

**Completamento della Tangenziale di Vicenza
1° Stralcio Completamento**

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS DPRL

I PROGETTISTI:

*ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n.1063*

*ing. Angela Maria Carbone
Ordine Ing. di Roma n. 35599*

IL GEOLOGO:

*geol. Serena Majetta
Ordine Geol. del Lazio n.928*

IL RESPONSABILE DEL SIA:

*arch. Giovanni Magarò
Ordine Arch. di Roma n.16183*

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ing. Anna Maria Nosari

PROTOCOLLO

DATA

ASSISTENZA AL GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS



ing. FILIPPO VIARO – Strade e Idraulica
Ordine Ing. di Parma n. 827A

ing. PIER PAOLO CORCHIA – Strutture
Ordine Ing. di Parma n. 751A

arch. SERGIO BECCARELLI – Ambiente
Ordine Arch. di Parma n. 377

**OPERE D'ARTE MINORI
OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPVE08 D 1401

NOME FILE

T00OM01DRRE01_A

CODICE ELAB. T00OM01IDRRE01

REVISIONE

SCALA:

A

C

B

A

EMISSIONE

Ottobre 2019

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	INQUADRAMENTO DELL'AREA E DELLE CRITICITÀ IDRAULICHE	10
3.	RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE	15
3.1.	RISULTATI PER TR=100 ANNI AL FINE DI DIMOSTRARE L'INVARIANZA IDRAULICA DEL TERRITORIO TRA STATO DI FATTO E DI PROGETTO	15
3.2.	RISULTATI PER TR=200 ANNI AL FINE DI DIMOSTRARE LA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI E LA SICUREZZA STRADALE	17
3.2.1.	Risultati in corrispondenza dei ponti di progetto	17
3.2.2.	Risultati in corrispondenza dei forni di progetto	22
3.2.3.	La sicurezza idraulica della viabilità di progetto	26
4.	PONTI E OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA	28
4.1.	PONTE TORRENTE OROLO	28
4.1.1.	Dimensionamento dei massi di difesa spondale	31
4.1.2.	Valutazione dei fenomeni erosivi in corrispondenza delle spalle	31
4.1.3.	Configurazione provvisoria in fase di cantiere	34
4.2.	PONTE ROGGIA ZUBANA	35
4.2.1.	Dimensionamento dei massi di difesa spondale	37
4.2.2.	Valutazione dei fenomeni erosivi in corrispondenza delle spalle	37
4.2.3.	Configurazione provvisoria in fase di cantiere	38
4.3.	PONTE FIUME BACCHIGLIONE	39
4.3.1.	Dimensionamento dei massi di difesa spondale	44
4.3.2.	Valutazione dei fenomeni erosivi in corrispondenza delle spalle	44
4.3.3.	Dimensionamento idraulico della profondità della palancola	45
4.3.4.	Configurazione provvisoria in fase di cantiere	46
4.4.	RISOLUZIONE INTERFERENZA CON LA ROGGIA DELLA LOBIA	46
4.4.1.	Verifica dell'ufficiosità idraulica del tratto deviato	51
5.	MANUFATTI DI TRASPARENZA IDRAULICA	52
5.1.	FORNICE N. 1	54
5.2.	FORNICE N. 2	55
5.3.	FORNICE N. 3	56
5.4.	FORNICE N. 4	57

5.5. FORNICE N. 5A.....	58
5.6. FORNICE N. 5B.....	59
5.7. FORNICE N. 6.....	60
5.8. FORNICE N. 7.....	61
6. CONCLUSIONI.....	62

1. PREMESSA

Il presente documento ha la finalità di dimostrare la compatibilità idraulica di ogni opera di attraversamento e più in generale di tutto il tracciato stradale di progetto, definito **Completamento della Tangenziale di Vicenza – 1° Stralcio Completamento** da sviluppare a livello di progettazione definitiva, sulla base del progetto preliminare redatto nel corso dell'anno 2015 da Anas SpA.

L'intervento in oggetto, rappresentato in colore giallo nell'immagine seguente, è parte di un progetto più esteso della tangenziale del capoluogo, in quanto è collegato verso Ovest, tramite lo svincolo con Viale del Sole e Via Valtellina, al tratto stradale denominato Completamento della Tangenziale di Vicenza – 1° Stralcio – 1° Tronco, evidenziato in azzurro.

