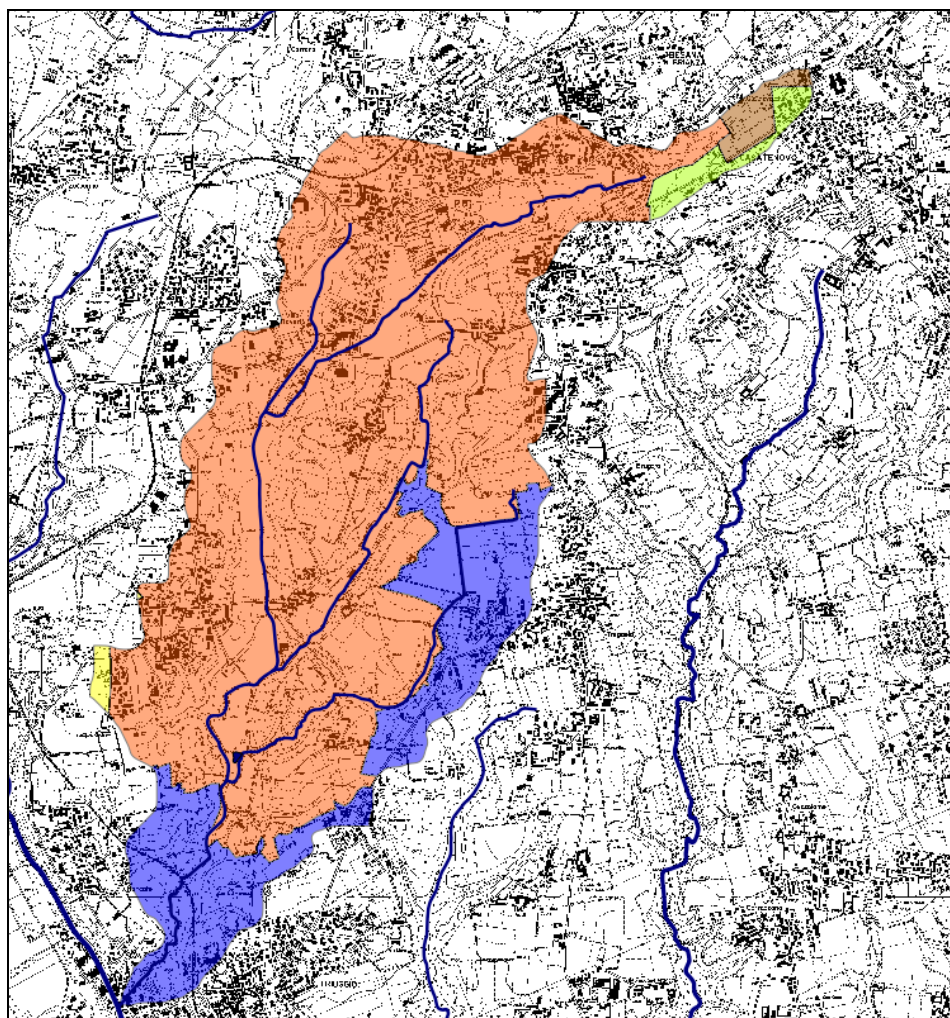


Figura 4: limiti amministrativi sul bacino del Rio Brovada



Comune	Area [km ²]	% area su totale
Besana Brianza	5.18	78.0%
Triuggio	1.19	18.0%
Casatenovo	0.12	2.0%
Monticello Brianza	0.09	1.5%
Carate Brianza	0.03	0.5%

Tabella 1: percentuali aree amministrative sul bacino

Le zone di intervento individuate per la creazione delle due aree di laminazione del torrente sono situate rispettivamente nei Comuni di Besana in Brianza e Triuggio, come riportato in Figura 5, estratto dalla Tav. 1: Corografia del presente progetto.

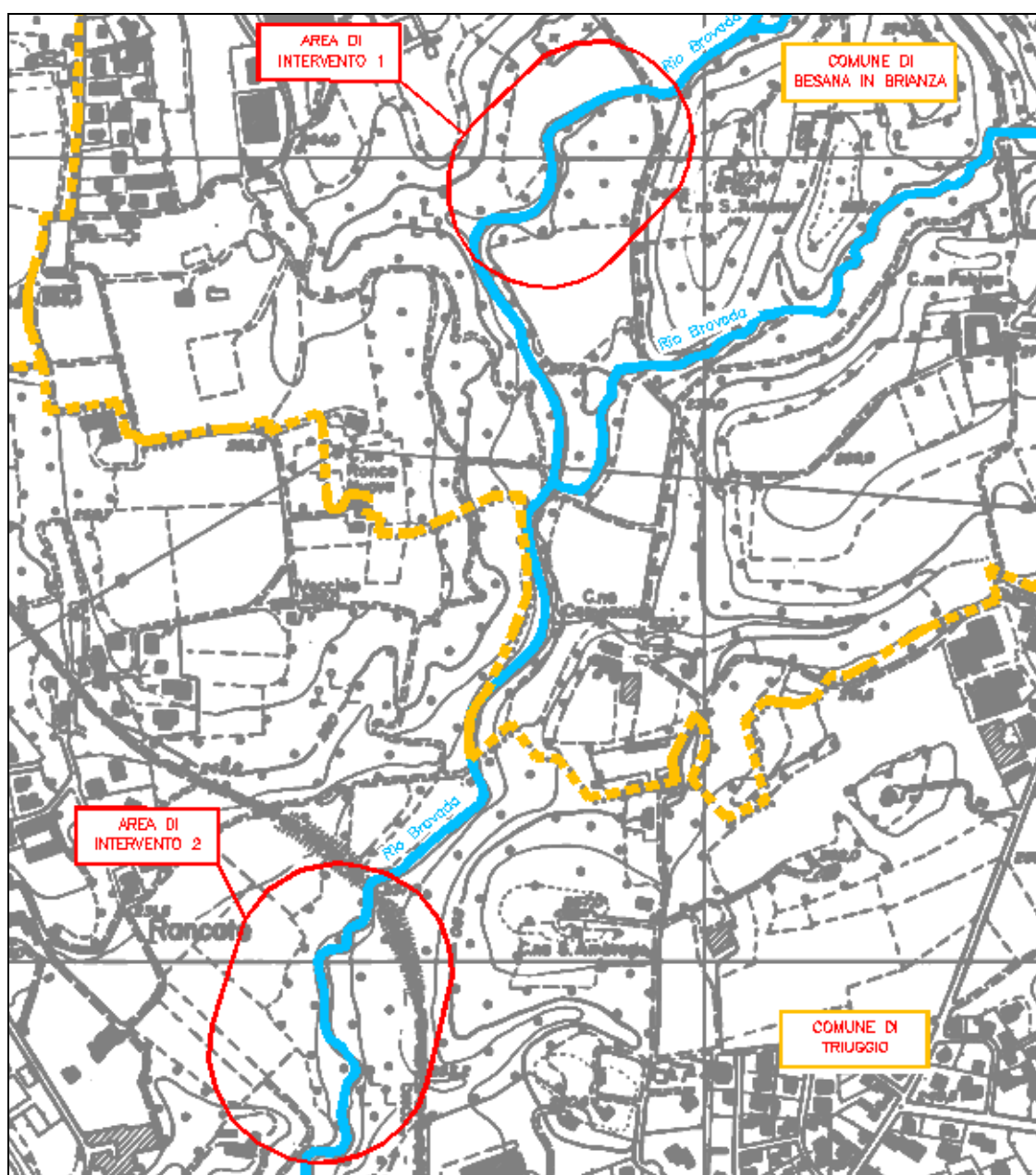


Figura 5: Estratto Tav.1 - Corografia



2.1. AREA DI MONTE

La prima di queste aree si trova nei pressi della frazione di Calò, in comune di Besana in Brianza (MB); si tratta di un'area di circa 26.000 m² che si sviluppa a valle dell'attraversamento di via della Valle (strada comunale che collega il cimitero di Calò alla C.na Campaccio), come indicato in Figura 6. L'area è costituita principalmente da campi caratterizzati da coltivazioni cerealicole annuali, a rotazione, oltre che da fasce boscate che fiancheggiano le sponde del corso d'acqua, fino alla briglia posta a circa 300 m a valle dell'incrocio con la strada. Poco a monte della briglia un piccolo affluente della Brovada si unisce all'asta principale.

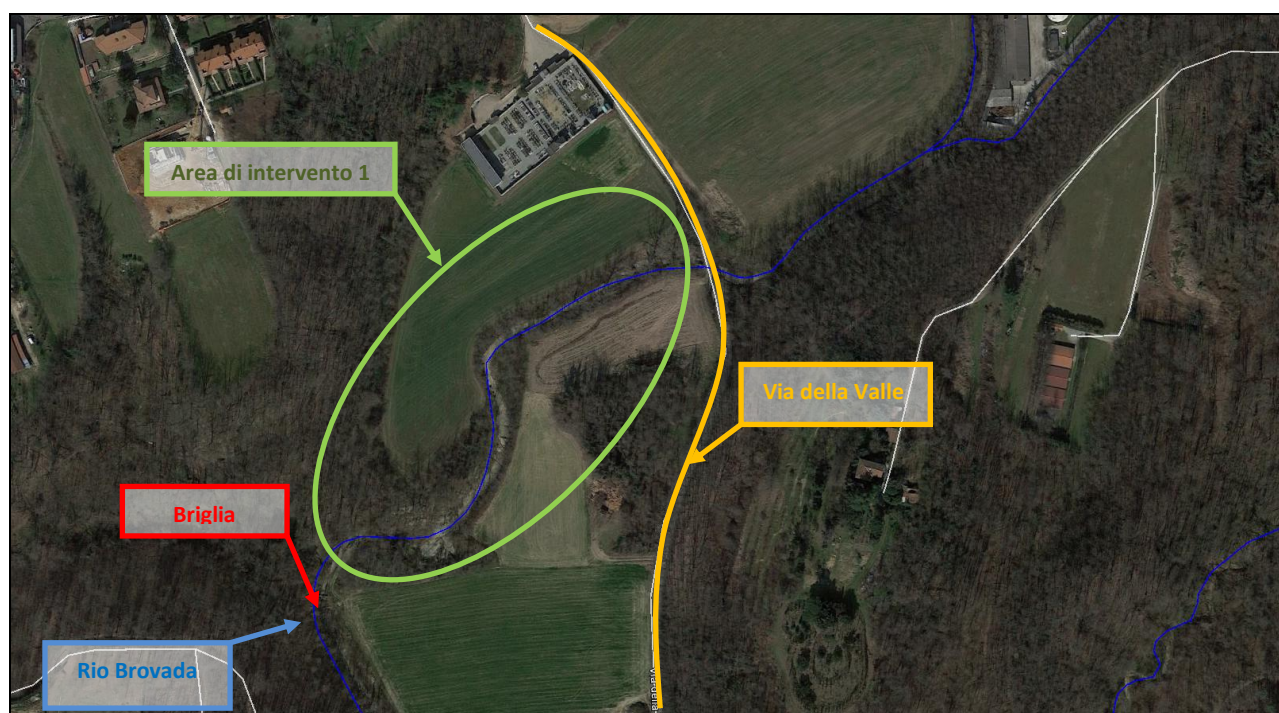


Figura 6: Inquadramento di massima dell'area di monte

L'attraversamento stradale che incrocia il rio Brovada in corrispondenza di via della Valle è stato realizzato con uno scatolare in calcestruzzo. Il fondo alveo, anche se ridotto in larghezza, viene mantenuto naturale e i rinforzi spondali, sia a monte che a valle del passaggio, sono realizzati con muri continui in cemento. Immediatamente a monte dell'attraversamento di via della Valle è presente in destra idraulica uno scaricatore fognario, che comporta lo scadimento di habitat e qualità dell'acqua per diversi metri a valle. Un secondo scaricatore è presente un po' più a valle. Nel tratto in questione, il rio Brovada presenta un alveo molto permeabile, formato da ciottoli e ghiaia di varia pezzatura. Le sponde del torrente sono abbastanza incise e l'alveo ha un'ampiezza di circa 9 m. In questo tratto i rilievi geologici hanno evidenziato che il substrato roccioso tipico della zona risulta essere molto superficiale, mostrando il suo tipico aspetto inciso dovuto all'erosione da parte dell'acqua. Dal punto di vista altimetrico la quota più bassa è di 235,5 m



s.l.m., dove verrà collocata l'opera di regolazione, mentre quella più elevata è 244 m s.l.m., come si può vedere in Figura 7, che riporta l'analisi altimetrica della zona ricavata dall'elaborazione del DTM.

