

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

DEPOSITO INTERMEDIO CASTAGNOLA

RELAZIONE IDRAULICA PER VERIFICA LIVELLI DI PIENA TORRENTE TRAVERSA

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. P.P. Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R I	D P P B 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	ITEC engineering 	21/11/2013	COCIV	22/11/2013	A. Palomba 	24/11/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00
-----------	---------------------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 Foglio 3 di 20

INDICE

INDICE.....	3
1. PREFAZIONE	4
2. INTRODUZIONE.....	5
3. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE	6
4. RISPONDENZA AL PROGETTO DEFINITIVO	6
5. INTEGRAZIONI OGGETTO DELLA PRESENTE REVISIONE	6
6. CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI	7
7. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI	7
8. INTERVENTI PREVISTI	9
9. METODOLOGIA DI CALCOLO.....	10
9.1. Verifiche puntuali	10
9.2. Verifiche idrauliche globali	11
9.3. Analisi dei fenomeni di erosione	14
10. VERIFICHE IDRAULICHE	15
10.1. Portate di progetto	15
10.2. Verifiche idrauliche puntuali.....	15
10.3. Verifiche idrauliche globali	17
10.3.1. Verifiche idrauliche globali progetto approvato	17
10.3.2. Verifiche idrauliche globali oggetto presente revisione	18
10.4. Calcolo dell'erosione e dimensionamento delle opere di protezione.....	19
10.5. Considerazioni idrauliche per la fase di cantiere	19

ALLEGATO A 1 – VERIFICHE IDRAULICHE PROGETTO APPROVATO

ALLEGATO A 2 – VERIFICHE IDRAULICHE OGGETTO PRESENTE REVISIONE

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 <div style="float: right;">Foglio 4 di 20</div>

1. PRAFAZIONE

La presente relazione si riferisce alle simulazioni idrauliche per la portata di piena duecentennale effettuate lungo un tratto di asta fluviale del Torrente Traversa nell'ambito della sistemazione della viabilità della Castagnola WBS NV22 che collega il Cantiere Operativo Piemonte COP 2 al Cantiere di Servizio Piemonte CSP1 e quindi alla provinciale SP n.163 della Castagnola nel tratto tra Voltaggio e Borgo Fornari.

In tale analisi ricadono, oltre ad altre opere, anche le verifiche dei livelli di piena del Torrente Traversa in corrispondenza del deposito intermedio della Castagnola.

Si è preferito riportare le verifiche effettuate lungo un tratto di asta fluviale che si estende dal suddetto deposito intermedio per un tratto verso valle piuttosto esteso, in quanto tale attività era già stata effettuata nell'ambito dello sviluppo del progetto della viabilità WBS NV22. Pertanto, si farà riferimento anche ad alcune opere che non riguardano il deposito intermedio ma che sono state studiate nell'ambito della sistemazione stradale WBS NV22.

In questo contesto sono state individuate una serie di sezioni di calcolo lungo il corso d'acqua. Le sezioni del corso d'acqua che interessano il deposito intermedio sono le n. 30, 31, 31.5 e 32 per la cui identificazione si rimanda per ogni maggior dettaglio agli elaborati allegati alla presente relazione.

Come si vedrà nel seguito, i livelli di piena duecentennale sono contenuti all'interno delle arginature in scogliera previste in corrispondenza del deposito intermedio con un franco sempre superiore a 0,50m.

In allegato A1 vengono riportate le verifiche idrauliche di progetto approvato della WBS NV22; nel medesimo allegato vengono riportati la planimetria della viabilità WBS NV22 con evidenza delle sezioni stradali ed idrauliche, nonché una corografia generale con inquadramento delle opere.

In allegato A2 vengono riportate le verifiche idrauliche volte ad indagare il tratto di Rio Traversa limitrofo al deposito intermedio.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00
	Foglio 5 di 20

2. INTRODUZIONE

La presente relazione riporta le verifiche delle interferenze idrauliche della strada che collega il Cantiere Operativo Piemonte COP 2 al Cantiere di Servizio Piemonte CSP1 e quindi alla provinciale SP n.163 della Castagnola nel tratto tra Voltaggio e Borgo Fornari.

Lo studio è finalizzato alla verifica di compatibilità idraulica degli attraversamenti e delle tombature nell'ambito del progetto esecutivo delle viabilità a carattere provvisorio a servizio dei cantieri per la Tratta A.V./A.C. Milano-Genova Terzo valico dei Giovi.

Gli interventi consistono sostanzialmente in:

- realizzazione di n. 2 guadi, uno di attraversamento del Rio Traversa e l'altro di attraversamento di un affluente di sinistra del precedente
- copertura provvisoria di un tratto del Rio Traversa e adeguamento dei manufatti di attraversamento esistenti lungo il tracciato stradale e sistemazione definitiva del Rio Traversa.

Le verifiche e il dimensionamento idraulico delle opere connesse alla viabilità stradale, interferenti con il reticolo idrografico del Rio Traversa, appartenente al bacino del torrente Scrivia, sono state condotte mediante verifiche idrauliche a carattere globale e puntuale.

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po* con DPCM del 24/5/01, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

Lo studio ha dimostrato la compatibilità idraulica dell'intervento.

La presente relazione costituisce integrazione e revisione della relazione di progetto esecutivo relativa alla sistemazione della viabilità di accesso al Cantiere della Castagnola (WBS NV22), sia per effetto della modifica progettuale riguardante la realizzazione dei guadi, sia per effetto dell'estensione delle verifiche idrauliche del Rio Traversa in un tratto adiacente al deposito intermedio della Castagnola.

Le verifiche idrauliche dei guadi e del tratto di Rio Traversa interessato dal deposito temporaneo sono effettuate in moto permanente.

Il tratto indagato è collocato a circa 500 m a monte del tratto verificato in fase di progetto definitivo della viabilità della Castagnola WBS NV22 e a monte di 2 confluenze significative del Rio Traversa. Per questa ragione la superficie drenata nel tratto interessato dagli interventi oggetto di studio risulta essere inferiore del 60% rispetto a quanto previsto nel progetto esecutivo della viabilità NV22.