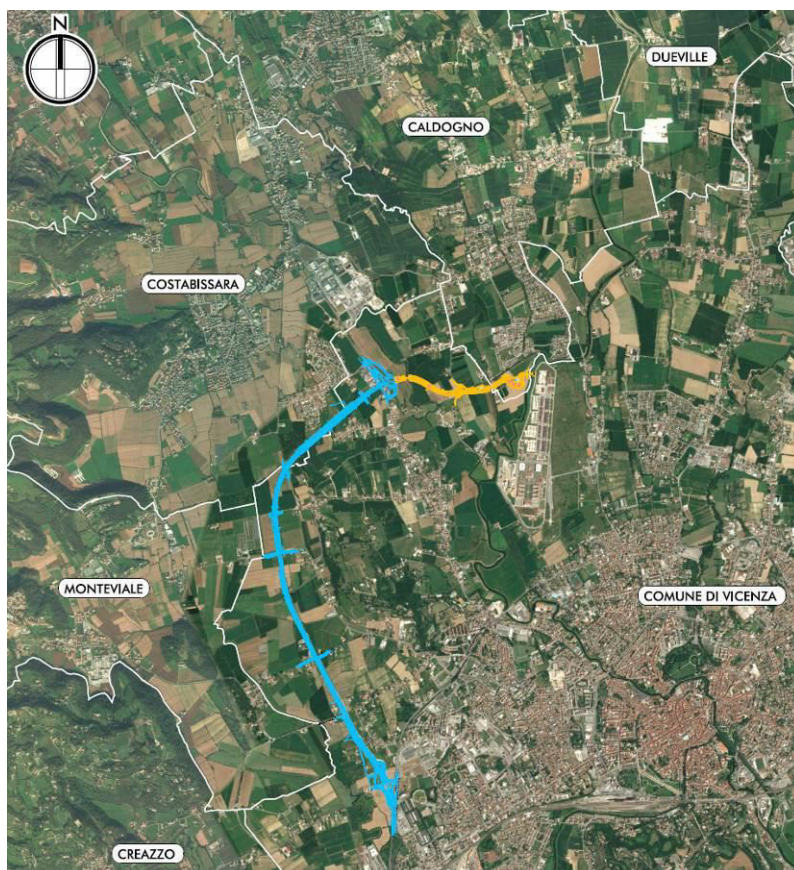


FIGURA 1-1 – PROGETTO DELLA TANGENZIALE DI VICENZA - COROGRAFIA GENERALE CON COLORE GIALLO È EVIDENZIATO IL TRACCIATO DEL 1° STRALCIO COMPLETAMENTO

La definizione in stralci funzionali e l'individuazione delle priorità è stata formalizzata nel Protocollo di Intesa stipulato in data 28/08/2013 tra Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ANAS, Regione Veneto, Provincia di Vicenza, Comune di Vicenza, Comune di Caldogno, Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova S.p.A. "per la progettazione preliminare e definitiva e la realizzazione del completamento della Tangenziale di Vicenza".

Il 1° stralcio costituisce lo Stralcio Ovest, relativo alla Variante della SP 46, comprensivo del collegamento alla base militare Del Din. Ai fini dell'appalto, il 1° stralcio è stato a sua volta suddiviso in due tronchi funzionali, "1° Stralcio - 1° Tronco" e "1° Stralcio - Completamento", oggetto quest'ultimo della presente trattazione, relativamente agli aspetti di compatibilità idraulica.

L'intervento, che interessa i comuni di Vicenza e Caldogno, si sviluppa in direzione Ovest-Est dalla rotatoria di fine "1° tronco" fino alla Base militare Americana Del Din, con una lunghezza dell'asse principale di 1.60 km circa, di cui i primi 1.20 Km presentano una sezione stradale di tipo C1 "Extraurbane secondarie", corsia da 3.75 m e banchina da 1.50m, secondo il D.M. 5/11/2001, mentre gli ultimi 400 m costituiscono la bretella di collegamento alla Base militare.

Il territorio all'interno del quale ricade il tracciato di progetto, risulta fortemente condizionato dalla presenza di un fitto reticolo idrografico, caratterizzato da potenziali fenomeni di esondazione per Tempi di Ritorno (TR) molto contenuti (circa 10 anni). L'ultimo grave evento alluvionale che ha interessato l'area di studio risale al novembre 2010; inoltre, dalla carta della Pericolosità idraulica del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) redatta dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione e dalla carta del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, emerge che gran parte del territorio stesso attraversato dall'opera in progetto risulta soggetto a potenziali eventi alluvionali, come dettagliato nei capitoli successivi.



FIGURA 1-2 - INQUADRAMENTO DELL'AREA D'INDAGINE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO INTERAGENTE CON LA TANGENZIALE DI PROGETTO

A fronte di queste evidenti problematiche idrauliche, ed in particolare a seguito degli eventi alluvionali del Novembre 2010, il Presidente del Consiglio dei Ministri, con Ordinanza commissariale n.11 del 30.12.2010 ha istituito il Comitato tecnico scientifico, incaricato della redazione del “*Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico*”. Tale Piano prevede, per la salvaguardia della città di Vicenza e del territorio di monte e di valle, una serie di interventi che interessano il T.Orolo, il F. Bacchiglione ed il suo principale affluente, il Torrente Timonchio. Le opere di messa in sicurezza sono di seguito elencate:

1. Bacino di laminazione sul Torrente Timonchio a Caldogno, per un volume massimo di invaso pari a 3,3 milioni m³; l'opera nel 2016 risultava essere in fase di realizzazione e per la parte già conclusa in fase di collaudo;
2. Bacino di laminazione sul Fiume Bacchiglione a monte di Viale Diaz a Vicenza, per un volume massimo di invaso pari a 1,2 milioni m³; l'opera nel 2016 risultava essere in fase di aggiudicazione. L'intervento prevede sia una serie di invasi di laminazione (n°4) a nord del centro di Vicenza che la realizzazione di rilevati arginali su Bacchiglione, Zubana ed Orolo. Gli argini previsti sul Bacchiglione si spingono a monte del tracciato di progetto, intercettandolo proprio in corrispondenza del ponte di progetto.
3. Bacino di laminazione sul Torrente Orolo in Comune di Costabissara ed Isola Vicentina, per un volume massimo di invaso pari a 1,0 milioni m³; l'opera nel 2016 risultava in fase di progettazione esecutiva;
4. Bacino di laminazione sul Torrente Timonchio a Malo, per un volume massimo di invaso pari a 2,0 milioni m³; l'opera nel 2016 risultava in fase di studio.