Ad essere interessate dall'allagamento saranno sia le fasce boscate presenti lungo il corso d'acqua principalmente costituite da Robinieto, che le aree coltivate presenti sia in destra che in sinistra idrografica, e descritte in dettaglio nello Studio di prefattibilità ambientale compreso nel presente progetto.

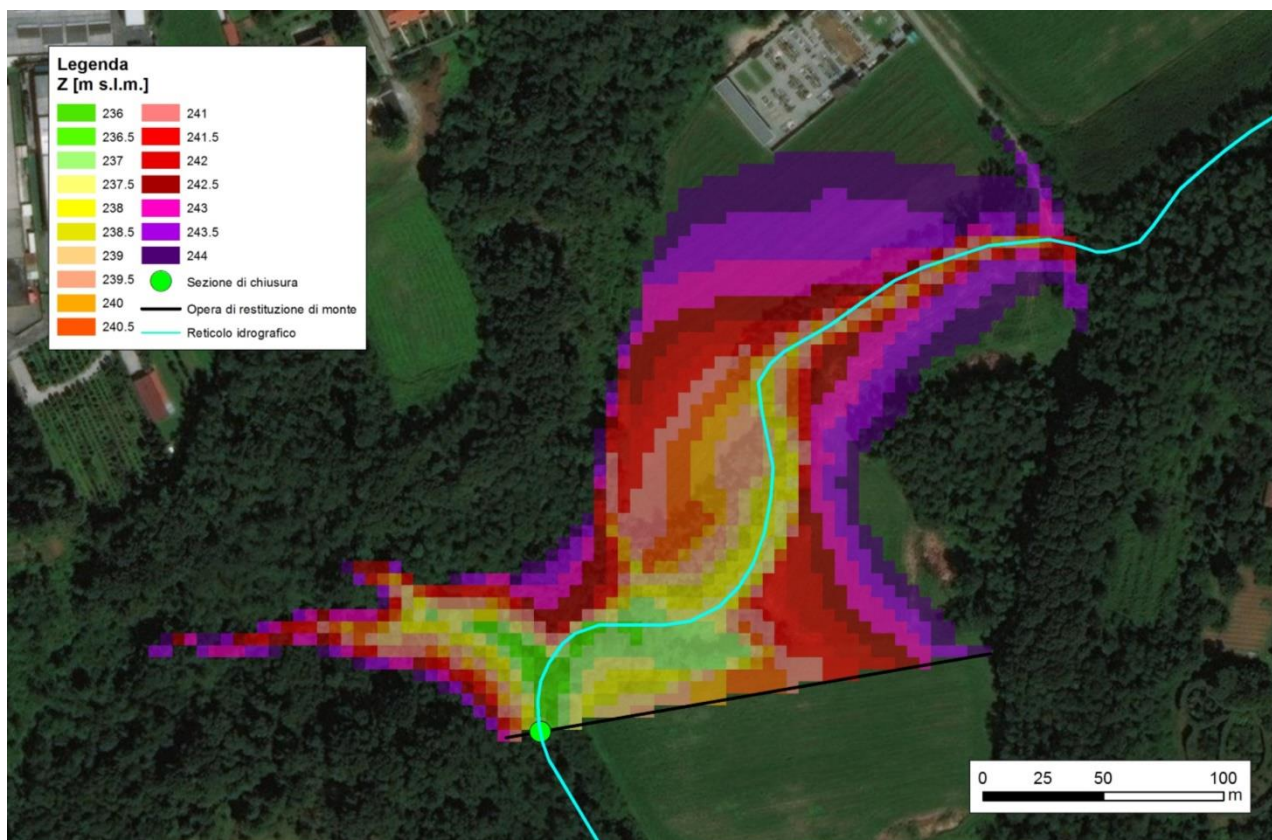


Figura 7: Mappatura altimetrica dell'area di monte (fonte: DTM)

Di seguito (Figura 8, Figura 9, Figura 10) vengono infine riportate alcune immagini fotografiche della zona, scattate da varie angolazioni.



Figura 8 - vista dell'area da sud



Figura 9 - vista da nord



Figura 10 - vista dell'area in cui verrà realizzata l'arginatura di contenimento scattata da via della Valle

2.2. AREA DI VALLE

L'area dove verrà realizzata la vasca di valle è invece situata in comune di Triuggio, a valle dell'attraversamento ferroviario della linea Milano-Lecco (via Molteno) e si estende per una superficie pari a circa 21.000 m². Per la realizzazione dell'area di laminazione controllata si sfrutteranno le pendenze naturali dell'impluvio che permetteranno di contenere le dimensioni dell'opera di regolazione. Il torrente, in questo tratto, ha una larghezza quasi costante di circa 11 metri, tra sponde di pendenza variabile tra la verticale e 1:3; il substrato piuttosto grossolano, costituito da depositi alluvionali a ghiaie prevalenti e dunque abbastanza permeabile. La tipologia e la copertura delle sponde varia da tratto a tratto e vede il passaggio da una situazione di completa o quasi naturalità ad una progressiva artificializzazione di sponde e fondo alveo, mediante rinforzi con massi a scogliera e briglie. Il tratto è, ad ogni modo, caratterizzato da buone condizioni dell'ambiente circostante, le fasce perfluviali sono ampie e boschive.

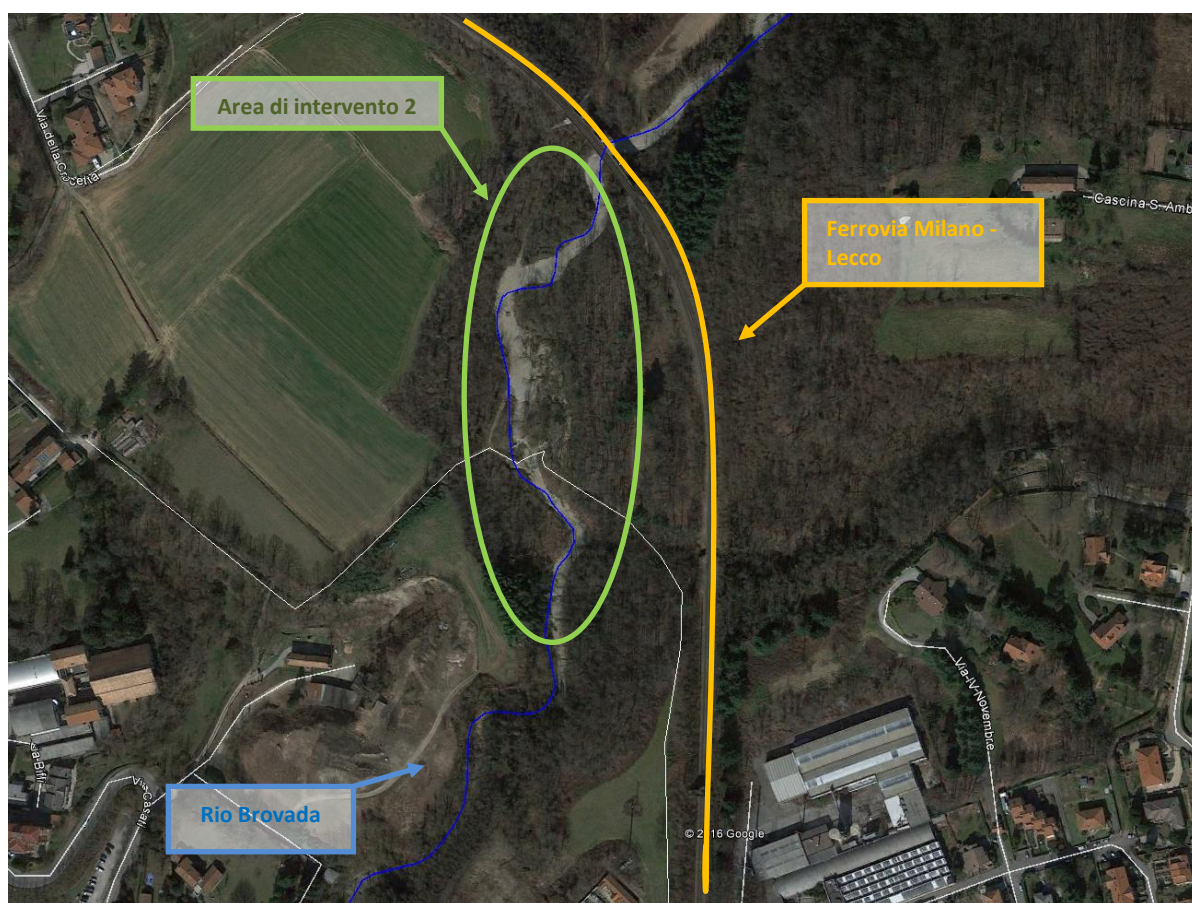


Figura 11 – Inquadramento di massima dell'area di valle

In questo caso, le aree interessate dagli allagamenti saranno soprattutto costituite da zone boscate, e si estenderanno da una quota minima di 214,5 m s.l.m. ad una massima di 223 m s.l.m. come rappresentato in Figura 12.

Infine, in Figura 13 e Figura 14 si riportate 2 immagini fotografiche dell'area di interesse.