Per tale ragione, nel tratto oggetto del presente studio del rio Traversa si è considerata una portata differente da quella utilizzata nel progetto definitivo e nel progetto esecutivo della medesima viabilità WBS NV22.

Le verifiche riportate in allegato A2 costituiscono verifiche di maggior dettaglio che, nel tratto interessato, integrano e sostituiscono quelle già precedentemente approvate nell'ambito del progetto della viabilità della Castagnola WBS NV22.

Per meglio visualizzare l'ubicazione delle opere, in Allegato A1 sono riportati la planimetria della viabilità WBS NV22 con evidenza delle sezioni stradali ed idrauliche, nonché una corografia generale con inquadramento delle opere.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00
	Foglio 6 di 20

3. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE

In fase di approvazione del Progetto Definitivo del Terzo Valico dei Giovi – linea AV/AC Milano-Genova – con delibera CIPE 80/2006 sono state indicate nella parte 1° dell'allegato 1 le prescrizioni del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

In particolare, facendo riferimento al capitolo 6 – Integrazioni progettuali – al capo “m” viene richiesto un approfondimento dello studio idraulico del torrente Traversa in corrispondenza del cantiere CSP1, sia per la fase di cantiere che per quella di sistemazione definitiva. Viene inoltre richiesta una verifica circa le ispezioni e le operazioni di manutenzione all'interno della tombinatura provvisoria.

Nel presente documento al fine di ottemperare alla prima prescrizione sono state condotte e aggiornate le verifiche idrauliche globali di moto permanente relative al torrente Traversa.

Per quanto concerne la seconda prescrizione si ritiene che le dimensioni interne della struttura prevista siano tali da garantire l'accesso sia di operatori che di piccoli mezzi (tipo Bobcat), eventualmente calati con l'ausilio di autogru all'interno dell'alveo.

Si prevede, comunque, la realizzazione di un pozzo di ispezione e manutenzione di dimensione pari a 5x5 m, in corrispondenza della confluenza del Rio 1 per consentire la manutenzione in casi di eventi eccezionali.

4. RISPONDEZZA AL PROGETTO DEFINITIVO

Il progetto esecutivo oggetto della presente relazione risponde essenzialmente a quanto previsto nel precedente livello di progettazione definitiva.

È previsto un unico tratto di viabilità in cui il tracciato viene modificato rispetto al progetto definitivo al fine di risolvere un'interferenza con tubazioni di proprietà di Sigemi presenti in sponda destra del torrente Traversa (approssimativamente in corrispondenza della sezione stradale 14), in questo tratto è previsto un nuovo tratto a sbalzo sul Rio. Tale tratto a sbalzo interessa marginalmente una fascia di sedime demaniale, ma non interferisce con il deflusso della piena 200-ennale di verifica.

Un'altra variante è legata ai guadi presenti nel tratto di viabilità a monte; in questo caso, infatti, è stata preferita una soluzione progettuale che prevede l'impiego di scatolari tali da garantire il mantenimento della capacità idraulica dell'opera prevista nel progetto definitivo, ma in grado di facilitare le operazioni di posa.

Per tutti gli altri interventi in questa ulteriore fase sono stati sviluppati gli elaborati conformemente al livello progettuale esecutivo per fornire i necessari elementi di dettaglio.

5. INTEGRAZIONI OGGETTO DELLA PRESENTE REVISIONE

La presente revisione riguarda i seguenti interventi oggetti di revisione rispetto alla precedente versione relativa al progetto stradale WBS NV22:

- modifica dei guadi stradali previsti rispettivamente in corrispondenza delle sezioni stradali A12 e A21, con riduzione della dimensione ed utilizzo di canali ad U di dimensione netta pari a 0.4x0.6 m e copertura con soletta amovibile in c.a.v. idonea a carichi pesanti di prima categoria.
- studio della sistemazione del deposito intermedio della Castagnola prevista a monte della strada progettata, con indicazione delle quote dell'argine di sponda sinistra.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 Foglio 7 di 20

- realizzazione di un pozzetto di ispezione e manutenzione del tubo armco d5000mm, in corrispondenza della confluenza del Rio Taversa con il Rio 1.

6. CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI

Il tratto di strada in esame, compreso tra la S.P. 163 della Castagnola, nel tratto che collega gli abitati di Voltaggio e di Borgo Fornari, e i nuovi cantieri COP2 e CSP1 ha una lunghezza complessiva pari a circa 0.6 km e si sviluppa in direzione E-O.

Partendo dall'incrocio con la provinciale inizialmente la strada costeggia la sponda sinistra del Rio Traversa poi attraversa il rio stesso e raggiunge le aree del cantiere COP1 in sponda destra.

Il nuovo tracciato ricalca in parte una strada già esistente che viene adeguata alle nuove esigenze operative.

Il Rio Traversa all'incrocio con la S.P. 163 sottende un bacino di 3.1 km² appartenente amministrativamente al comune di Voltaggio. Nel tratto di interesse il bacino del Rio Traversa comprende il bacino del Rio di Vaie, affluente di sinistra, circa 0.6 km².

Il bacino presenta una forma assimilabile ad un rettangolo tranne per il vertice a N che risulta allungato fino ad arrivare al monte Alpe che con i suoi 839 m è anche la cima più elevata all'interno del bacino.

Il bacino confina a N-O e a S-O con il bacino del torrente Lemme, a N-E con il bacino del Rio Burlaschino e a S-E con il bacino di un affluente di sinistra del Torrente Scrivia.

Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale e da una serie di affluenti minori su entrambe le sponde che incidono il versante in direzione pressoché perpendicolare rispetto all'asta principale.

L'asta principale ha una lunghezza di circa 1.3 km, con una pendenza media pari al 6.5% circa; la pendenza media dei versanti è pari al 30 % circa.

Il bacino risulta complessivamente scarsamente urbanizzato.

Il Rio Traversa e il Rio Di Vaie risultano inseriti tra i corsi d'acqua pubblici.

7. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI

Pur trattandosi di un'opera a carattere provvisorio e solo parzialmente riguardante un corso d'acqua pubblico (asta principale del Rio Traversa), per le verifiche idrauliche, a titolo cautelativo, si è fatto riferimento alla normativa di settore costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con delibera di Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con DPCM del 24 maggio 2001, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

Il PAI è sovraordinato a tutti gli altri strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti e costituisce la norma a cui attenersi per l'esecuzione di opere e infrastrutture che interferiscano con il reticolo idrografico.

Esso fornisce i valori delle portate di piena da assumere alla base delle verifiche idrauliche per alcune sezioni significative del reticolo idrografico padano; fornisce altresì le indicazioni per il calcolo delle portate di piena nelle sezioni non indagate sulla base delle curve di probabilità pluviometrica per assegnato periodo di ritorno elaborate per tutto il territorio di competenza.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 Foglio 8 di 20

Il PAI contiene inoltre i criteri a cui attenersi per il dimensionamento delle opere in funzione della tipologia e dei vincoli esistenti.

I criteri adottati nel dimensionamento idraulico delle opere tengono conto delle norme di attuazione del PAI e degli indirizzi e delle indicazioni emerse nel corso dei colloqui con il competente Ufficio provinciale del Genio Civile di Alessandria della Regione Piemonte.

Da un punto di vista generale, per quanto riguarda la viabilità, si distinguono i casi di adeguamento della viabilità esistente e di realizzazione di nuova viabilità.

Nei casi in cui l'adeguamento della viabilità esistente, pur se a raso, si limita ad un semplice intervento di manutenzione senza interferenze con l'attuale assetto idraulico dell'alveo e delle aree adiacenti, non è prevista alcuna sistemazione idraulica, anche se l'intervento dovesse ricadere in area inondabile.

Nei casi in cui tale adeguamento comporti invece la realizzazione di opere interferenti con il corso d'acqua e/o con le sponde (muri di sostegno, argini, sbalzi ecc.), e nei casi di realizzazione di nuovi tratti di viabilità e/o nuovi attraversamenti, l'intervento previsto, pur nel rispetto dei vincoli imposti dalla progettazione stradale, è stato comunque orientato a garantire il deflusso della portata 200-ennale in condizioni di sicurezza lungo tutto il tronco del corso d'acqua interessato, anche attraverso una nuova sistemazione dell'alveo e delle sponde.

Da un punto di vista generale le sistemazioni idrauliche sono limitate allo stretto necessario alla funzionalità dell'opera nel rispetto dell'attuale configurazione dei corsi d'acqua interferenti; si è verificato che gli interventi non comportassero in nessun caso restringimenti di alveo e non inducessero in generale effetti peggiorativi sul regime idraulico del corso d'acqua, con particolare riferimento agli effetti indotti sulla sponda opposta.

Al fine di preservare le opere dai possibili fenomeni erosivi della corrente, le fondazioni dei muri d'argine e delle opere in alveo in genere quali briglie, spalle e pile dei ponti, sono impostate ad una quota adeguatamente inferiore alla quota minima del fondo alveo (Talweg) e, quando necessario, protette con strutture elastiche quali scogliere di massi naturali, materassi tipo "Reno" o gabbioni, mantenendo per quanto possibile la naturalità dell'alveo e delle sponde.

Lungo i tratti di viabilità di cui è previsto l'adeguamento è stata effettuata la verifica idraulica dei manufatti di attraversamento esistenti al fine di individuare quelli ritenuti sufficienti al deflusso della portata 200-ennale, che possono pertanto essere mantenuti, e quelli di cui è opportuno prevedere il rifacimento perché insufficienti.

Il criterio adottato è quello di un franco minimo di 0.5 m rispetto all'intradosso per ponti, ponticelli e scatolari per i corsi d'acqua significativi (con superficie del bacino sotteso superiore a 0.2 Km²) e di un rapporto d'invaso inferiore a 0.75 per i manufatti di attraversamento dei corsi d'acqua minori (superficie del bacino inferiore a 0.2 Km²).

Nel caso di nuova viabilità a raso è stato adottato ovunque un franco rispetto al deflusso della portata di piena 200-ennale di 1.0 m rispetto al piano viabile anche in presenza di un'eventuale struttura a sbalzo.

Nel caso di nuovi attraversamenti dei corsi d'acqua significativi si è preferito anche in questo caso, ove possibile, l'adozione di struttura a campata unica senza ingombri in alveo; il franco minimo rispetto all'intradosso è stato assunto pari a 1.0 m e comunque non inferiore alla metà del carico cinetico della corrente; in accordo a quanto indicato nel P.A.I. tale valore deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia orizzontale e comunque per almeno 40 m nel caso di luci superiori a tale valore; nel caso di ponti e ponticelli si è assunto comunque un valore minimo dell'altezza libera di 2 m; per gli scatolari si è assunta una dimensione minima di 2x2 m.

Per i corsi d'acqua secondari, in mancanza di specifiche indicazioni contenute nel P.A.I. o fornite direttamente dagli Uffici tecnici competenti, si è assunta quale dimensione minima dei manufatti di attraversamento una tubazione Ø 1000.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 Foglio 9 di 20

8. INTERVENTI PREVISTI

L'intervento concerne l'adeguamento alle esigenze di cantiere della strada esistente che collega la S.P. 163 all'area in cui si prevede la realizzazione del COP2.

La strada esistente si sviluppa per i primi 200 m in sponda sinistra e successivamente passa in sponda destra mediante un ponte in ferro di cui si prevede la rimozione. L'intervento prevede lo spostamento di un tratto di circa 180 m del Rio Traversa trasladolo di circa 10 m verso Nord in corrispondenza del cantiere COP2 e l'adeguamento alle esigenze di cantiere della strada esistente mediante la realizzazione di guadi.

Lo spostamento del Rio Traversa è previsto mediante la posa di una tubazione tipo ARMCO – Finsider Ø4952 mm della lunghezza di quasi 200 metri che ha inizio circa 100 metri a monte della sezione di imposta dell'attuale ponte metallico e termina circa 30 m a monte dell'immissione del Rio Vaie. In corrispondenza del nuovo attraversamento del Rio Traversa ubicato a valle del cantiere è prevista la realizzazione di un ponte e di un tratto di 20 m di tombino scatolare. In corrispondenza della sezione di imbocco della copertura verrà realizzata una vasca di calma e sedimentazione.