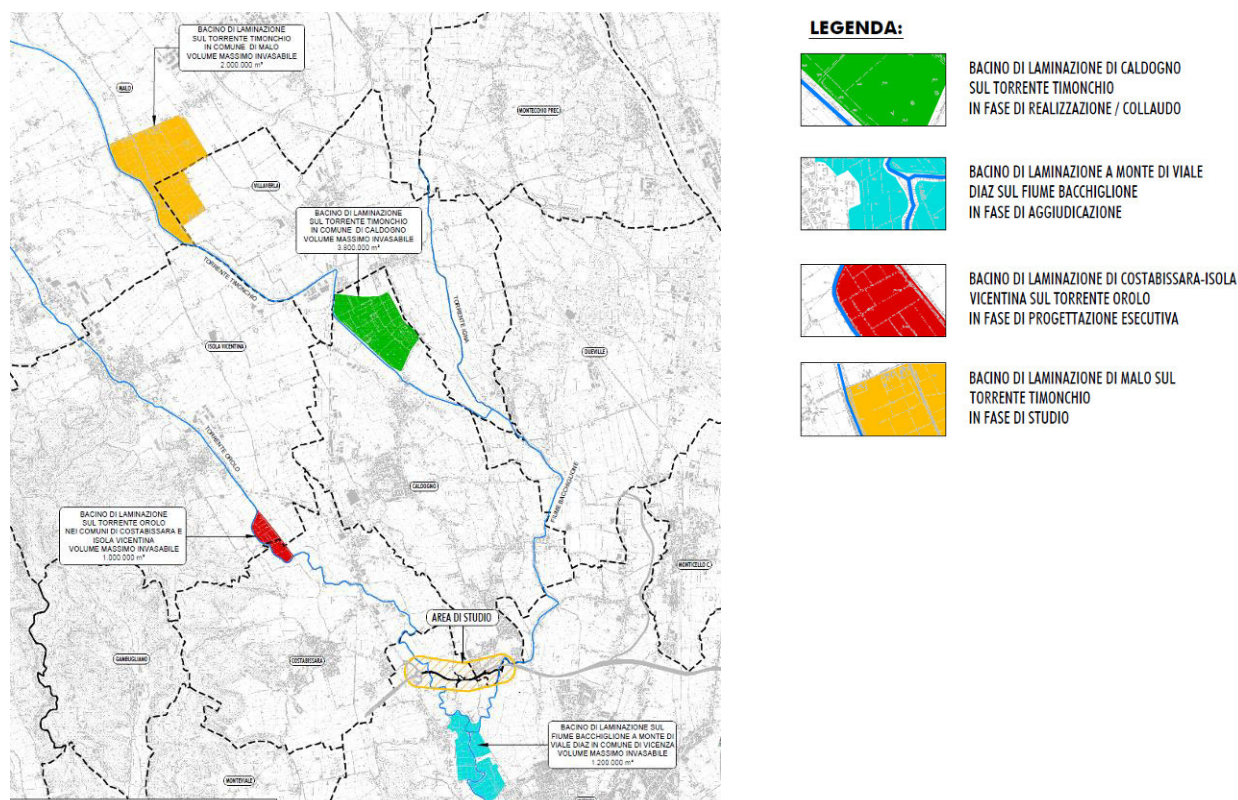


FIGURA 1-3 - PLANIMETRIA DEI BACINI DI LAMINAZIONE PROGRAMMATI DALLA REGIONE VENETO PER MITIGARE IL RISCHIO IDRAULICO (FONTE: UFFICIO GENIO CIVILE DI VICENZA)

Successivamente a queste ricerche bibliografiche, è stato svolto un mirato sopralluogo, effettuato in data 11.10.2016, che ha consentito di percorrere le sponde di tutte le aste, sia principali che minori, interagenti con la futura tangenziale, al fine di rilevare, con foto e misure in campo, le caratteristiche morfologiche, granulometriche, vegetazionali e la presenza di manufatti esistenti lungo i tratti fluviali indagati.

Inoltre, sono stati programmati degli specifici incontri con tutti gli Enti preposti alla gestione, controllo e salvaguardia dei corsi d'acqua precedentemente citati. In particolare:

- in data 05.10.2016, si sono incontrati i tecnici del Genio Civile di Vicenza e del Comune di Vicenza.
- in data 05.10.2016, si sono incontrati i tecnici del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta;
- in data 14.10.2016, si sono incontrati i tecnici dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, che oggi è confluito nell'Autorità di Distretto Idrografico (ADI) Alpi Orientali.

Grazie al sopralluogo e agli incontri è stato possibile chiarire aspetti di difficile comprensione sulla regolazione delle acque del reticolo interferito, approfondire la conoscenza delle problematiche idrauliche del territorio attraversato, definire le competenze di ogni asta fluviale e recuperare dati utili per la redazione del progetto, in termini di rilievi topografici ed idrogrammi di piena da considerare per le verifiche idrauliche.

Il frutto di questa necessaria attività conoscitiva, ha permesso di comprendere che il Fiume Bacchiglione, il principale corso d'acqua interferito, e la Roggia Zubana, canale di bonifica, risultano collegati tra loro da un canale detto Canale di Derivazione o Derivatore, il quale si presenta sub-parallelo al tracciato stradale di progetto a nord dello stesso ed alimenta una centrale idroelettrica più a valle, come mostrato in Figura 1-2. In caso di piena del Bacchiglione, lo stesso tracima nel Canale di Derivazione che oltre ad esondare, genera a sua volta un effetto di rigurgito nelle rogge ad esso collegate, in particolare la Roggia Feriana e la stessa Zubana, che a loro volta esondano. All'interno di questo delicato contesto idraulico, si sviluppa, trasversalmente al deflusso delle potenziali acque esondate, il tracciato di progetto, il quale, in assenza di adeguati presidi idraulici, creerebbe uno sbarramento artificiale in caso di esondazione, tale da aggravarne sensibilmente gli effetti sul contesto circostante, caratterizzato non solo da aree agricole, ma anche a carattere insediativo.

Infine, attraverso il bagaglio conoscitivo acquisito e dall'esito degli incontri con gli Enti territorialmente competenti, è stata messa in campo una consistente attività di rilievo topografico e conseguentemente di analisi idrologica-idraulica che ha portato a definire una configurazione progettuale compatibile dal punto di vista idraulico, conforme dal punto di vista ambientale e paesaggistico e naturalmente sostenibile in termini economici e sociali.