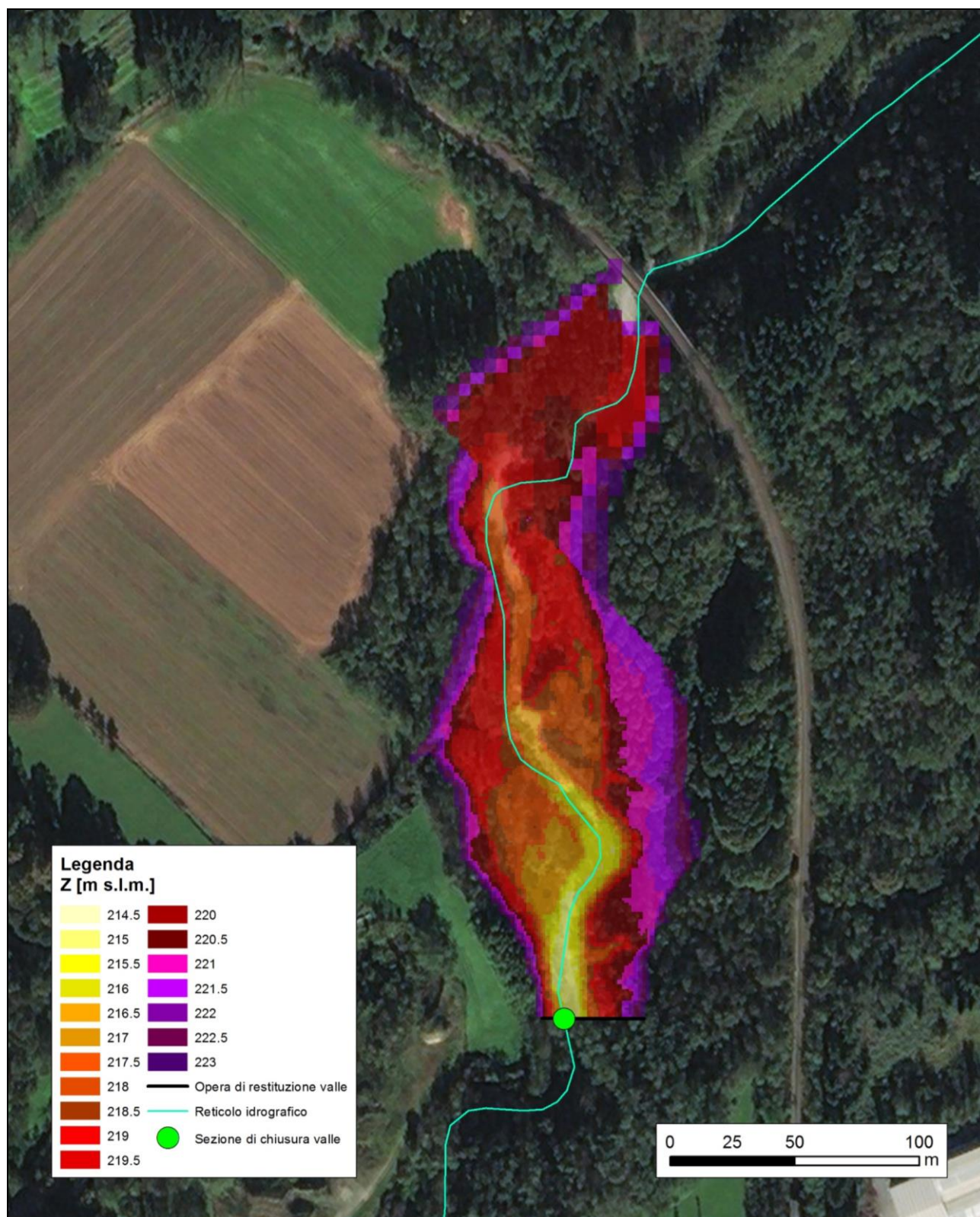


Figura 12: Mappatura altimetrica dell'Area di valle (fonte: DTM)



Figura 13 – Area di valle



Figura 14 – artificializzazioni spondali a sud dell'attraversamento ferroviario



3. OBIETTIVI E CRITERI SEGUITI PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI ED ANALISI DELLE ALTERNATIVE

In questo capitolo sono illustrati gli obiettivi perseguiti dal presente progetto nonché i criteri di progettazione adottati per perseguirli con la maggior speranza di successo ed il minimo impatto ambientale. Sono altresì riportate le alternative analizzate prima della definizione del quadro progettuale finale preliminare.

3.1. OBIETTIVI E CRITERI

La progettazione del presente intervento nasce con una finalità principale di natura idraulica, ovvero la riduzione del rischio di alluvionamento del tratto terminale del torrente Brovada, situato all'interno del centro abitato del Comune di Triuggio, in località Ponte, prima nel suo efflusso nel fiume Lambro. Vista la molteplicità delle problematiche che un'esondazione a Ponte può generare in termini di incolumità dei passanti, danni a edifici industriali e residenziali, interruzione della viabilità, come già dimostrato in passato per eventi di intensità eccezionale ma non catastrofica (es. Giugno 2014, tempo di ritorno stimato tra i 5 e 10 anni), la portata transitabile lungo il tratto "urbano" del torrente è stata la condizione al contorno adottata come criterio di base per il dimensionamento idraulico delle opere in progetto.

Si è inoltre data significativa importanza, nella scelta degli interventi, delle tecniche di costruzione e dei materiali utilizzati, agli aspetti ambientale e di riqualificazione fluviale dell'area, in conformità con la tipologia di interventi realizzati nell'arco degli anni dalla Stazione Appaltante, in qualità di Parco Regionale, lungo il corso del fiume Lambro e dei suoi affluenti.

Particolare importanza assume, nel caso specifico, l'aspetto sanitario sollevato dalla eventuale presenza di sostanze inquinanti e solidi grossolani trasportati dalla piena della Brovada – un torrente caratterizzato da un trasporto solido molto significativo durante gli eventi di piena – e che potranno andare a depositarsi nelle aree di allagamento al termine dell'evento e dello svuotamento. Questo aspetto è stato tenuto in conto soprattutto nella valutazione e quantificazione economica delle attività di monitoraggio e manutenzione, ordinaria e straordinaria, quali interventi di rimozione puntuale e specifica soprattutto per determinate tipologie di rifiuto (corpi putrescibili oppure fortemente inquinanti o di forte impatto estetico o semplicemente ingombranti che potrebbero occludere le luci di scarico).

Si è considerato anche l'aspetto paesaggistico, dal momento che gli interventi ricadono all'interno di un'area del Parco caratterizzata da una contaminazione antropica relativamente contenuta, in cui la realizzazione di opere quali quelle in progetto risulta essere inevitabilmente impattante da questo punto di



vista, e deve pertanto essere pensata in una maniera che garantisca la funzionalità delle stesse, ottimizzandone allo stesso tempo la capacità di inserimento nell'ambiente circostante.

Infine è stato valutato anche l'aspetto economico, dal momento che rimane una variabile del problema progettuale.

3.2. ANALISI DELLE ALTERNATIVE

Per la risoluzione delle problematiche di rischio idraulico insistenti nell'area dell'abitato di Triuggio, originate dalle piene della Brovada, sono state considerate alcune alternative di seguito riportate.

- 1) Soluzione 0: opzione 0, nessun intervento;
- 2) Soluzione 1: realizzazione di una sola area di laminazione;
- 3) Soluzione 2: realizzazione di due aree di laminazione;

La soluzione 0 (opzione 0) mantiene inalterate le condizioni di rischio idraulico dell'abitato di Ponte. Naturalmente, il perdurare della presente situazione non è auspicabile in quanto la località Ponte rimarrebbe esposta agli eventuali eventi futuri, in una situazione di rischio idraulico sottolineata all'interno del documento *"Individuazione del reticolo idrico minore e determinazione delle relative fasce di rispetto ai sensi della L.R. 1/2000, D.G.R. 7/7868 del 25/1/2002, D.G.R. 7/13950 del 1/8/2003"*, che per il tratto terminale della Brovada estende la fascia di rispetto a 40 metri, invece dei consueti 10, comprendendo le aree storicamente soggette a esondazione.

La soluzione 1 prende in considerazione la realizzazione di una singola area di esondazione controllata lungo l'asta del torrente. I vantaggi di questa scelta, rispetto alla successiva, sono una maggiore economicità e un minore impatto sul territorio, mentre lo svantaggio sostanziale è di natura tecnica, in quanto dei due siti emersi dai sopralluoghi effettuati come idonei per essere utilizzati come invasi temporanei, nessuno è in grado laminare l'onda di progetto in maniera da rispettare a un tempo la condizione al contorno del ponte-galleria di Piazza Boretti senza superare i 100'000 m³ di invaso, valore limite per cui gli sbarramenti devono rispettare rigorosamente le *"Norme tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta"* (2014), che impongono dei vincoli eccessivamente restrittivi e onerosi per un'opera di laminazione da realizzarsi lungo un alveo di reticolo minore, per di più senza una portata di base costante.

Per quanto riguarda la soluzione 2, essa prevede la realizzazione di un'opera di regolazione in ciascuna delle due aree individuate. Al contrario del caso precedente, questa soluzione comporta maggiori oneri economici, nonché un impatto ambientale più significativo, ma riesce, dal punto di vista tecnico a soddisfare la condizione al contorno di valle che garantisce un adeguato livello di sicurezza per l'abitato di



Ponte nei confronti della piena di riferimento, senza che nessuno raggiunga la capacità di invaso limite indicata al punto precedente.

In entrambi i casi, per gli sbarramenti è previsto un funzionamento in pressione mediante bocche tarate di fondo non regolabili: la motivazione risiede negli oneri maggiori oneri che comporterebbe un'opera a efflussi regolabili, non giustificabili per un corso d'acqua di reticolo minore quale la Brovada.

Nella tabella che segue vengono sintetizzati i vari aspetti considerati utilizzando una simbologia molto intuitiva.

	Sicurezza idraulica Ponte di Triuggio	Aspetti Riqualificazione fluviale	Aspetti sanitari	Aspetti paesaggistici	Costo economico - investimento iniziale	Costo economico – danni post-evento	Giudizio complessivo
Soluzione 0							
Soluzione 1							
Soluzione 2							

Tabella 2: sintesi del confronto tra le alternative

Dalla tabella si evince come, valutando nel complesso i vari aspetti influenzanti la decisione progettuale, la soluzione 2 sia stata ritenuta la più idonea: se da un lato l'investimento richiesto per la realizzazione (e manutenzione) di due opere sia ovviamente superiore al caso di uno sbarramento singolo, alla luce della quantificazione della spesa prevista, la riduzione del rischio idraulico dell'abitato di Ponte a un livello di ragionevole sicurezza viene considerato prioritario.

In merito agli aspetti paesaggistici, i due sbarramenti avranno un impatto inevitabile sul bacino del corso d'acqua, ma saranno realizzati, come meglio specificato nel capitolo successivo, in modo da integrarsi il meglio possibile nell'ambiente circostante, facendo ampio ricorso a tecniche di ingegneria naturalistica e minimizzando l'impiego di calcestruzzo. La presenza delle opere servirà inoltre a garantire nel tempo una manutenzione continua specifica delle rispettive aree di esondazione controllata e in generale di tutta l'asta del torrente, consentendo un controllo continuativo del corso d'acqua, il cui bacino allo stato attuale versa per larghi tratti in uno stato di abbandono, comprese le numerose opere di regimazione del trasporto solido e protezione spondale realizzate negli anni.



4. OPERE IN PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di una serie di interventi, di seguito elencati:

- Opere dell'area di esondazione controllata di monte (denominata d'ora in avanti "area di monte");
- Opere dell'area di esondazione controllata di valle (denominata d'ora in avanti "area di valle");
- Interventi di riqualificazione fluviale diffusi lungo l'alveo;

N.B. Nella descrizione delle opere si farà riferimento alle grandezze spaziali nel seguente modo:

- B: estensione lineare in direzione trasversale alla direzione dell'alveo;
- W: estensione lineare in direzione parallela alla direzione dell'alveo;
- H: altezza verticale rispetto alla quota di fondo dell'alveo;

4.1. AREA DI MONTE

L'area di monte è situata in comune di Besana in Brianza, nei pressi del cimitero di Calò (Figura 15).

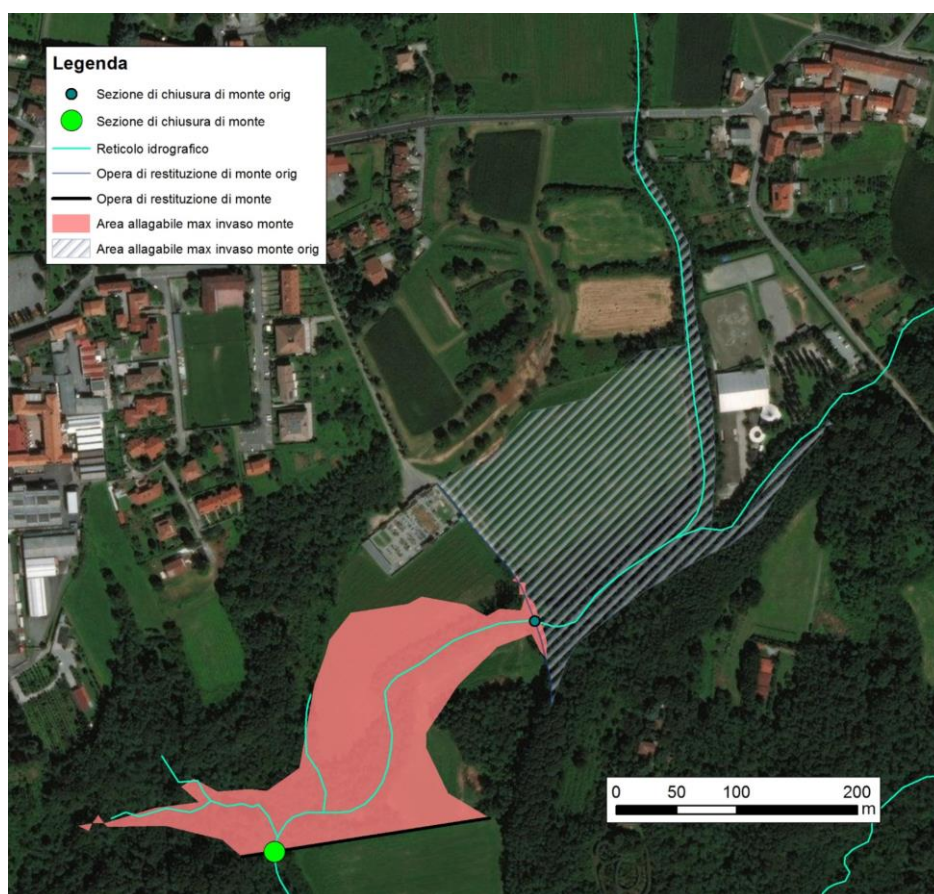


Figura 15: planimetria a base ortofotogrammetrica dell'area di monte



Un'ipotesi originaria prevedeva lo sfruttamento del ponte di Via della Valle come bocca tarata, inducendo l'esondazione della Brovada nelle aree – principalmente a uso agricolo – di monte. Tale opzione, pur vantaggiosa sul piano economico in quanto basata su una struttura già in parte esistente, è stata scartata in quanto avrebbe utilizzato la strada di Via della Valle come sbarramento, con un rialzo del piano stradale rispetto all'attuale di circa 5 metri nel punto più basso, e con un'altra infrastruttura pubblica quale il cimitero immediatamente a valle.