Per quanto concerne le operazioni di manutenzione ed ispezione della tombinatura provvisoria si ritiene che le dimensioni interne della struttura prevista siano tali da garantire l'accesso sia di operatori che di piccoli mezzi (tipo Bobcat), eventualmente calati con l'ausilio di autogru all'interno dell'alveo.

Si prevede, comunque, la realizzazione di un pozzo di ispezione e manutenzione di dimensione pari a 5x5 m, in corrispondenza della confluenza del Rio 1 per consentire la manutenzione in casi di eventi eccezionali.

Al termine dei lavori, a seguito dello smantellamento del cantiere, la tombinatura e la relativa vasca di imbocco verranno demolite e l'alveo verrà sistemato mediante argini in scogliera.

Conseguentemente la strada, nella sua configurazione finale, si svilupperà per i primi 150 m in sponda sinistra del torrente Traversa; passerà poi in sponda destra mediante il nuovo ponte delle dimensioni interne nette pari a 6.5x5.0m.

L'intervento comprende anche la parziale canalizzazione dell'affluente di destra (Rio 1) del Rio Traversa che si immette nel tratto in cui questo è tombinato e la sostituzione del ponte sul Rio di Vaie. Attualmente questo ponte presenta una luce libera di passaggio delle dimensioni pari a circa 4.3x2.5 metri e spessore dell'impalcato di circa 1.4 metri; se ne prevede la sostituzione con uno nuovo di dimensioni 4.5x3.0 metri con uno spessore dell'impalcato di 1.5 metri.

Nel tratto più a monte è previsto l'adeguamento alle esigenze di cantiere della stessa viabilità che attraversa il Rio Traversa circa 90 m a monte del COP2 mediante guado; anche il successivo attraversamento dell'affluente di sinistra, circa 60 m a monte del precedente, avviene mediante guado.

I guadi saranno realizzati con scotolari in c.a.v. 0.40 x 0.60 m affiancati: nel caso del rio Traversa saranno utilizzate n. 8 scotolari, per l'attraversamento del suo affluente n. 3 scotolari.

In caso di evento di piena tale per cui il deflusso della portata interessa la sede stradale, viene prescelto un valore massimo limite per l'accessibilità al tratto di viabilità in cui è presente il guado.

In particolare per la viabilità di cantiere in esame si considera accettabile un tirante idrico pari a 0.2 m, valutato a partire dalle indicazioni fornite nella delibera G.R. Liguria n.91 del 01/02/2013 che indica come 0.3 m il valore soglia per il tirante massimo che individua condizioni di pericolosità modeste, diminuito a favore di sicurezza del 30%.

A tal proposito si prevede di collocare un'apposita asta idrometrica graduata posta in adiacenza al guado ed in caso di superamento del valore soglia di 20 cm la sede stradale verrà considerata non accessibile ai mezzi di cantiere (mezzi pesanti), a monte ed a valle dei guadi si prevede inoltre l'apposizione di segnaletica stradale specifica lungo la viabilità.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 <table border="1" style="float: right;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Foglio 10 di 20</td> </tr> </table>	Foglio 10 di 20
Foglio 10 di 20		

E' stata effettuata la verifica idraulica in condizioni di tubazioni dei guadi otturate, considerando che tutta la portata di piena sormonta la strada.

È stato considerato inoltre il Rio affluente di sponda sinistra del Torrente Traversa, in modo da simulare la confluenza con moto permanente.

Alla chiusura dei cantieri, nel momento in cui la viabilità verrà riconsegnata al comune di Fraconalto, in accordo con l'amministrazione comunale verranno ridefiniti i criteri e le misure per gestire la condizione critica di piena sul guado.

Si prevede inoltre la sistemazione la realizzazione di un'arginatura in massi in corrispondenza del deposito intermedio della Castagnola in modo da rendere l'area non allagabile per la portata 200-ennale, garantendo adeguato franco di sicurezza.

9. METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche dei vari tronchi d'alveo esaminati sono state condotte secondo due tipi d'approccio, uno a carattere più esteso, riferito al tratto d'alveo nel suo insieme, e l'altro a carattere locale, riferito ad un singolo manufatto o una singola sezione.

Le verifiche di tipo esteso hanno riguardato i tratti dei corsi d'acqua di maggior rilevanza per i quali si disponeva di un rilievo sufficientemente esteso dell'asta.

Le verifiche di tipo locale hanno riguardato singole sezioni in prossimità di ponti e tombinature lungo i tratti medio vallivi dei corsi d'acqua minori e lungo i tratti dei rivi principali per i quali non sia stato possibile effettuare altri tipi di verifiche.

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali dell'alveo e dei manufatti con esso interferenti, si è fatto riferimento ad una serie di rilievi topografici, effettuati nell'ambito dell'attività di indagine propedeutica alla progettazione definitiva degli interventi.

I rilievi di dettaglio sono stati integrati, ove necessario, con la cartografica tecnica disponibile e con una serie di rilievi diretti in sito effettuati nel corso dei sopralluoghi di ricognizione

Si è anche provveduto alla verifica dei fenomeni di erosione in alveo dovuta alla presenza di elementi rigidi o ad elementi di protezione delle sponde e del fondo alveo.

9.1. Verifiche puntuali

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo sono state determinate le caratteristiche della corrente in condizioni di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

Dove:

Q [m³/s] è la portata, χ [m^{1/2} s⁻¹] il coefficiente di attrito, A [m²] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza dell'alveo.

Le pendenze medie dell'alveo sono state calcolate sulla base dei rilievi di dettaglio o sulla base cartografica disponibile alle diverse scale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 Foglio 11 di 20

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove $n[m^{-1/3} s]$ è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione della natura dell'alveo.

La determinazione della profondità di moto uniforme è stata effettuata per pendenze del fondo sino al 10%, considerato il valore limite per l'applicabilità del metodo.

In mancanza di informazioni sulla pendenza del fondo e in casi particolari quali ad esempio le tombature realizzate al di sotto di rilevati e/o discariche di materiali inerti, anche in presenza di pendenze significative, è stata comunque calcolata la profondità critica corrispondente al minimo contenuto energetico della corrente.