La configurazione infrastrutturale del presente Progetto Definitivo (PD), rispetto a quello Preliminare (PP), ha comportato un aumento della luce dei ponti e l'innalzamento della quota dell'intradosso. Inoltre, per garantire l'invarianza idraulica a monte e a valle dell'infrastruttura stradale è stato necessario rendere "trasparente" il

rilevato che ricade all'interno delle aree a potenziale esondazione, attraverso l'inserimento di fornici di trasparenza idraulica, con una posizione ed estensione atte a garantire un efficiente deflusso delle acque di esondazione, senza generare un aumento della pericolosità idraulica del territorio.

L'approccio metodologico adottato per sviluppare le verifiche idrologico-idrauliche propedeutiche alla definizione delle scelte progettuali dell'infrastruttura stradale, coerentemente a quanto indicato dagli Enti territorialmente competenti, è stata quella di procedere con una modellazione monodimensionale in moto vario per la sola asta fluviale e bidimensionale per le aree golenali soggette ad esondazione. La possibilità di simulare la propagazione dell'onda di piena all'interno dell'asta fluviale attraverso una modellazione monodimensionale in moto vario e, contemporaneamente, dare evidenza, con una modellazione bidimensionale, dei fenomeni di allagamento che potenzialmente interessano il territorio in cui è calato il tracciato stradale di progetto, risulta adatta a cogliere al meglio l'interazione tra i diversi corsi d'acqua alla rispettiva confluenza ed in corrispondenza delle mutue correlazioni tra i rispettivi processi di esondazione.

La presente Relazione di compatibilità idraulica persegue, attraverso le risultanze delle modellazioni idrologico-idrauliche, descritte ampiamente nella Relazione Idrologica e idraulica (codice elaborato : T00ID00IDRRE01A) a cui si rimanda per un approfondimento, i seguenti obiettivi principali:

- 1. Verifica della sicurezza idraulica della viabilità di progetto;**
- 2. Verifica dell'invarianza idraulica del territorio circostante l'area d'intervento;**
- 3. Verifica della compatibilità idraulica delle opere di attraversamento (ponti/tombini) e di trasparenza (fornici).**

Più nel dettaglio, il criterio di riferimento per il soddisfacimento del principio d'invarianza idraulica è quello indicato dall'Autorità di Distretto Alpi Orientali, ossia ottenere un incremento di tiranti per l'evento di piena centennale che, nella configurazione di progetto, risulti contenuto entro i cinque centimetri rispetto a quanto si verificherebbe in assenza della tangenziale.

Tale vincolo deve essere soddisfatto non solo entro l'alveo dei corsi d'acqua attraversati dall'opera di progetto, ma anche nelle aree golenali in corrispondenza del tracciato della tangenziale che, in caso di piena, risultano soggette ad allagamento. Vista quest'ultima esigenza, nonché considerato lo scenario di criticità idraulica diffusa in cui verte l'area in esame, si comprende facilmente la necessità di ricorrere alla modellazione bidimensionale, in quanto una semplice analisi 1D non coglierebbe in maniera adeguata i fenomeni di spagliamento della portata sulle aree golenali, né le interazioni che sussistono, durante una piena, tra le stesse e gli alvei dei corsi d'acqua.

Fin dalle prime analisi condotte è risultato evidente che la tangenziale di progetto, dovendo presentare un andamento in rilevato e a quota tale da non risultare tracimata in caso di piena, le sole luci dei ponti risultano insufficienti a garantire il rispetto del vincolo d'invarianza idraulica. Quindi per ottemperare a questo vincolo e alle richieste degli Enti competenti, è risultato necessario prevedere una serie di aperture attraverso il corpo del rilevato, al fine di creare continuità idraulica al flusso in golena durante gli eventi di piena.

La larghezza delle aperture e la loro distribuzione spaziale è stata definita in modo da garantire il principio d'invarianza idraulica per l'evento di piena con TR=100 anni. Inoltre, nell'ambito del presente studio, è stato modellato anche l'evento di piena duecentennale, che costituisce l'evento di riferimento ai fini progettuali, in relazione al quale è stato stabilito:

- l'intradosso dei ponti di progetto, posto almeno 1.50 m più in alto rispetto al tirante idrico generato dalla piena con TR=200 anni;
- l'intradosso dei fornic di progetto, posto almeno 0.75 m più in alto rispetto al tirante idrico generato dalla piena con TR=200 anni;
- la quota del rilevato stradale, posta più in alto di almeno 1.0 m rispetto al tirante idrico generato dalla piena con TR=200 anni.

Tutti questi parametri progettuali sono infatti fissati in modo da garantire un sufficiente franco di sicurezza nei confronti dell'evento bicentenario.

Nell'ambito dello studio idrologico-idraulico, descritto approfonditamente nella Relazione Idrologica-Idraulica poc'anzi citata, sono state condotte alcune ipotesi cautelative e conservative, concordate con gli Enti gestori, tra cui L'Autorità di Distretto Alpi Orientali, durante i successivi incontri del 11.04.2017 e del 19.06.2017 avvenuti nella sede di Venezia:

- per tutti i corsi d'acqua modellati sono stati assunti eventi di piena perfettamente in fase tra di loro, nonostante le dimensioni notevolmente differenti dei bacini idrografici suggeriscano una risposta degli stessi sfasata nel tempo;
- tutti i risultati ottenuti e mostrati negli elaborati grafici sono da considerarsi "inviluppi nel tempo", ossia in ogni punto del dominio di studio è stato illustrato il tirante maggiore ottenuto, indipendentemente dall'istante di simulazione in cui esso si è verificato;
- sono stati vagliati, sia per lo stato di fatto che di progetto, scenari differenti, al fine di considerare anche future modifiche alla configurazione attuale che potrebbero, ragionevolmente, verificarsi. Nello specifico è stato valutato:
 - o il verificarsi di una breccia negli argini esistenti sul F. Bacchiglione. Fenomeni di locale collasso dei rilevati arginali si sono verificati sul Torrente Timonchio, affluente del Bacchiglione, poco a monte dell'area di studio, anche nel recente passato (2010);
 - o il realizzarsi delle casse d'espansione di Viale Diaz a Vicenza, il cui progetto è stato presentato alla Regione Veneto, ma non ancora approvato nella sua fase esecutiva. Il suddetto bacino di laminazione si trova a valle della tangenziale di progetto, tuttavia prevede l'introduzione di arginature lungo il T. Orolo, il Fiume Bacchiglione e la Roggia Zubana, il cui tracciato (eccetto per il T. Orolo) si estende fino agli attraversamenti di progetto e quindi influenza notevolmente l'idrodinamica dell'area. Sono state anche considerate differenti estensioni degli argini rispetto a quanto proposto dal progetto, al fine di considerare eventuali ragionevoli modifiche allo stesso che dovessero insorgere in fase esecutiva e che potrebbero comportare un aggravio delle condizioni idrodinamiche nell'area di studio;