Si è dunque deciso di realizzare l'opera circa 300 metri a valle del suddetto ponte, forzando l'esondazione del torrente all'interno di un'area che si estende, nel caso del massimo invaso, fino alle pendici della strada e del cimitero (come mostrato in dettaglio all'interno della tavola 3.3, "Planimetria aree allagabili"). La scelta di questa sezione è ottimale poiché consente di sfruttare un tratto di alveo particolarmente inciso in sponda destra, costituita da una scarpata rocciosa di ceppo affiorante, mentre in sponda sinistra per giungere alla quota di coronamento sarà necessario prolungare la struttura mediante un rilevato arginale carrabile che giunge fino in prossimità della strada di Via della Valle, fungendo dunque da pista di accesso all'opera. La realizzazione dell'opera sfrutta almeno in parte una struttura esistente, ossia una briglia di consolidamento in calcestruzzo, sulla cui vasca di dissipazione verrà realizzata la fondazione dell'opera in progetto (la briglia dovrà essere in parte demolita per portarsi in quota con la fondazione).

L'opera di regolazione, di cui si riportano alcuni dettagli in Figura 16 e Figura 17 (e più dettagliatamente in tavola 3.1, "Planimetria e particolari costruttivi di progetto area di monte), è stata pensata come una struttura che si amalgamasse al meglio, dal punto di vista meccanico e paesaggistico, con le caratteristiche del territorio. Se ne elencano le componenti, mentre in Tabella 3 vengono riportate le quote significative:

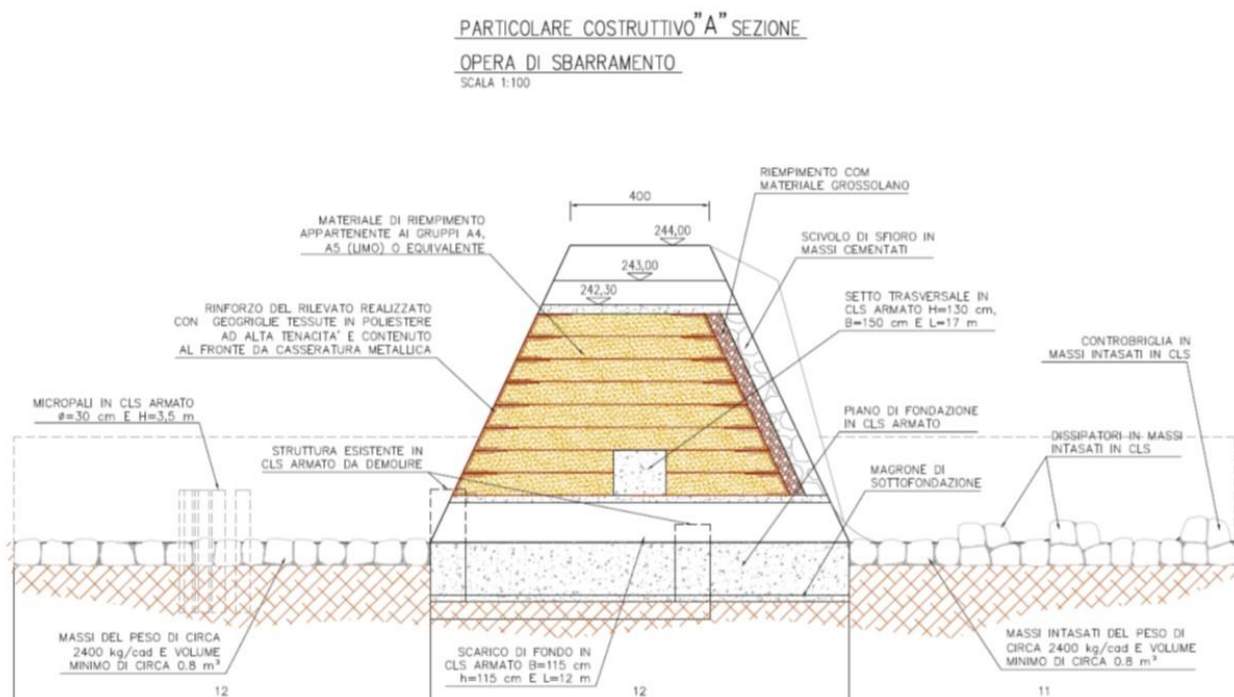


Figura 16: sezione longitudinale dello sbarramento di monte

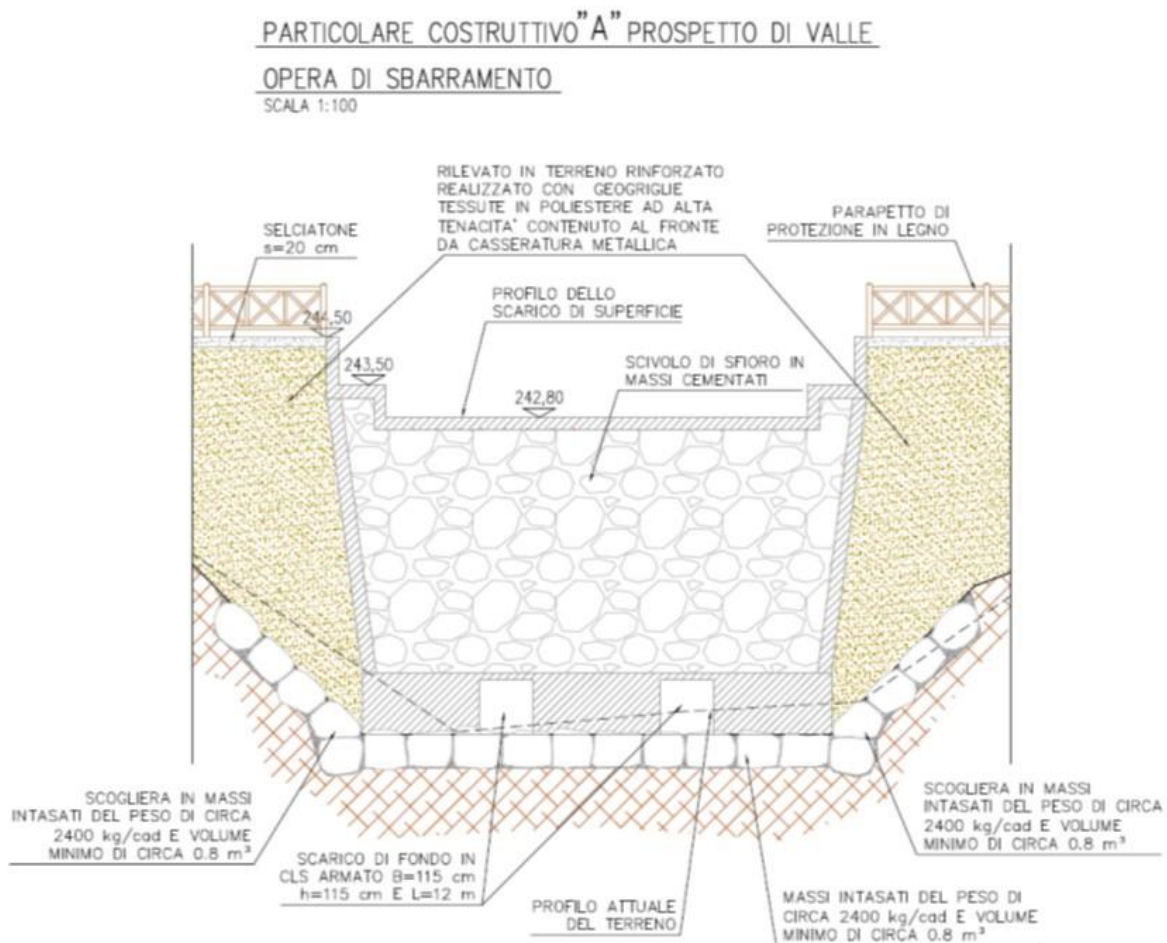


Figura 17: prospetto di valle dello sbarramento di monte



- Una fondazione superficiale in calcestruzzo armato, gettato fino al substrato roccioso sottostante. Dimensioni: B = 10 m (larghezza del fondo alveo), W = 12 m, H = 1.7 m;
- Una struttura di fondo, solidale alla fondazione, in calcestruzzo armato, contenente due bocche tarate. Dimensioni:
 - struttura: B = 10 m, W = 12 m, H = 1.5 m;
 - bocche tarate: B = 1.15 m, H = 1.15 m;
- Un setto di calcestruzzo armato nella parte centrale dell'opera, che si sviluppa a partire dalla quota del piano campagna fino a 1.3 metri al di sopra della struttura di fondo, e largo 3 metri per parte in più rispetto ad essa, che serva a prevenire lo scivolamento del corpo diga in terra rispetto alla struttura in cemento sottostante lungo il piano di debolezza. Dimensioni: B = 16 m, W = 1.5 m; H = 2.8 m;
- Il corpo diga, realizzato con 11 strati di terra rinforzata di altezza pari a 0.65 m (0.7 l'ultimo), per uno sviluppo verticale complessivo dalla quota di fondo alla quota di coronamento pari a 8.5 metri (1.3 m di struttura di fondo + 7.2 m di terra rinforzata). Gli strati dovranno essere speculari rispetto all'asse centrale dell'opera, formando delle sponde a monte e a valle inclinate a 65°. Il coronamento avrà una larghezza di 4 metri, sufficiente a renderlo carrabile, e uno sviluppo complessivo di 211 m. Il terreno di riempimento sarà un materiale di cava selezionato, omogeneo, dotato di ottime proprietà meccaniche (ϕ' minimo 30°), un valore di conducibilità idraulica sufficientemente basso da evitare lo sviluppo di fenomeni di filtrazione da monte verso valle durante il periodo di invaso dell'opera (K_s non superiore a 10^{-7} m/s), e che non tenda a fessurarsi se sottoposto a cicli imbibimento ed essiccazione. Uno strato di 20 cm di selciatoone verrà posto in opera in corrispondenza del coronamento, mentre è previsto che le sponde vengano reinverdite. Gli strati vengono incastonati all'interno delle sponde di versante per una distanza minima di 2 metri.
- Scarico di superficie in cemento armato, del tipo stramazzo a larga soglia, a sezione rettangolare su due livelli:
 - il primo, dalla quota di massima regolazione (242.3 m s.l.m.), alla quota di massimo invaso (243 m s.l.m.), largo 9 metri;
 - il secondo, dalla quota di massimo invaso, alla quota di coronamento (244m s.l.m.9, largo 11 metri;
- scivolo sul paramento di valle, in massi di tipo II intasati in calcestruzzo, spessore medio 0.6 metri, dotati di feritoie con tubi di drenaggio in ghisa ϕ 150 mm, a connettere lo scarico di superficie e la



vasca di dissipazione. Dietro allo scivolo è previsto un dreno in materiale grossolano dello spessore di 0.4 metri;