Le condizioni critiche sono state determinate imponendo uguale a 1 il numero di Froude della corrente:

$$\frac{Q}{A} = \sqrt{g \cdot \frac{A}{b}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata, $A[m^2]$ l'area e $b[m]$ la larghezza del pelo libero, $g[m/s^2]$ l'accelerazione di gravità.

Nel caso di sezioni rettangolari è possibile calcolare direttamente la profondità critica $Y_c[m]$ mediante la

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{Q}{b}\right)^2}$$

In presenza di restringimenti dovuti alla particolare conformazione dell'alveo o alla presenza di manufatti artificiali, si è ipotizzato il moto con transizione attraverso lo stato critico all'interno della sezione ristretta ed è stata calcolata la profondità nella sezione di monte dovuta al rigurgito in corrente lenta.

Il calcolo è stato eseguito mediante l'utilizzo della formula di Marchi, valida per sezioni rettangolari:

$$Y_m = K \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_m^2 \cdot F_L^2}}$$

dove K è un fattore di forma, $b_m [m]$ è la larghezza della sezione di monte e F_L è il valore del numero di Froude limite tabulato in funzione del rapporto di restringimento.

Il valore di K è stato assunto per tutte le verifiche uguale a 1.14, corrispondente alla situazione più sfavorevole di pile con fronti squadri.

9.2. Verifiche idrauliche globali

Le verifiche idrauliche di tipo globale sono state effettuate mediante l'ausilio di un *software*¹ per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombature, briglie, stramazzi, aree golenali, ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

¹. HEC-RAS, Haestad Methods Inc. - Waterbury USA

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 Foglio 12 di 20

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A [m^2]$ l'area della sezione liquida, $R [m]$ il raggio idraulico e $n [m^{-1/3} s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e $V_2 [m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombature (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalco dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00
	Foglio 13 di 20

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzeanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

La verifica del nodo di confluenza è eseguita mediante l'applicazione del teorema della quantità di moto.

In particolare è stato individuato un volume di controllo definito dalla superficie di contorno del tratto in esame in cui è applicabile la relazione generale:

$$F_e + G = M_u - M_e$$

dove F_e è la risultante delle forze di superficie (spinta idrostatica e attrito del fondo e delle pareti) agenti dall'esterno sul volume di controllo, G è la risultante delle forze di massa (in genere la forza peso), M_u ed M_e le quantità di moto delle masse che nell'unità di tempo entrano ed escono dal volume di controllo.

La metodologia di calcolo è applicabile al caso specifico di due rami che confluiscono in un terzo ella confluenza di un affluente nel corso d'acqua principale secondo un angolo di incidenza α rispetto alla direttrice principale di deflusso.

Il volume di controllo è individuato dalle due sezioni poste a monte della confluenza (individuate dai pedici 1 e 2 rispettivamente) ed una posta a valle (pedice 3).

Proiettando l'equazione della quantità di moto secondo l'asse del corso d'acqua di valle, che forma un angolo α_{1-2} e α_{1-3} con gli assi dei due corsi d'acqua a monte, vale la relazione:

$$(my + mq)_3 = (my + mq)_1 \cdot \cos \alpha_{1-3} + (W - F_f)_{1-3} + (my + mq)_{2-3} \cdot \cos \alpha_{2-3} + (W - F_f)_{2-3}$$

avendo indicato con:

$my = A \cdot Y =$ prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero e il centro di gravità delle sezioni di deflusso.

$$mq = \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

$F_f =$ forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti.

$W_x =$ forza peso nella direzione del flusso.

Ai fini della risoluzione dell'equazione dei momenti sono state fatte le seguenti assunzioni:

- rigurgito in corrente lenta con profondità del pelo libero nota nella sezione di valle;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 Foglio 14 di 20

- uguaglianza tra le quote del pelo libero nelle sezioni di monte del corso d'acqua principale e in quella dell'affluente;
- calcolo delle componenti di attrito e del peso come media pesata dei valori tra le sezioni di monte del corso d'acqua principale, dell'affluente e di valle, in funzione delle portate e dell'angolo di incidenza.

9.3. Analisi dei fenomeni di erosione

Erosioni in alveo

Ai fini della valutazione dell'erosione in alveo dovuta alla presenza di elementi rigidi (platee, fondazioni di argini, briglie ecc.) si fa riferimento al caso più significativo del deflusso attraverso una soglia a stramazzo (o briglia). Per la determinazione della massima profondità di erosione al piede si è fatto riferimento alla formula di Schoklitsch², alla base di tutti i successivi studi di settore, espressa nella seguente forma

$$y_s = 4.75 \cdot H^{0.2} \cdot q^{0.57} \cdot d_{90}^{-0.32} - y_0$$

dove $H[m]$ è la differenza fra i peli liberi a monte e a valle della briglia, $q[m^2/s]$ è la portata per unità di larghezza della briglia, $d_{90}[mm]$ è il diametro del vaglio che consente il passaggio del 90% in peso del materiale che costituisce il fondo e $y_0[m]$ è la profondità della corrente a valle della briglia.

Opere di protezione in massi naturali

Nei casi in cui sia necessario realizzare delle opere di protezione delle sponde o del fondo di un corso d'acqua con strutture permeabili, deformabili e isolate, quali le scogliere in pietrame sciolto, gabbioni, o materassi Reno, occorre determinare le condizioni di equilibrio del singolo masso soggetto alle forze idrodinamiche della corrente che tendono a metterlo in movimento.

Si tratta, cioè, di determinare le dimensioni minime del singolo masso, e conseguentemente il suo peso, in grado di garantire le condizioni di stabilità in presenza di una corrente caratterizzata da una velocità media v .

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica v_{cr} che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente d della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione

$$v_{cr} = k \cdot d^{0.5}$$

con v_{cr} espresso in m/s e d in metri.

Il coefficiente k assume valori variabili fra 4 e 8; nella comune pratica progettuale si assume per $k=5^3$.