- non è stato modellato l'effetto della cassa d'espansione di Caldogno, in quanto al momento della redazione del presente studio, risulta ancora in fase di collaudo. Inoltre, il suddetto bacino di laminazione si trova a monte del tratto di studio e le sue arginature non interferiscono con l'area d'interesse. Visto che l'invaso è ancora in fase di collaudo, si è quindi deciso, cautelativamente, di trascurare l'effetto di laminazione che esso opera sulle portate idrologiche del F. Bacchiglione.

Infine, nello Studio sono state modellate idraulicamente tutte le possibili combinazioni tra gli scenari presentati, quindi, al fine di garantire il principio d'invarianza idraulica, per la definizione altimetrica del tracciato di progetto e per il dimensionamento dei manufatti idraulici, si è proceduto ad effettuare un "involuppo spaziale", ossia a definire, in ogni punto del dominio, il tirante/livello maggiore, indipendentemente dallo scenario in cui esso è stato ottenuto. Questo approccio, come richiesto dagli Enti territorialmente competenti, ha portato alla definizione di uno scenario progettuale non realmente verificabile nell'area (puramente teorico), ma certamente il più cautelativo possibile per un corretto dimensionamento idraulico dell'intera tangenziale di progetto.

I risultati ottenuti dalla modellazione, commentati positivamente dall'ADI Alpi Orientali durante l'ultimo incontro del 02.08.2019 presso la sede di Trento, hanno consentito di definire i franchi idraulici, la posizione e l'ampiezza delle luci delle opere di attraversamento (ponti) e di trasparenza (fornici) nel rispetto dei vincoli imposti dagli Enti gestori e della normativa vigente. A partire da questo dimensionamento, i cui risultati sono commentati nel Capitolo 3, sono state condotte ulteriori considerazioni, anch'esse chiarite con l'ADI, non di carattere strettamente idraulico, ma legate anche ad esigenze di tipo sociale, ambientale e paesaggistico, che hanno portato ad incrementare i franchi e le luci definite con il dimensionamento idraulico, giungendo quindi alla soluzione di progetto finale, che si pone come soluzione di maggiore cautela, come descritto nei Capitoli 4 e 5.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA E DELLE CRITICITÀ IDRAULICHE

L'area interessata dall'intervento di progetto è compresa interamente entro il bacino idrografico dei fiumi Brenta-Bacchiglione, nella sua parte centrale, come evidenziato nell'immagine seguente. Più nello specifico, il tracciato stradale di progetto, della lunghezza di circa 1,60 Km, ricade nei territori comunali di Vicenza e Caldogno, ad una quota media di 39.50 m slm, all'interno di un territorio fortemente condizionato dalla presenza di un fitto reticolo idrografico che presenta fenomeni di esondazione per TR molto contenuti.



FIGURA 2-1: POSIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO ALL'INTERNO DEL BACINO IDROGRAFICO DEI FIUMI BRENTA-BACCHIGLIONE

L'ultimo grave evento alluvionale che ha interessato l'area di studio risale al novembre 2010, in cui la situazione idraulica provocata degli eventi meteorici è stata ulteriormente aggravata dal verificarsi di una breccia di circa 20m nel rilevato arginale in sponda sinistra del torrente Timonchio, affluente del Fiume Bacchiglione, appena a monte del tratto interessato dal progetto.



FIGURA 2-2: LA ROTTA DEL FIUME TIMONCHIO-BACCHIGLIONE A CALDOGNO DURANTE L'EVENTO ALLUVIONALE DEL 2010

L'elenco dei corsi d'acqua interagenti con l'opera stradale di progetto sono di seguito riportati, specificando l'ente territorialmente competente ed il tipo di attraversamento previsto nel presente Progetto Definitivo.

NOME CORSO D'ACQUA	ENTE TERRITORIALMENTE COMPETENTE	ATTRAVERSAMENTO PD
Torrente Orolo	Genio Civile di Vicenza / ADI Alpi Orientali	Ponte ad una campata, L=44 m
Roggia della Lobia	Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta	Tombino scatolare 2.0m*1.50m
Roggia Zubana	Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta	Ponte ad una campata, L=44 m
Canale di Derivazione	Aziende Industriali Municipali Vicenza Spa - AIM Servizi a Rete	Non interferito direttamente
Roggia Feriana	Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta	Non interferito direttamente
Roggia Menagatta	Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta	Non interferito direttamente
Fiume Bacchiglione	Genio Civile di Vicenza / ADI Alpi Orientali	Ponte ad due campata, L=54+40 m

TABELLA 2-1 - RETICOLO IDROGRAFICO INTERAGENTE CON L'OPERA STRADALE DI PROGETTO

Nella zona interessata dall'intervento di progetto, come già riportato in premessa, il Fiume Bacchiglione e la Roggia Zubana risultano collegati tra loro da un canale, detto Canale di Derivazione, che si presenta sub-parallelo al tracciato stradale a nord dello stesso e che alimenta una centrale idroelettrica più a valle sulla roggia Zubana (vedi Figura 1-2). In caso di piena del F.Bacchiglione, lo stesso tracima nel Canale di

Derivazione che, oltre ad esondare, genera a sua volta un effetto di rigurgito nelle rogge ad esso collegate, in particolare la Roggia Feriana e la stessa Zubana, che a loro volta esondano.