- vasca di dissipazione posta a valle dello sbarramento: realizzata con una fondazione in massi di tipo II intasati in calcestruzzo, con la presenza di 5 dissipatori posti su due file al centro della stessa e una controbriglia finale a sezione triangolare. Anche le sponde, per un'altezza di 2 metri, vengono consolidate e impermeabilizzate con delle sponde in massi intasati Dimensioni:
 - fondazione vasca: $B = 10 \text{ m}$, $W = 11 \text{ m}$, $H = 0.7 \text{ m}$;
 - dissipatori: $B = 1.3 \text{ m}$, $W = 1.5 \text{ m}$, $H = 0.7 \text{ m}$;
 - controbriglia: $B = 10 \text{ m}$, $W = 1.5 \text{ m}$, $H = 1 \text{ m}$;
- briglia selettiva posta a monte dello sbarramento: realizzata come la vasca di valle (fondazione e sponde in massi intasati), con una doppia corona di micropali ($\phi 300 \text{ mm}$) in acciaio, intasati di calcestruzzo, e disposti a quinconce, a proteggere le bocche tarate di fondo dal flottante e dal trasporto solido di fondo di dimensioni tali da comprometterne la funzionalità idraulica. La geometria della corona è osservabile in dettaglio in tavola 3.1.

Oss: si è pensato di realizzare una seconda briglia selettiva nel tratto appena a monte delle aree allagabili stimate, poiché la briglia posta in prossimità dell'opera perde la capacità di trattenere il flottante durante l'invaso. Tuttavia, si è ritenuto di poter evitare la realizzazione un'opera aggiuntiva, vista la presenza del ponte di Via della Valle, che funge da elemento di disturbo e rallentamento del deflusso.

4.2. AREA DI VALLE

L'area di valle viene realizzata in Comune di Triuggio, sfruttando un tratto di alveo inciso al termine di uno slargo del torrente Brovada, situato a valle del ponte ferroviario sul corso d'acqua (Figura 18), con l'area inondabile che, al massimo invasore, si estende a monte fino alle pile del ponte.

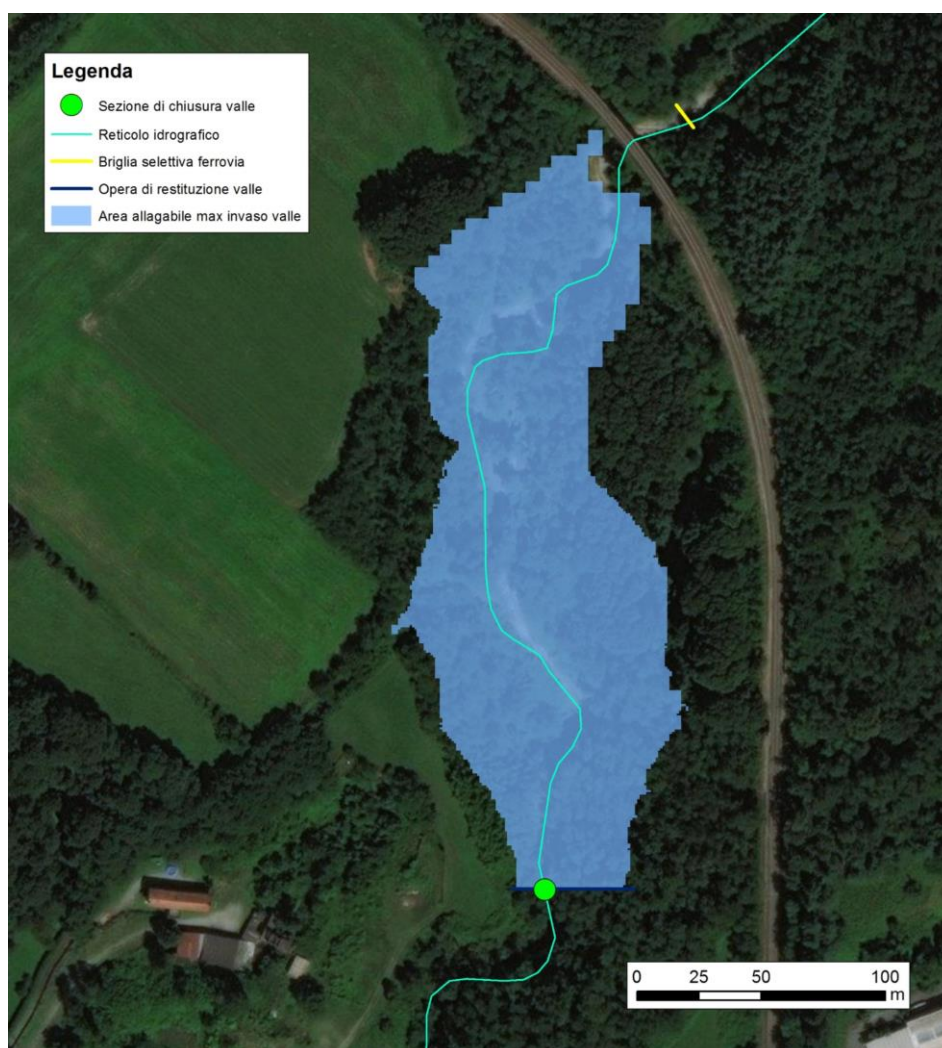


Figura 18: planimetria a base fotogrammetrica dell'area di valle

L'opera di regolazione, in pressoché tutte le sue componenti, ricalca il modello di quella dell'area di monte, vista la similarità di contesto geologico e paesaggistico, con la differenza di essere molto più contenuta in termini di dimensioni: a fronte di opere di fondazione e di fondo molto simili, la maggiore acclività delle spalle porta a un coronamento decisamente più ridotto (52 metri contro 211). Dalla geologia si desume che, in questo caso, il solo letto dell'alveo presenta una frazione rocciosa consistente, mentre le sponde sono formate da depositi di materiali sciolti, rendendo più agevoli le operazioni di scavo.

Anche per quest'opera, planimetria e sezioni sono consultabili in dettaglio in tavola 3.2, "Planimetria e particolari costruttivi di progetto area di valle", di cui si riportano alcuni stralci in Figura 19 e Figura 20, mentre in Tabella 3 si riportano le quote significative.

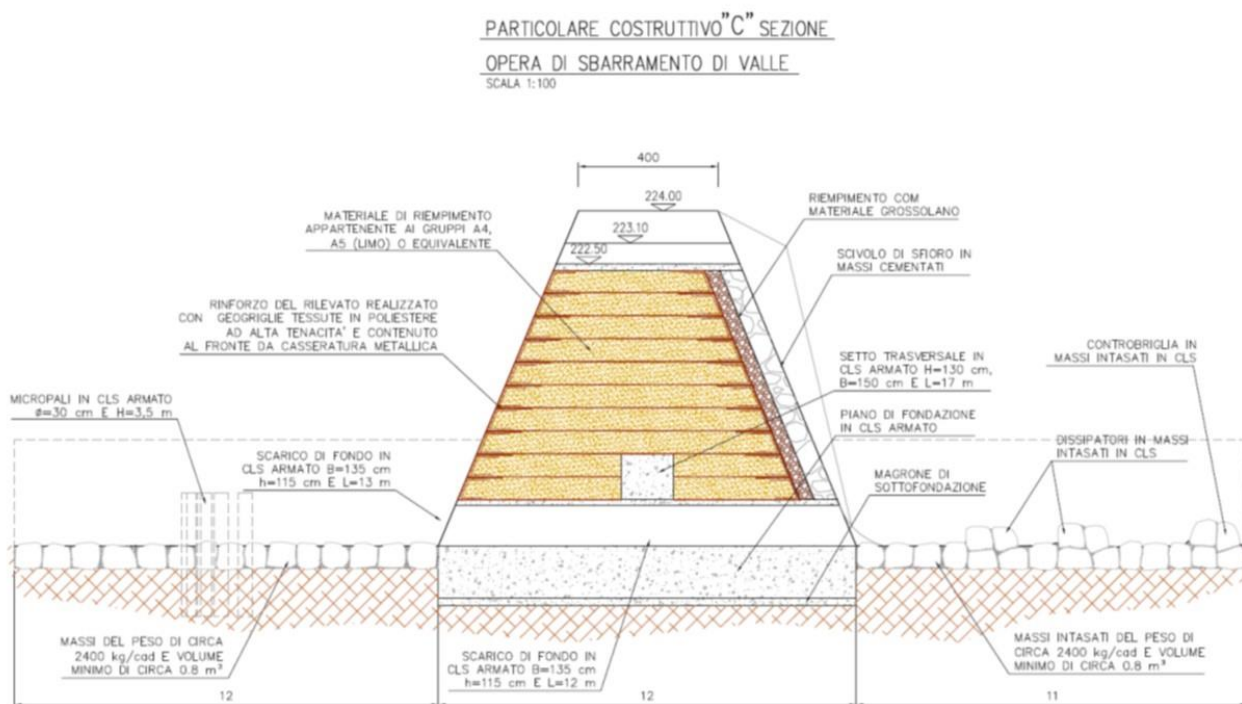


Figura 19: sezione longitudinale dello sbarramento di valle

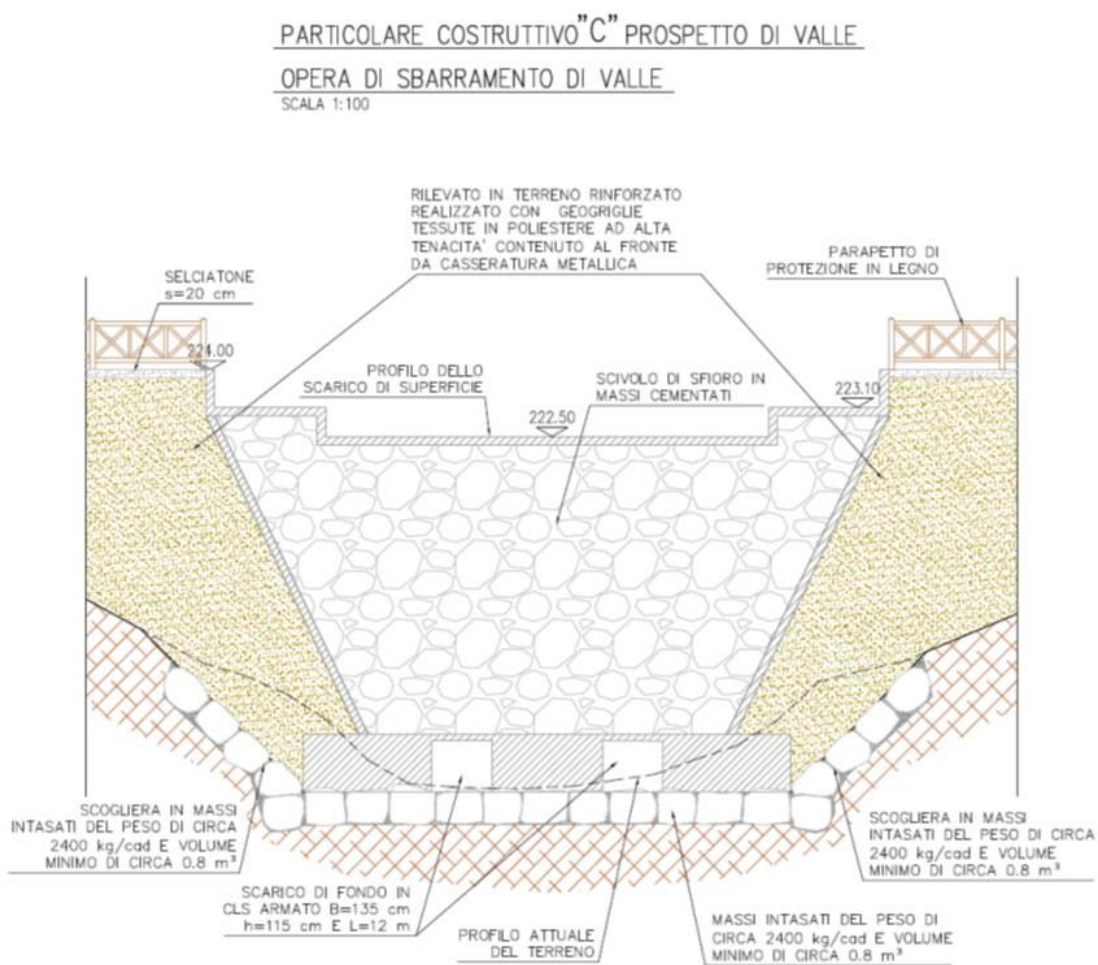


Figura 20: prospetto di valle dello sbarramento di monte



L'elenco delle componenti è analogo all'area di monte, se ne riportano dunque solo le dimensioni:

- Fondazione superficiale: $B = 11$ m (larghezza del fondo alveo), $W = 12$ m, $H = 1.7$ m;
- Struttura di fondo:
 - struttura: $B = 11$ m, $W = 12$ m, $H = 1.5$ m;
 - bocche tarate: $B = 1.35$ m, $H = 1.15$ m;
- Setto in calcestruzzo armato: $B = 16$ m, $W = 1.5$ m; $H = 2.8$ m;
- Corpo diga:
 - N° strati terra rinforzata: 13 ($H_{\text{strato}} = 0.65$ m, ultimo 0.4 m)
 - Sviluppo verticale complessivo: 9.5 m
 - Inclinazione sponde: 65°
 - Dimensioni del coronamento: $B = 52$ m, $W = 4$ m, $H_{\text{selciatoone}} = 0.2$ m;
- Scarico di superficie:
 - primo livello, dalla quota di massima regolazione, alla quota di massimo invaso, largo 10 metri;
 - il secondo, dalla quota di massimo invaso, alla quota di coronamento, largo 15 metri;
- scivolo sul paramento di valle
 - spessore medio massi intasati: 0.6 m;
 - spessore medio filtro: 0.4 m;
- vasca di dissipazione posta a valle dello sbarramento:
 - fondazione vasca: $B = 10$ m, $W = 11$ m, $H = 0.7$ m;
 - sponde: $H = 3$ m, spessore medio = 0.8 m;
 - dissipatori: $B = 1.3$ m, $W = 1.5$ m, $H = 0.7$ m;
 - controbriglia: $B = 11$ m, $W = 1.5$ m, $H = 1$ m;
- briglia selettiva posta a monte dello sbarramento: N° totale pali = 21. La geometria della corona è osservabile in dettaglio in tavola 3.2.
- seconda briglia selettiva: realizzata circa 30 metri a monte del ponte ferroviario, è conforme alla precedente, con una doppia fila di micropali (N° totale pali = 19) disposti a quinconce lungo tutta la



larghezza dell'alveo ($B = 10$ m). I pali di una stessa fila hanno interasse di pari a 1 metro, e le due file sono distanziate 0.85 m, in modo da avere una luce netta tra due pali di circa 0.7 m. Anche in questo caso una fondazione in massi intasati di calcestruzzo ($B = 10$ m, $W = 4$ m), viene utilizzata per rendere la palificata un'unica struttura solidale.

Area	Z_{fondo} [m s.l.m.]	$Z_{\text{max reg}}$ [m s.l.m.]	$Z_{\text{max inv}}$ [m s.l.m.]	Z_{cor} [m s.l.m.]
Monte	235.5	242.3	243	244
Valle	214.5	222.5	223.1	224

Tabella 3: quote rilevanti delle opere di regolazione

Oss: si ritiene che i tempi di invaso, dell'ordine delle ore, di entrambe le strutture siano troppo modesti per poter generare fenomeni di filtrazione che aggirino lungo i versanti l'opera, causando fenomeni di sifonamento, viste anche le osservazioni in merito al terreno di composizione dei versanti derivanti dall'analisi geologica preliminare. Si rimanda ad ogni modo alle successive fasi di progettazione per la realizzazione di un modello idraulico di filtrazione sotterranea che confermi tali supposizioni, prevedendo adeguate misure di contrasto in caso contrario.

4.3. ULTERIORI INTERVENTI: INTERVENTI DIFFUSI LUNGO L'ASTA

Oltre alle due strutture di sbarramento, è stata effettuato il dimensionamento di massima di una serie di altri interventi, distribuiti lungo buona parte dell'asta fluviale (Tavola 4: "Planimetria interventi diffusi lungo l'asta"), suddivisibili in linea di massima in due categorie:

- Interventi per il controllo del trasporto solido;
- Interventi di riqualificazione fluviale.

Interventi per il controllo del trasporto solido

1. Il primo di questi, procedendo da valle verso monte, risulta essere un ripristino spondale in sinistra idraulica a monte della prima briglia a sud dell'attraversamento ferroviario della linea Milano-Lecco (coordinate E 520512 N 5056894): nel tempo si è verificato l'aggiramento della briglia esistente a causa del completo riempimento, a monte di questa, depositi alluvionali; essa risulta quindi non più funzionante poichè il torrente si è aperto un nuovo alveo alla sua sinistra idrografica. Attraverso questo intervento si vuole pertanto ripristinare la situazione originaria mediante l'asportazione dei depositi e la ricostruzione della sponda sinistra, riutilizzando, per quanto possibile, il materiale depositato in alveo.



Figura 21: situazione inerente la briglia aggirata-vista da monte verso valle. Freccia Rossa=antico corso del rio; freccia Blu=corso del Rio attuale, accompagnato da una maggiore erosione dell'alveo.

2. Risalendo verso monte, nel tratto compreso tra cascina Campaccio fino alla briglia scalzata descritto al punto precedente (600m di lunghezza circa) l'alveo del torrente risulta sovra alluvionato dal materiale asportato dalla sponda sinistra con un innalzamento del suo fondo che in alcuni punti supera abbondantemente il metro. Al fine di ridurre il trasporto solido e l'interrimento della vasca di laminazione di valle si prevede l'asportazione in questo tratto dei depositi alluvionali per uno spessore di circa 1m e per un volume stimato di circa 4000 m³.
3. Subito a monte del tratto precedente, in località Cascina Campaccio, lungo la sponda sinistra, è in atto una progressiva erosione di un terrazzo fluviale con formazione di pareti subverticali in depositi fluvio-glaciali aventi altezze di 4,50 metri per una lunghezza totale di 130 metri (Figura 22). La figura seguente mostra il confronto tra lo stato di fatto attuale e la situazione nel 1936 da cui si nota l'ampliamento dell'alveo della Brovada per erosione della sponda su un'ampiezza di circa 20-30m. Per la sistemazione di questo tratto si prevede la realizzazione di un argine, a inclinazione di circa 60°, realizzato in gabbionate.
4. Infine, pochi metri a monte dell'intervento appena descritto, si prevede la sistemazione di un'artificializzazione spondale attualmente realizzata in gabbionate che risultano scalzate al piede. Per il ripristino del manufatto si prevede il parziale rinterro del fondo e, contestualmente, la posa di materassi Reno, scelti per la loro flessibilità e conseguente capacità di adattarsi e contrastare ulteriori fenomeni di escavazione al piede.



Figura 22: argine sinistro in erosione, in località C.na Campaccio. (Sinistra ortofoto Google 2016, destra foto aerea IGM 1936)

Interventi di riqualificazione fluviale

1. L'intervento di riqualificazione fluviale consiste nello stombinamento e rinaturazione del torrente in prossimità del Centro Sportivo di Besana in Brianza. In questo tratto il torrente viene intubato all'incrocio con via Primo Mazzolari, passa, sempre intubato (sezione circolare di diametro pari a circa 60 cm) sotto via Alcide De Gasperi per poi rispuntare in un piccolo canale in calcestruzzo nelle vicinanze delle tensostrutture del centro sportivo. Costretto quindi in una canaletta di circa 1 m di larghezza e sponde subverticali, costeggia il campo sportivo fino a confluire con le acque provenienti dallo sfioratore situato a sud del centro. Con una innaturale curva a gomito riprende poi, in una sezione naturale, la sua direzione verso sud-est. Dai sopralluoghi effettuati si sospetta che il tratto intubato sia stato collettato alla rete fognaria sotto il campo sportivo; l'evidenza di tale ipotesi trova riscontro nella presenza di acqua, anche in tempi di secca, a monte dell'attraversamento di via Primo Mazzolari e dalla totale assenza di acqua nel tratto canalizzato a cielo aperto. Gli interventi in progetto consisteranno quindi nella rinaturazione e, dove possibile, dello stombinamento del tratto attraverso la creazione di un canale in terra di larghezza di circa 1 m e sponde di altezza pari a 1 m e pendenza di circa 45°, andando a ripristinare la continuità del torrente.

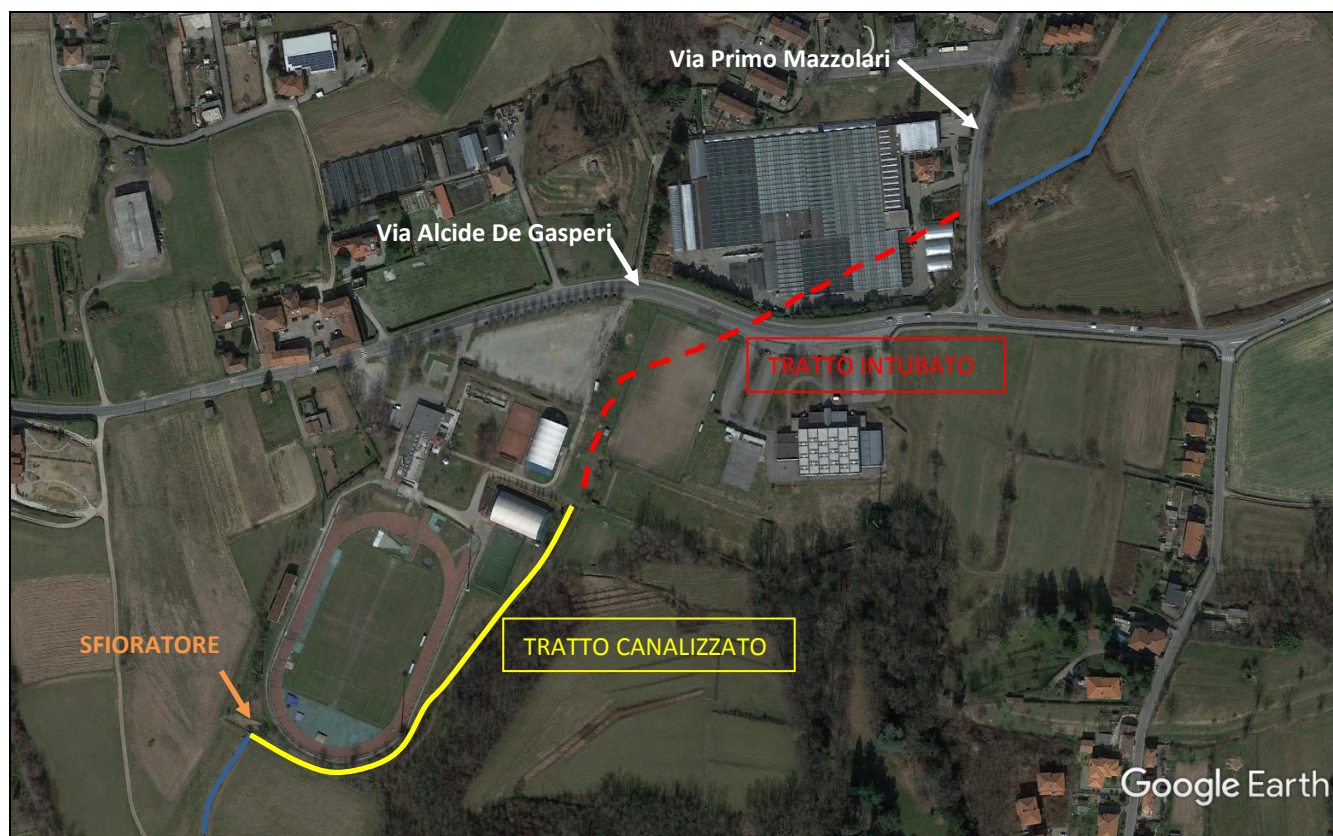


Figura 23: tratto da rinaturalizzare in prossimità del Centro Sportivo di Besana in Brianza



5. SINTESI DELLE INDAGINI SPECIALISTICHE

Di seguito è riportata una sintesi degli studi specialistici effettuati per il presente progetto. Sono stati effettuati:

- un'analisi idrologica e idraulica per studiare le portate di piena della Brovada ed effettuare una verifica dei volumi necessari al contenimento di eventi con un certo tempo di ritorno;
- uno studio geologico e geotecnico eseguito sulla base dei dati geologici di letteratura e di alcune prove/sopralluoghi effettuate nell'area;
- uno studio di prefattibilità ambientale per valutare sia lo stato attuale dell'ambiente circostante, gli effetti temporanei del cantiere e quelli definitivi delle opere sia il loro l'inserimento paesaggistico a norma della pianificazione urbanistica vigente.