Quando k supera il valore di 8 si determinano le condizioni di movimento del singolo masso: pertanto, per il dimensionamento di massi cementati sul fondo dell'alveo, cautelativamente si assume un valore di k pari a 8. Assumendo come velocità critica la velocità della corrente e risolvendo l'espressione secondo d , si ottiene la dimensione minima del masso da utilizzare nel caso esaminato.

La velocità che interessa è quella al fondo: nel caso in cui il battente idrico sia molto maggiore della dimensione del materiale la velocità al fondo può essere assunta pari al 75% della velocità media; nel caso in cui invece la dimensione del materiale sia confrontabile con la profondità della corrente è bene assumere come velocità al fondo la velocità media.

² A. Schoklitsch: Kolkbildung unter Überfallstrahlen, Die Wassewirtschaft (1932)

A. Schoklitsch: Stauraumverlandung und Kolkabwehr, Julius Springer, Wien (1935)

³ L. Da Deppo-C. Datei-P. Salandin: Sistemazione dei corsi d'acqua, Cortina edizioni, Padova 1997.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00
	Foglio 15 di 20

Analogamente alle soluzioni con massi naturali, sarà possibile fare ricorso a sistemi di gabbioni di dimensioni tali da garantire i pesi corrispondenti ai dimensionamenti precedentemente indicati, privilegiando la dimensione standard 1.0x1.0x2.0 m o materassi reno di spessore pari a 0.5 m.

10. VERIFICHE IDRAULICHE

10.1. Portate di progetto

Con riferimento allo Studio Idrologico, al quale si rimanda per ogni indicazione di dettaglio circa la metodologia di analisi e di calcolo adottata, il valore della portata 200-ennale per il Rio Traversa risulta pari a 97 m³/s, mentre per il Rio 1 è pari a 7.8 m³/s e per il Rio di Vaie 19.3 m³/s.

Per le verifiche integrative si è utilizzato una portata differente rispetto al progetto approvato.

Il tratto indagato nella presente revisione è collocato 500 m a monte del tratto verificato in fase di progetto definitivo della viabilità della Castagnola WBS NV22 ed a monte di 2 confluenze significative del Rio Traversa. La superficie drenata, nel tratto interessato dagli interventi oggetto di revisione e di studio, risulta essere pari a 1.9 km², inferiore del 60% rispetto a quanto previsto per la progettazione della viabilità WBS NV22 che risulta essere pari a 3.1 km².

Per il calcolo della portata si è utilizzato la medesima metodologia riportata nello Studio Idrologico

La portata del Rio Traversa risulta essere pari a 66 m³/s per il tratto di valle alla confluenza con il Rio su cui è ubicato il guado di monte.

Il Rio affluente presenta una portata di 6 m³/s. Il tratto di monte risulta avere pertanto una portata di 60 m³/s.

10.2. Verifiche idrauliche puntuali

Le verifiche di tipo locale hanno riguardato i due guadi previsti sul Rio Traversa e sul suo affluente, le tombinature del Rio 1 e del Rio Vaie e la vasca di sedimentazione provvisoria prevista all'imbocco della tombinatura del Rio Traversa.

Guadi

Per le verifiche dei due guadi previsti nel tratto di monte del Rio Traversa si è proceduto trattando i manufatti come luci di fondo: considerando le pendenze del tratto e le conseguenti velocità della corrente, gli effetti di rigurgito della corrente a valle degli stramazzi vengono trascurati.

In entrambi i casi si adottano scatolari affiancati 0.60 x 0.40 m: essi saranno collocati immediatamente a al di sotto del piano stradale. Si prevede la posa di una soletta in c.a.v. amovibile in modo che, qualora vengano otturati possano essere mantenuti e rimosso il materiale.

Il massimo battente disponibile sul baricentro della luce che non provochi il passaggio dell'acqua sopra il guado risulta pari a 0.2 m.

Con tale battente ciascuno scatolare è in grado di smaltire 0.3 m³/s circa: pertanto il guado sul Rio Traversa in cui sono previsti 8 scatolari sarà in grado di smaltire complessivamente circa 2.4 m³/s mentre quello sull'affluente, con 3 scatolari affiancati, sarà in grado di smaltire circa 0.9 m³/s.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 <table border="1" style="float: right; margin-left: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Foglio 16 di 20</td> </tr> </table>	Foglio 16 di 20
Foglio 16 di 20		

I guadi potrebbero essere sormontati e le verifiche di seguito riportano i livelli della portata di piena in caso di superamento superiore della portata di piena.

Per quanto concerne il guado sul Rio Traversa, la portata che riesce a defluire senza scorrimento sul piano stradale è pari a 2.4 m³/s, poiché il guado rappresenta un'opera idraulica che mira a garantire il deflusso di portate di magra al fine di fornire una valutazione circa il valore di portata per cui l'opera è verificata è stato applicato il metodo di regionalizzazione Simpo⁴.

In particolare sono stati assunti: zona Appenninica (zona C), superficie di bacino pari a 1.9 km², altitudine media pari a 550 m s.l.m. e afflusso medio annuo indicativo pari a 1500 mm. La portata Q₁₀, che si verifica circa 1 volta al mese, è pari a 300 l/s; il valore di portata che riesce a defluire attraverso il guado a progetto è circa 20 volte superiore al valore di Q₁₀ ricavato.

Tombature rivi

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza equivalente n pari a 0.02 per le opere in calcestruzzo e pari a 0.03 nel caso di alveo naturale con presenza di ciottoli e ghiaia, sezioni di forma sostanzialmente regolare, presenza di ostruzioni in alveo quali pile di ponti, basamenti di tralicci ecc., scarsa presenza di vegetazione.

Nelle verifiche sono assunti come idraulicamente adeguati i manufatti con un franco superiore a 0.5 m rispetto all'intradosso.

In allegato A1 è riportata la tabella delle verifiche idrauliche in cui, per ciascuna sezione, sono indicate la tipologia, le caratteristiche geometriche, la portata, l'altezza di moto uniforme, il rapporto d'invaso, la velocità e il numero di Froude.

Per quanto riguarda i rivi oggetto di analisi il moto uniforme presenta caratteristiche di corrente veloce pertanto, a titolo cautelativo, i franchi di sicurezza sono stati valutati rispetto alle condizioni critiche.