La seguente immagine, estratta dall'elaborato di progetto T00ID00IDRCT02A "Carta del reticolo idrografico e delle aree storicamente allagate" riporta il tracciato di progetto, più scuro rispetto a quello, sempre di progetto, ma esterno all'ambito d'intervento, unitamente al reticolo idrografico suddiviso per competenza gestionale, le aree storicamente allagate (anno 1966 e 2010), di cui è stato possibile reperire informazioni bibliografiche e l'ubicazione delle sezioni idrauliche e dei manufatti esistenti di cui si dispone del rilievo celerimetrico, necessario per le modellazioni idrauliche condotte nello Studio Idrologico e Idraulico.

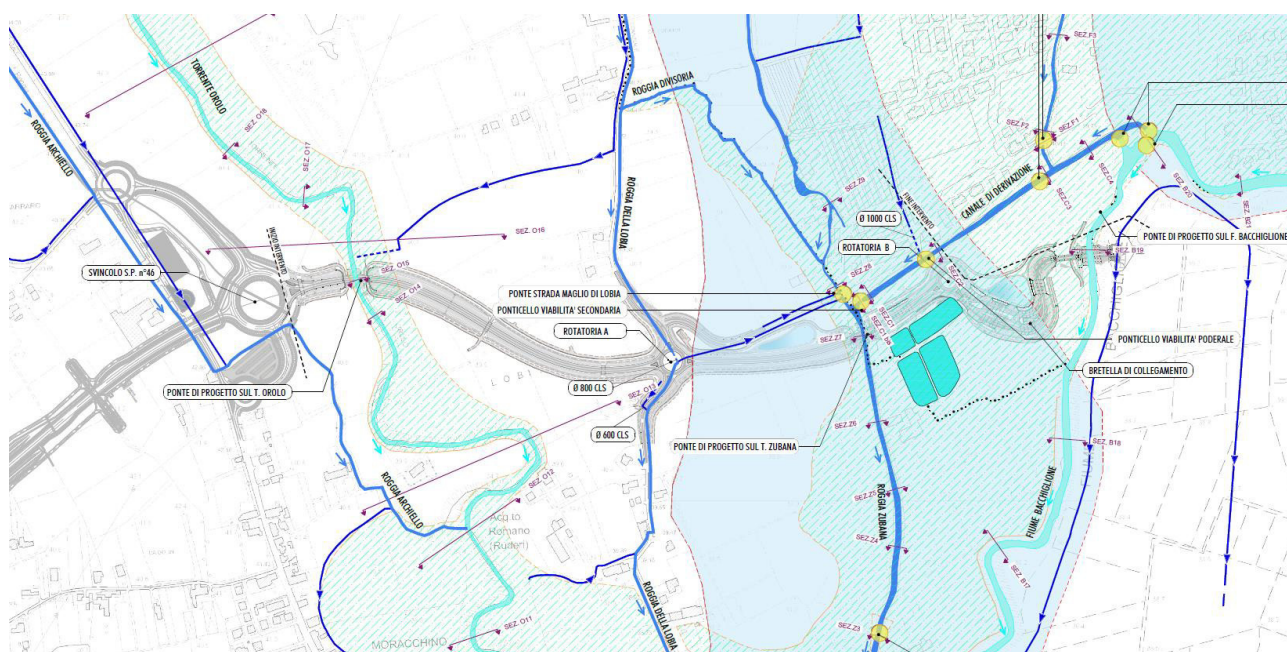
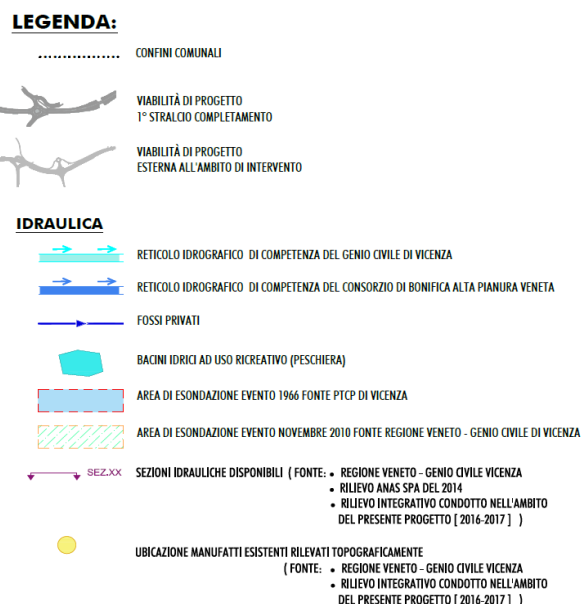
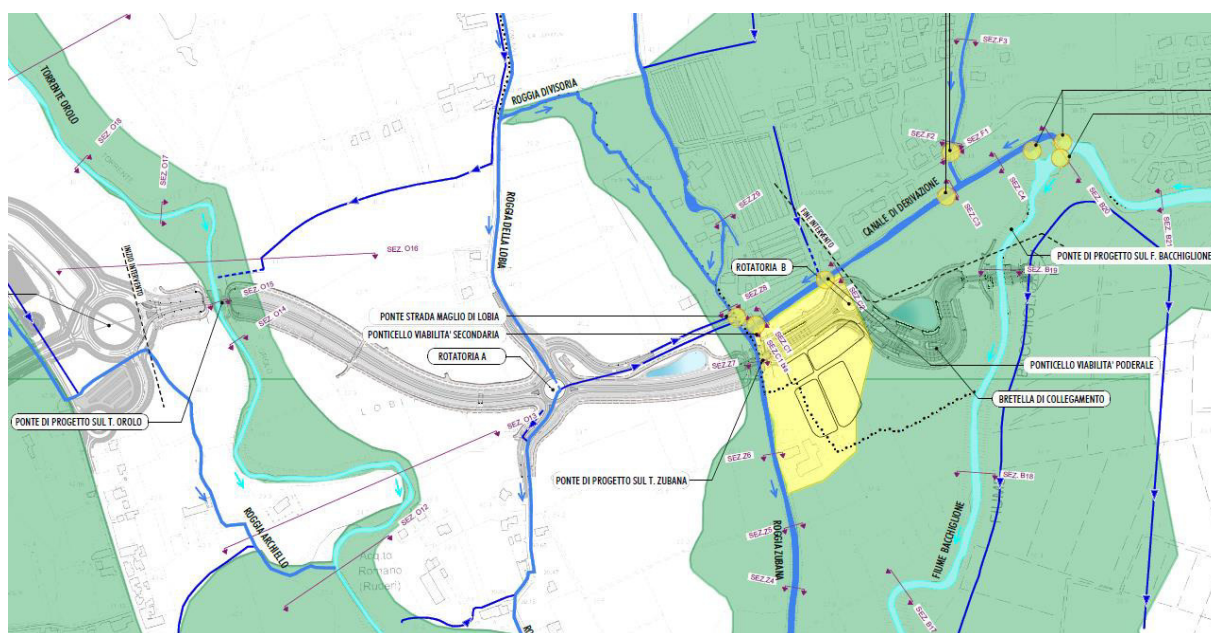
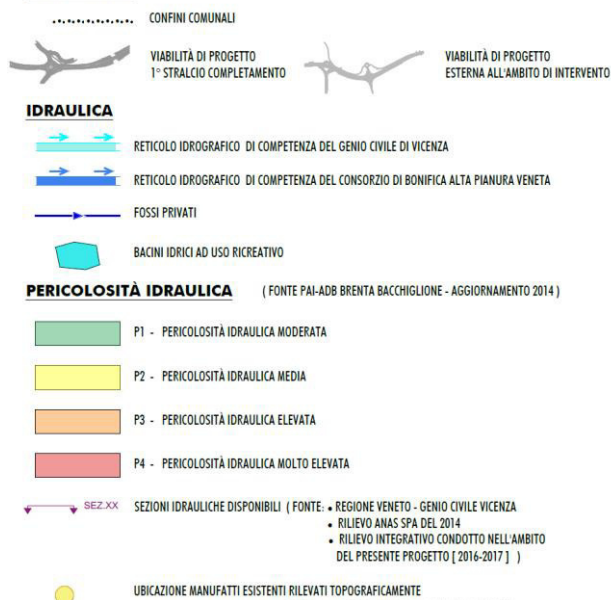