Gli studi specialistici sono riportati in maniera più dettagliata nelle Relazioni Tecniche che costituiscono il progetto.

5.1. ASPETTI IDROLOGICO-IDRAULICI

Le attività di analisi idrologico-idraulica svolte in questa prima fase di progettazione hanno consentito di fornire adeguato riscontro alle ipotesi formulate: la creazione di aree a esondazione facilitata per operare un'efficace laminazione sui volumi di piena rimane la soluzione ottimale per la messa in sicurezza dell'abitato di Ponte di Triuggio.

Nella relazione idrologico - idraulica vengono illustrati i dati di partenza, le ipotesi di modellazione adottate e le scelte progettuali effettuate, nonché i risultati ottenuti in relazione al funzionamento idraulico delle opere previste nel progetto. Attraverso la modellazione idrologico-idraulica è stato possibile determinare le geometrie di deflusso delle opere di sbarramento nonché le quote di massima regolazione, massimo invaso e coronamento dei manufatti arginali delle aree di laminazione.

L'area più critica, dal punto di vista idraulico, presente lungo il corso del Rio Brovada è sicuramente in corrispondenza dell'attraversamento dell'abitato di Ponte in comune di Triuggio (MB), in prossimità della sua confluenza con il Fiume Lambro. In questo tratto il torrente si configura come vero e proprio canale in cemento a sezione rettangolare, di larghezza pari a 4,16 m, che arriva al convogliamento nel Lambro con un salto di fondo di circa 1 m. Le dimensioni del canale risultano insufficienti a convogliare determinate portate di piena del torrente.

Sulla base dei dati geometrici a disposizione, nell'ipotesi che durante il transito della piena del torrente l'altezza d'acqua del fiume Lambro sia tale da non provocare rigurgiti nella Brovada, si stima un valore di portata d'acqua compatibile con la sezione di passaggio del manufatto di attraversamento pari a 22,7 m³/s.



Per la rappresentazione idrologica del bacino è stato utilizzato il modello idrologico elaborato attraverso l'utilizzo del software di calcolo HEC-HMS (fornito dal U.S. Army Corps of Engineers), sviluppato dal Dipartimento di Riqualificazione Fluviale in occasione dell'evento meteorologico verificatosi negli ultimi giorni di giugno del 2014 e ulteriormente aggiornato. La creazione del modello ha richiesto la schematizzazione del bacino di alimentazione del corso d'acqua attraverso la definizione di nove sottobacini e 4 confluenze.

E' stato dunque creato un primo modello rappresentativo del bacino allo stato di fatto simulando eventi di piena relativi diversi tempi di ritorno: T_R 10, 50, 100, 200.

Dopodiché si è passati alle simulazioni rappresentative dell'assetto di progetto, per valutare l'efficacia delle aree di invaso al passaggio delle diverse onde di piena, ossia la riduzione della portata al colmo in relazione a quella massima consentita dalla sezione di chiusura del bacino ($22,7 \text{ m}^3/\text{s}$). Dal confronto tra le simulazioni effettuate è stato osservato quanto segue:

- T_R 10: Al passaggio dell'onda di piena decennale, l'attivazione dell'area di monte apporta già i primi benefici all'idrogramma transitante lungo il corso d'acqua. La realizzazione delle due aree di laminazione porterebbe un sicuro beneficio per l'abitato di Ponte: la portata al colmo si ridurrebbe, da un valore di $26,6 \text{ m}^3/\text{s}$, a $16,4 \text{ m}^3/\text{s}$, rispettando pienamente i vincoli presenti alla sezione di chiusura
- T_R 50: l'onda di piena in arrivo alla sezione di chiusura del bacino riduce il suo valore di picco da $44,8 \text{ m}^3/\text{s}$ a $19,7 \text{ m}^3/\text{s}$, rispettando, anche in questo caso, il vincolo imposto dal manufatto di attraversamento
- T_R 100: l'onda centennale costituisce l'evento di piena più gravoso considerato per la progettazione delle opere di regimazione e sarà quindi quello che determinerà la quota di massimo invaso delle aree. Sebbene l'effetto di laminazione delle due aree risulti insufficiente, per l'onda centennale, a garantire una riduzione efficace per il transito dell'onda in totale sicurezza alla sezione di chiusura del bacino, tale quindi da rispettare il vincolo imposto dal manufatto di attraversamento, l'invaso temporaneo di parte del volume dell'onda transitante determina una notevole riduzione del picco di portata in arrivo a Ponte: da un massimo di $54,4 \text{ m}^3/\text{s}$ a uno di $26,8 \text{ m}^3/\text{s}$
- T_R 200: E' stata infine eseguita un'ultima simulazione ipotizzando il passaggio di una piena caratterizzata da tempo di ritorno pari a 200 anni allo scopo di verificarne il funzionamento. Il confronto dell'idrogramma duecentennale in arrivo alla sezione di chiusura del bacino allo stato di fatto e nell'assetto di progetto ha fornito i seguenti risultati: la porta al colmo, da un valore di stato di fatto pari a $65,2 \text{ m}^3/\text{s}$, si riduce a $43,7 \text{ m}^3/\text{s}$.



Infine lo studio idrologico ha permesso di fornire le prime indicazioni sulle grandezze caratteristiche degli invasi per procedere con il dimensionamento delle opere previste:

- I volumi di massima regolazione delle due aree sono stati dimensionati per il contenimento di piene caratterizzate da tempi ritorno di circa 50 anni. In particolare: il volume dell'area di monte è dimensionato per l'invaso di un'onda di piena leggermente superiore all'onda cinquantennale (i risultati della simulazione esposti al capitolo 7.2 della relazione idrologico-idraulica mostrano come il massimo battente idrico raggiunga una quota di circa 10 cm inferiore a quella di massima regolazione); anche il volume dell'area di valle è dimensionato per l'invaso di un'onda di piena leggermente superiore all'onda cinquantennale (i risultati della simulazione esposti al capitolo 7.2 della relazione idrologico-idraulica mostrano come, al passaggio del picco di piena, il massimo battente idrico che si realizza nell'invaso raggiunga una quota 20 cm inferiore a quella di massima regolazione);
- i volumi di massimo invaso, e relative quote, sono stati dimensionati per l'evento di tempo di ritorno pari a 100 anni e conseguentemente, considerando un franco di circa 1 m, si sono individuate le quote di coronamento dei manufatti arginali.

5.2. ASPETTI GEOLOGICI-GEOTECNICI

Di seguito vengono riportate in sintesi gli aspetti salienti di ordine geologico e geotecnico che dovranno essere considerati durante le fasi di progettazione e di costruzione dell'opera.

Per quanto riguarda l'assetto geomorfologico, esso è determinato dalle forme prodotte dalle glaciazioni quaternarie, successivamente modificate dall'azione erosiva fluviale e da opere di origine antropica. In generale, dal punto di vista geologico, il bacino della Brovada è interessato dalle seguenti unità:

- Deposito alluvionale: Si tratta di materiali prevalentemente granulari, composti da ciottoli poligenici arrotondati, ghiaie e sabbie eterogenee con stato di addensamento medio-basso
- Deposito di versante: si tratta di depositi di origine eluvio-colluviale che ricoprono uniformemente i pendii vallivi e risultano costituiti in gran parte dal rimaneggiamento delle unità geologiche sottostanti. Granulometricamente sono costituiti per lo più da sabbie e ghiaie sciolte in matrice fine limoso argillosa
- Deposito glaciale indifferenziato: comprende i terreni di origine morenica depositati dalle diverse fasi glaciali che si sono succedute sull'area. Costituiscono la maggior parte delle aree rilevate
- Ceppo: rappresenta il substrato roccioso dell'area ed è costituito da un conglomerato poligenico a clasti arrotondati e cemento calcareo con intercalati banchi e livelli sabbiosi e arenacei



Opera di monte

L'opera di sbarramento in progetto nella sezione di monte del rio Brovada si sviluppa in corrispondenza di una briglia esistente, fondata direttamente sui conglomerati del Ceppo. La fondazione in calcestruzzo del corpo centrale della nuova opera potrà impostarsi anch'essa direttamente sul Ceppo, previa pulizia dell'alveo del sottofondo. Il Ceppo appare come alternanze di banchi conglomeratici di spessore decimetrico fino a metrico e stratificazione suborizzontale, e livelli poco cementati di sabbie. Il lato sinistro dell'opera di sbarramento, costituito da un argine in terra armata di 190m di lunghezza si sviluppa su un fondovalle pianeggiante formato da depositi alluvionali. Si prevede, al di sotto di uno strato superficiale di terreno vegetale, di incontrare ciottoli arrotondati, ghiaie e sabbie eterogenee con stato di addensamento basso per uno spessore di alcuni metri. Invece il margine destro dell'opera risulta impostato nella porzione inferiore sul Ceppo a contatto verso l'alto con depositi glaciali, entrambi ricoperti da un esiguo strato di depositi di versante. Si stima la presenza di una falda freatica impostata a circa la quota dall'alveo.

Opera di valle

L'opera di sbarramento in progetto è ubicata lungo il tratto terminale del Rio Brovada, all'interno di una valle con forma a V in cui l'alveo fluviale raggiunge ampiezze di circa 10 metri e i pendii circostanti con inclinazioni di 35-40°. La quota di coronamento si imposta a 224m slm.

Il pendio in destra idrografica è costituito da depositi di versante che ricoprono depositi alluvionali e fluvioglaciali più antichi; questi ultimi formano una dorsale con quota massima in sezione di 225m slm e rappresentano il giacimento di inerti coltivato dalla cava dismessa ubicata su lato opposto della dorsale. In sinistra depositi di versante ricoprono depositi glaciali per alcuni metri di spessore.

All'interno dell'alveo si rinvencono spessori molto ridotti di depositi alluvionali a ciottoli arrotondati, ghiaie e sabbie che ricoprono i conglomerati del Ceppo, quest'ultimo affiora in alveo a partire dalla briglia posta 30 metri più a valle della sezione in esame. Anche in questo caso il Ceppo appare come alternanze di banchi conglomeratici di spessore decimetrico fino a metrico e stratificazione suborizzontale, e livelli poco cementati di sabbie. Considerato l'effetto drenate della vicina cava dismessa si ritiene che la falda freatica si attesti a circa 8-10m al di sotto della fondazione dell'opera.