La canalizzazione del Rio 1 ha un'altezza di 1.85 metri ed essendo la profondità critica pari a 0.9 metri, il franco idraulico risulta pari a 0.95 metri.

L'altezza del pelo libero in condizioni critiche al di sotto del ponte sul Rio Vaie, che presenta sezione con larghezza pari a 4.5 m e altezza 3 m, risulta pari 1.2; a tale profondità corrisponde un franco idraulico di 1.8 metri.

Tutti gli interventi risultano pertanto idraulicamente adeguati.

Vasca di imbocco

La verifica della vasca di imbocco è stata effettuata ricercando la massima profondità della corrente nell'ipotesi peggiore di ostruzione della sezione di deflusso sino ad un'altezza di 1 m, corrispondente alla sommità dei profilati metallici.

L'ipotesi di completa ostruzione è assimilabile al caso di una briglia di altezza 1 m, con transizione attraverso lo stato critico in sommità.

La profondità critica della corrente per la portata di 97 m³/s è pari a 3.17 m; in tali condizioni risulta pertanto un franco residuo di oltre 2 m rispetto alla sommità dei muri della vasca.

⁴ "Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po", Convenzione Magistrato per il Po/ S.I.M.P.O. - H.C. Hydrodataconsult, 1980/81.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 Foglio 17 di 20

Il livello a monte dei profilati metallici risulta pari a circa 5.15 m, che garantisce pertanto il mantenimento del pelo libero al di sotto della sommità dei muri d'argine anche nel caso peggiore di completo recupero del carico cinetico a monte.

La vasca risulta pertanto ampiamente verificata da un punto di vista idraulico.

10.3. Verifiche idrauliche globali

Le verifiche di tipo esteso hanno riguardato il Rio Traversa per il tratto sino alla SP 163 della Castagnola.

Le informazioni di carattere topografico ai fini della verifica sono state desunte da un rilievo piano altimetrico dell'alveo e delle aree adiacenti eseguito nell'ambito del progetto generale.

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza equivalente n pari a 0.02 per le opere in calcestruzzo e per il tubo tipo Finsider e pari a 0.03 nel caso di alveo naturale con presenza di ciottoli e ghiaia, sezioni di forma sostanzialmente regolare, presenza di ostruzioni in alveo quali pile di ponti, basamenti di tralicci ecc., scarsa presenza di vegetazione.

Le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di sponde infinite qualora il livello di piena superi le quote di sommità arginali.

A favore di sicurezza si è preferito integrare i profili di rigurgito per la sola corrente lenta da valle verso monte, imponendo come condizione al contorno la profondità critica nella sezione di valle e la profondità di moto uniforme nella sezione di monte, corrispondente allo sbocco del tratto tombinato.

10.3.1. Verifiche idrauliche globali progetto approvato

Lungo l'asta del corso d'acqua sono state individuate una serie di sezioni, numerate dalla 0 alla 28, in funzione delle caratteristiche piano altimetriche del fondo. Nelle sezioni di calcolo del profilo quale quota di riferimento della sommità degli argini è stata assunta, quando presente, quella del piano viabile delle strade adiacenti.

Per il tratto di monte compreso tra le sezioni idrauliche 15 e 28, viene riportata la sola verifica idraulica di stato attuale poiché non sono previsti interventi che modifichino l'alveo del rio Traversa.

I risultati sono riassunti in forma numerica e grafica nei seguenti elaborati riportati in Allegato A1:

Stato attuale (sez. 1 – 28):

- Profilo di rigurgito (sez. 1-15) in scala 1:2500/1:200;
- Profilo di rigurgito (sez. 16-28) in scala 1:2500/1:200;
- Tabella riassuntiva dei risultati;
- Sezioni trasversali di calcolo in scala 1:200/1:150 con l'indicazione delle quote del pelo libero.

Stato di progetto provvisorio (sez. 1 - 15):

- Profilo di rigurgito in scala 1:2500/1:200;
- Tabella riassuntiva dei risultati;
- Sezioni trasversali di calcolo in scala 1:200/1:150 con l'indicazione delle quote del pelo libero.

Stato di progetto definitivo sez. (1 - 15):

- Profilo di rigurgito in scala 1:2500/1:200;
- Tabella riassuntiva dei risultati;
- Sezioni trasversali di calcolo in scala 1:200/1:150 con l'indicazione delle quote del pelo libero.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 Foglio 18 di 20

Stato attuale

Il deflusso della portata 200-ennale nel Rio Traversa avviene con altezze del pelo libero comprese tra 2.1 m e 3.7 m e velocità comprese tra 3.1 e 4.6 m/s.

Nel tratto terminale le verifiche hanno evidenziato che la strada interpoderale in sponda destra risulta inondabile.

Il ponte provvisorio che collega le due sponde del Rio Traversa risulta avere un franco rispetto alla portata 200-ennale pari a 0.6 m circa.

Nei tratti compresi fra le sezioni 17-24 e 26-28, le verifiche hanno evidenziato che la strada risulta inondabile.

Stato di progetto provvisorio

Il deflusso della portata 200-ennale nel Rio Traversa avviene con altezze del pelo libero comprese tra 2.1 m e 4.2 m e velocità comprese tra 3.1 e 6.2 m/s.

La tombinatura realizzata con tubazione tipo Armco Finsider in progetto risulta avere un franco rispetto alla portata 200-ennale di oltre 1 m.

Stato di progetto definitivo

Il deflusso della portata 200-ennale nel Rio Traversa avviene con altezze del pelo libero comprese tra 2.1 m e 3.1 m e velocità comprese tra 3.1 e 5.3 m/s.

Lo scatolare in progetto risulta avere un franco rispetto alla portata 200-ennale di oltre 2 m.

La quota della strada in progetto risulta ovunque superiore di 0.5 m rispetto al livello di piena 200-ennale.

10.3.2. Verifiche idrauliche globali oggetto presente revisione

Le sezioni idrauliche attuali, comprese tra la 15 e la 28, sono state completate con alcune zone esterne al alveo di magra. Per il progetto si è considerato i guadi, la nuova viabilità e la sistemazione della sponda in corrispondenza del deposito intermedio della Castagnola.