FIGURA 2-3: INQUADRAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO E DELLE AREE STORICAMENTE ALLAGATE IN CORRISPONDENZA DEL TRACCIATO DELLA TANGENZIALE DI PROGETTO (COD. ELABORATO T00ID00IDRCT02A)

La seguente immagine, estratta dall'elaborato di progetto T00ID00IDRCT03A "Carta della pericolosità idraulica (fonte PAI-ADB Brenta Bacchiglione - aggiornamento 2014)" riporta le stesse informazioni di quella precedente, ma al posto delle aree storicamente allagate, è stata riportata la perimetrazione delle aree a diversa pericolosità idraulica, definite in funzione del potenziale battente idrico che si può generare in una certa area per l'esondazione del reticolo idrografico. È evidente costatare che il territorio attraversato dalla tangenziale è per una buona parte interessato da una pericolosità moderata (P1), che in corrispondenza delle aree più depresse, ove si verificano esondazioni, aumenta a media (P2) con battenti idrici anche di 1.0m.

LEGENDA:



**FIGURA 2-4: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (FONTE PAI-ADB BRENTA BACCHIGLIONE - AGGIORNAMENTO 2014)
(COD. ELABORATO T00ID00IDRCT03A)**

La Carta delle aree allagabili del PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvione – revisione 20/11/2015) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, relativamente alle altezze idriche potenzialmente generate dall'esondazione del reticolo idrografico, emerge che una buona parte del territorio attraversato dall'opera in progetto risulta potenzialmente soggetto a fenomeni di allagamento, con battenti idrici per eventi con TR=100 anni anche di circa 1.50m, quindi superiori rispetto a quelli evidenziati dalla precedente Carta del PAI.

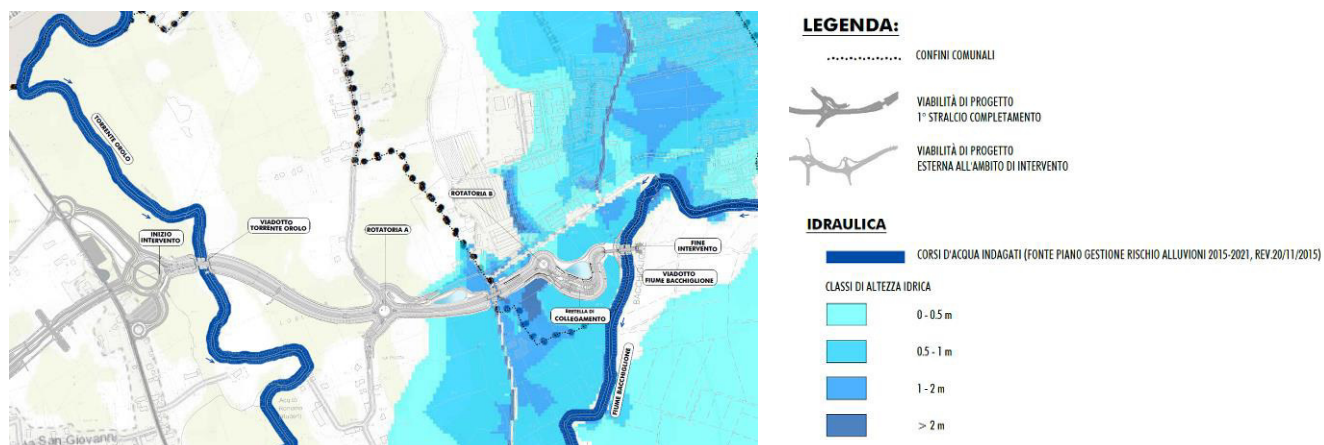


FIGURA 2-5 - PLANIMETRIA AREE ALLAGABILI - ALTEZZE IDRICHE - SCENARIO DI MEDIA PROBABILITA' (TR=100 ANNI) NELL'INTORNO DELL'AREA D'INTERVENTO (FONTE PGRA REV. 20/11/2015) (COD. ELABORATO T00ID00IDRCT04A)