Per quanto concerne le categorie di sottosuolo definite nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, si ritiene che il sottosuolo di ambedue i settori in esame ricada nelle categorie B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, con spessori superiori a 30m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità). e C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*,



con spessori superiori a 30m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità). Tale ipotesi dovrà comunque essere verificata da indagini geofisiche di tipo MASW.

In base all'aggiornamento del Decreto della Giunta Regionale della Lombardia dell'11 luglio 2014 l'area ricade in zona sismica 3, a bassa sismicità.

Per lo sviluppo delle successive fasi di progettazione è necessaria l'esecuzione di una serie di indagini geognostiche che consentano di definire con precisione il modello geologico, idrogeologico e geotecnico delle aree di intervento.

5.3. ASPETTI AMBIENTALI

Dall'estratto della tavola C sulle istruzioni per la tutela della natura del PPR, si osserva come l'area d'interesse) non comprenda alcun tipo di geosito di rilevanza mentre dall'estratto della tavola B sugli elementi identificativi e percorsi d'interesse paesaggistico del PPR si ha la conferma che nell'area oggetto dell'intervento non si trovano luoghi dell'identità regionale.

Dal PTCP della Provincia di Monza e Brianza cominciano ad emergere alcune peculiarità.

Dall'estratto del sistema rurale paesistico ed ambientale del PTCP, e in particolare della tavola degli elementi di caratterizzazione ecologica del territorio, si osserva come l'area interessata dall'intervento in comune di Triuggio, oltre a ricadere nel territorio del Parco Regionale della Valle del Lambro, si trovi sul limite del corridoio regionale primario ad alta antropizzazione, costituito dal fiume Lambro, indicato nella relazione sulla Rete Ecologica di Regione Lombardia (D.G.R. 8/8515 del 26/11/2017). Inoltre entrambi i siti d'intervento sono classificati come aree boscate (fonte DUSAF 3.0).

Dall'estratto della tavola del sistema dei vincoli e delle tutele paesaggistico ambientali, si osserva come le aree interessate dagli interventi nei comuni di Besenzone, Brianza e Triuggio ricadano all'interno dell'area di pertinenza fluviale ed inoltre si individua anche la presenza di aree boscate nei territori adiacenti a quelli considerati.

Per quanto riguarda l'intervento in comune di Triuggio, possiamo notare che l'area in oggetto è anche posta sotto tutela in quanto bellezza d'insieme.

Dalla tavola del sistema geologico e idrogeologico del PTCP è possibile notare che gli interventi in progetto si trovano in aree appartenenti agli ambiti vallivi e dei corsi d'acqua (art. 11 NTA).

Ad una scala di maggior dettaglio l'area di monte è costituita dalle fasce boscate lungo un tratto di circa 30 m del rio Brovada e da porzioni dei seminativi adiacenti. Le fasce boscate sono dei robinieti con scarsa



presenza di specie autoctone, ma con un sottobosco fitto e diversificato, sia per quanto riguarda lo strato erbaceo sia quello arbustivo. Tuttavia per il tipo di piante presenti si ritiene che le sporadiche inondazioni dell'area, prevedibili dopo la messa in funzione delle opere in progetto, non porteranno a grossi cambiamenti e non causeranno problemi alla vegetazione.

Lo stesso discorso vale per l'area di valle, in cui si osserva una condizione sostanzialmente simile all'area di monte.

Per quanto riguarda la fauna si ipotizza la presenza di specie tipiche degli ambiti boschivi e degli ambiti a prato. Le zone a prato oggetto di intervento sono da considerare ambiti degradati, sui quali probabilmente le opere non avranno un impatto particolarmente significativo, mentre in relazione alle aree boscate, per limitare il più possibile il disturbo si prevede di concentrare i lavori nella stagione invernale e, in concomitanza ai lavori di pulizia del bosco, necessari al buon funzionamento delle opere, di lasciare alcune piante morte in piedi, per garantire la continuità della rete trofica legata alla necromassa.

Relativamente all'ecosistema fluviale, si può affermare che non ve ne sia uno vero e proprio, dal momento che la Brovada risulta essere in condizioni di secca per la maggior parte dell'anno. Non sono dunque presenti comunità di macrobenthos, nè ittiofauna. La presenza di Anfibi sarà da verificare in futuri rilevati, ma presumibilmente risulteranno assenti. Infatti anche se l'ambiente boschivo che caratterizza le due aree sarebbe idoneo alla loro sopravvivenza, la mancanza di acqua determina l'impossibilità di riprodursi per questo gruppo.

5.4. ASPETTI RELATIVI ALL'INDENNIZZAZIONE DELLE AREE ALLAGATE

Come illustrato nella relazione idraulica le aree in oggetto, in conseguenza alla realizzazione delle opere previste nel presente progetto, verranno coinvolte, in occasione degli eventi meteorici più intensi, da allagamenti diffusi per assolvere alla loro funzione di laminazione delle piene del torrente. Sarà quindi necessario considerare e distinguere le aree da acquisire, tutte quelle interessate dalla realizzazione dei manufatti di arginatura/contenimento e delle servitù di passaggio, dalle aree da indennizzare, tutte quelle aree interessate da allagamenti occasionali.

Le aree per cui si prevede di procedere all'acquisizione sono costituite dalle aree necessarie alla realizzazione dei rilevati arginali/opere di regimazione e dai sedimenti necessari alla realizzazione delle servitù di passaggio. A scopo preventivo, per tenere in considerazione le incertezze insite nella definizione delle aree soggette a esproprio in questa prima fase progettuale, è stata considerata una fascia aggiuntiva di circa 5 m intorno all'ingombro delle aree effettivamente stimate per la realizzazione delle suddette opere.



Con la realizzazione delle opere in progetto, non essendo necessaria una sottrazione all'uso da parte dei proprietari delle zone presenti in quest'area, si prevede la quantificazione di un valore di indennità pari al 50% del valore di acquisizione del terreno.

In aggiunta agli indennizzi previsti, un'ulteriore variabile da considerare è il caso in cui il terreno espropriato sia affittato; in questo caso l'affittuario ha diritto alla riscossione di un'indennità. La norma (artt. 37.9 e 42.1 del "Testo Unico Espropri" D.P.R. 327/2001) prevede il diritto a un'indennità a favore del "fittavolo, mezzadro e compartecipe che per effetto della procedura espropriata.... sia costretto ad abbandonare in tutto o in parte l'area direttamente coltivata". L'indennità da corrispondersi è pari al valore agricolo medio della porzione espropriata.



6. INDICAZIONI PER LA PROSECUZIONE DELL'ITER PROGETTUALE

Per il prosieguo dell'iter progettuale sarà necessario procedere alle seguenti ulteriori indagini:

- rilievo topografico di dettaglio di tutta l'area del bacino (7kmq) tramite tecnologia Lidar, il quale permetterà la quantificazione precisa dei volumi di invaso delle vasche di laminazione, la definizione della forma dell'alveo e delle sezioni di imposta nonché l'identificazione di eventuali forme morfologiche connesse a instabilità dei versanti.
- Ulteriori eventuali indagini geologiche e geognostiche, volte all'accertamento della capacità portante dei terreni lungo il perimetro arginale, dettagliate contenute all'interno della relazione geologica;
- Indagini sulla carta e sul campo sulla posizione di altri sottoservizi esistenti;
- Modellazione idraulica bidimensionale per la simulazione del comportamento dell'area di laminazione e la verifica puntuale delle zone di allagamento anche in condizioni dinamiche;
- Indagini catastali per la definizione dell'assetto proprietario delle superfici da acquisire e da indennizzare.



7. QUADRO ECONOMICO

Vengono di seguito riportati i quadri economici del progetto relativo alla realizzazione e alla manutenzione delle opere, per entrambi i lotti.

7.1. QUADRO ECONOMICO - REALIZZAZIONE DELLE OPERE LOTTO 1

	Costo [Euro]
<i>Opere a base d'appalto</i>	
<i>Aree di esondazione controllata del rio Brovada in Comune di Besana in Brianza e Triuggio</i>	
Opere di regolazione di monte	630,717.68
Interventi diffusi lungo l'asta	238,189.70
Oneri per la sicurezza (non soggetti a ribasso)	26,067.22
<i>Totale opere</i>	894,974.60
<i>Somme a disposizione dell'Ente</i>	
Imprevisti	86,890.74
IVA lavori, sicurezza e imprevisti (22%)	216,010.38
Espropri	270,516.44
Rilievo piano-altimetrico	5,000.00
Indagini geologiche e geognostiche	26,843.50
Spese tecniche (12%)	104,268.89
Cassa spese tecniche	4,170.76
IVA spese tecniche	23,856.72
RUP incentivo legge Merloni (2%)	17,378.15
Procedure di gara	2,775.00
<i>Totale somme a disposizione</i>	757,710.56
<i>Totale complessivo</i>	1,652,685.16



7.2. QUADRO ECONOMICO - REALIZZAZIONE DELLE OPERE LOTTO 2

		Costo [Euro]
<i>Opere a base d'appalto</i>		
<i>Aree di esondazione controllata del rio Brovada in Comune di Besana in Brianza e Triuggio</i>		
Opere di regolazione di valle		389,767.71
Oneri per la sicurezza (non soggetti a ribasso)		11,693.03
<i>Totale opere</i>		401,460.74
<i>Somme a disposizione dell'Ente</i>		
Imprevisti		38,976.77
IVA lavori, sicurezza e imprevisti (22%)		96,896.25
Espropri		245,056.25
Rilievo plano-altimetrico		5,000.00
Indagini geologiche e geognostiche		26,513.50
Spese tecniche (12%)		46,772.12
Cassa spese tecniche		1,870.88
IVA spese tecniche		10,701.46
RUP incentivo legge Merloni (2%)		7,795.35
Procedure di gara		2,625.00
<i>Totale somme a disposizione</i>		482,207.60
<i>Totale complessivo</i>		883,668.34



7.3 QUADRO ECONOMICO - MANUTENZIONE DELLE OPERE LOTTO 1

	Costo [Euro]
<i>Aree di esondazione controllata del rio Brovada in Comune di Besana in Brianza e Triuggio</i>	
Opere forestali	1,655.95
Controllo del trasporto solido	8,657.76
Imprevisti	1,430.03
Monitoraggio	5,000.00
<i>Totale complessivo</i>	<i>16,743.74</i>

7.4 QUADRO ECONOMICO - MANUTENZIONE DELLE OPERE LOTTO 2

	Costo [Euro]
<i>Aree di esondazione controllata del rio Brovada in Comune di Besana in Brianza e Triuggio</i>	
Opere forestali	3,168.48
Controllo del trasporto solido	8,657.76
Imprevisti	1,430.03
Monitoraggio	5,000.00
<i>Totale complessivo</i>	<i>18,256.26</i>



8. ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO

Il presente progetto preliminare “aree di esondazione controllata del rio Brovada in comune di Besana in Brianza e Triuggio” è composto dai seguenti elaborati:

Elaborati di testo:

1. Relazione illustrativa
2. Relazione idrologico – idraulica
3. Relazione geologica e geotecnica
4. Studio di prefattibilità ambientale
5. Computo metrico estimativo
6. Quadro economico
7. Prime indicazioni e disposizioni per la stesura del piano di sicurezza
8. Piano particellare di esproprio preliminare

Elaborati grafici:

- | | |
|----------------|---|
| Tav. 1 | Corografia |
| Tav. 2 | Planimetria di stato di fatto |
| Tav. 3.1 e 3.2 | Planimetrie e particolari costruttivi di progetto |
| Tav. 3.3 | Planimetria aree allagabili |
| Tav. 4 | Interventi diffusi lungo l’asta |

Il progettista

Ing. Daniele Giuffrè

Triuggio, maggio 2016