Sono state inoltre verificate alcune sezione del Rio affluente dove viene realizzato il guado di monte.

I risultati sono riassunti in forma numerica e grafica nei seguenti elaborati riportati in Allegato A2:

Stato attuale

- Planimetria con indicazione sezioni idrauliche in scala 1.1.000
- Profilo di rigurgito (sez. 16-32) in scala 1:2.500/1:200;
- Tabella riassuntiva dei risultati;

Stato di progetto

- Planimetria con indicazione sezioni idrauliche in scala 1.1.000
- Profilo di rigurgito in scala 1:2500/1:200;
- Tabella riassuntiva dei risultati;
- Sezioni trasversali di calcolo in scala 1:500/1:200 con l'indicazione delle quote del pelo libero e della geometria di stato attuale.

Stato attuale

Il deflusso della portata 200-ennale nel Rio Traversa avviene con altezze del pelo libero comprese tra 2.1 m e 3.7 m e velocità comprese tra 3.1 e 4.6 m/s.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00
	Foglio 19 di 20

Nel tratto terminale le verifiche hanno evidenziato che la strada interpodereale in sponda destra risulta inondabile.

Nei tratti compresi fra le sezioni 17-24 e 26-28, le verifiche hanno evidenziato che la strada risulta inondabile.

Stato di progetto

Il deflusso della portata 200-ennale nel Rio Traversa avviene con altezze del pelo libero comprese tra 2.1 m e 3.1 m e velocità comprese tra 1.9 e 3.9 m/s.

Il guado di valle viene sormontato con un livello di piena pari ad 1.5 m al di sopra del piano stradale.

Il guado di monte non incide sul profilo del Rio Traversa.

Il deposito viene collocato ad una quota variabile tra circa 445 e 448.5 m s.l.m. Viene garantito sempre un franco di sicurezza superiore a 0,50m per la portata di piena duecentennale del Torrente Traversa.

10.4. Calcolo dell'erosione e dimensionamento delle opere di protezione

Tutte le opere di protezione al fondo e spondali verranno realizzate con massi naturali cementati nella parte fondazionale di pezzatura corrispondente ad un peso compreso fra 1 e 3 tonnellate.

Tale soluzione consente di garantire una maggiore stabilità alla scogliera rispetto alla soluzione con massi sciolti e, nello stesso tempo, il riempimento superficiale degli interstizi fra i massi realizzato mediante terreno vegetale, garantisce il rinverdimento e la rinaturalizzazione spondale.

Con riferimento a quanto riportato al paragrafo 9.3, assumendo cautelativamente un valore della velocità critica pari alla velocità massima del tratto, pari a circa 5 m/s, risulta:

$d=(5/5)^2 = 1$ m, cui corrisponde un peso del singolo masso di circa 1.4 tonnellate.

Nel caso di massi cementati, assumendo $k=8$, si ottiene un diametro medio pari a circa 0.6 m, cui corrisponde il peso minimo del singolo elemento pari a circa 300 kg.

Nel caso di massi cementati nella parte fondazionale, assumendo $k=6$, si ottiene un diametro medio pari a circa 0.7 m, cui corrisponde il peso minimo del singolo elemento pari a circa 470 kg.

Cautelativamente, viene previsto l'impiego di massi naturali cementati nella parte fondazionale di pezzatura corrispondente ad un peso compreso fra 1 e 3 tonnellate, anche per tener conto della spinta dovuta alla presenza del deposito.

10.5. Considerazioni idrauliche per la fase di cantiere

Per quanto concerne la cantierizzazione delle opere sul Rio Traversa si prevede di realizzare delle ture provvisorie che permettano l'intercettazione delle portate di magra realizzate con materiale sciolto eventualmente movimentabile da parte della corrente in caso di piena.

In particolare per l'intercettazione della portate di magra si prevede l'impiego di 2 pompe centrifughe autoadescanti su carrello per liquidi torbidi, fangosi e contenenti solidi che recapiteranno a due tubazioni con diametro D_e 500 mm con scarico a valle del tratto di torrente interessato dal cantiere.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RI-DPPB-00-001-A00 <div style="float: right;">Foglio 20 di 20</div>

Al fine di fornire una taglia indicativa delle pompe da prevedere è stata valutata la portata Q_{182} , che si verifica quindi per circa 6 mesi all'anno, mediante il metodo di regionalizzazione Simpo⁵.

Ai fini del calcolo sono stati assunti per la zona Appenninica (zona C) superficie di bacino pari a 3 km², altitudine media pari a 550 m s.l.m. e afflusso medio annuo indicativo pari a 1500 mm a cui corrisponde una Q_{182} pari a 40 l/s.

In particolare, si consiglia di prevedere due pompe entrambe con punto di funzionamento: portata 40 l/s e prevalenza pari a 15 m, tale da garantire il convogliamento della portata di magra alla tubazione di diametro pari a 500 mm.

Per quanto concerne la realizzazione dei guadi previsti nel tratto di monte della viabilità, poiché le operazioni previste di preparazione dell'alveo e posa degli scatolari comportano un'occupazione dell'alveo per tempi ridotti si ritiene che, operando in caso di condizioni meteo climatiche favorevoli, si possa operare mantenendo in una prima fase una parte dell'alveo esistente sgombro realizzando le opere che interessano la sponda sinistra per poi deviare le portate di magra negli scatolari già posati in sinistra e operare preparando l'alveo e posando gli scatolari in sponda destra.

Trattandosi di un cantiere direttamente interferente con un corso d'acqua, si dovrà porre particolare attenzione alle condizioni meteorologiche ed al loro continuo aggiornamento al fine di ridurre al minimo i rischi connessi con un possibile evento di piena. L'impresa esecutrice dovrà quindi essere in continuo contatto con il settore di Protezione Civile ed Emergenze, allo scopo di essere aggiornata in tempo reale sul grado di allerta. In caso di allerta 2 dovranno essere interrotte tutte le attività, allontanate le maestranze, i mezzi e le attrezzature dall'alveo che potrebbero creare un ostacolo al deflusso della corrente.

⁵ "Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po", Convenzione Magistrato per il Po/ S.I.M.P.O. - H.C. Hydrodataconsult, 1980/81.