A fronte di queste evidenti problematiche idrauliche ed in particolare a seguito degli eventi alluvionali del Novembre 2010, il Presidente del Consiglio dei Ministri, con Ordinanza commissariale n.11 del 30.12.2010 ha istituito il Comitato tecnico scientifico, incaricato della redazione del “*Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico*”. Tale Piano prevede, per la salvaguardia della città di Vicenza e del territorio di monte e di valle, una serie di interventi, che interessano il T. Orolo, il F. Bacchiglione ed il suo principale affluente: il Torrente Timonchio e che sono rappresentati principalmente da casse d'espansione ed arginature lungo le aste fluviali, come illustrato in premessa (vedi Figura 1-3).

Nell'ambito degli studi a corredo del presente progetto è stato indagato attentamente il territorio in oggetto, mediante una precisa modellazione idrologica-idraulica capace di informare correttamente le scelte progettuali volte a perseguire la sicurezza idraulica della viabilità di progetto, l'invarianza idraulica del territorio circostante l'area d'intervento e la compatibilità idraulica delle opere di attraversamento (ponti/tombini) e di trasparenza idraulica (fornici). Di seguito è riportata la Planimetria delle aree di esondazione del fiume Bacchiglione, del torrente Orolo e delle rogge, ottenuta come involucro delle altezze idriche più gravose per TR=100 anni nello stato di fatto (cod. elaborato T00ID00IDRPL01), la quale conferma la criticità del territorio attraversato dalla viabilità di progetto, individuata con un asse arancione.

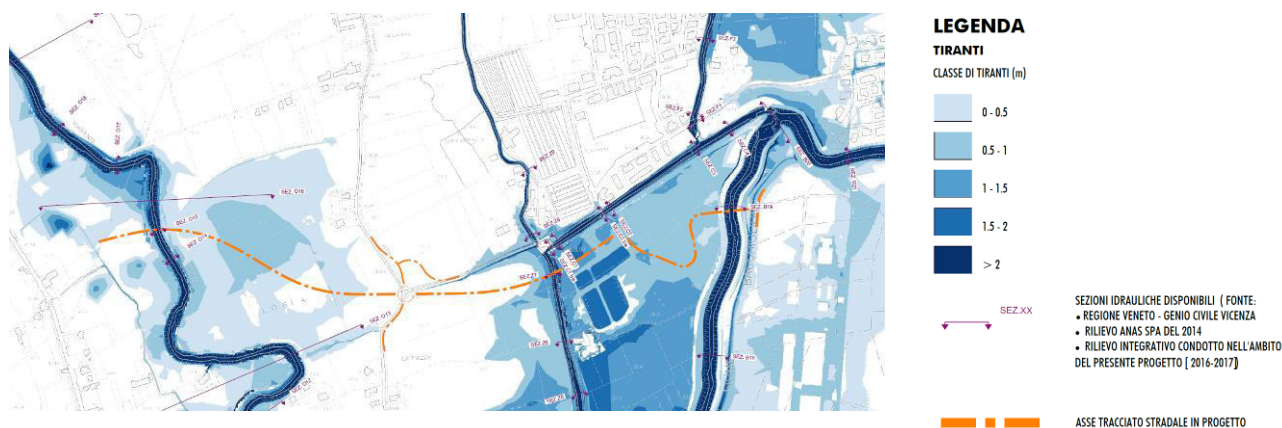


FIGURA 2-6 - PLANIMETRIA DELLE AREE DI ESONDAZIONE DEL FIUME BACCHIGLIONE, DEL TORRENTE OROLO E DELLE ROGGE. INVILUPPO DELLE ALTEZZE IDRICHE PIÙ GRAVOSE PER TR=100 ANNI NELLO STATO DI FATTO (COD. ELABORATO T00ID00IDRPL01)

3. RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE

Il presente capitolo riporta i risultati ottenuti dalle modellazioni condotte sullo scenario di progetto e sui corrispondenti stati di fatto, rispetto a tutte le configurazioni indicate in premessa, e ampiamente descritte nella Relazione Idrologica e idraulica (codice elaborato T00ID00IDRRE01A) a cui si rimanda per un approfondimento. I risultati di seguito riportati sono riferiti sia all'evento centennale attraverso il quale è stata dimostrata l'invarianza idraulica del territorio attraversato, in accordo con la normativa vigente e gli Enti territorialmente competenti, che all'evento duecentennale attraverso il quale sono state dimensionate le opere di attraversamento/trasparenza (ponti e fornici) e verificata la sicurezza idraulica dell'intero asse stradale.

3.1. RISULTATI PER TR=100 ANNI AL FINE DI DIMOSTRARE L'INVARIANZA IDRAULICA DEL TERRITORIO TRA STATO DI FATTO E DI PROGETTO

Per gli eventi con Tempo di ritorno pari a 100 anni, i risultati finali della modellazione sono di seguito presentati sia in termini di **involuppo dei massimi tiranti** ottenuti durante la simulazione in ogni punto del dominio (indipendentemente dall'istante temporale di simulazione in cui tale valore si è verificato), sia in termini relativi, ossia di **differenze di tiranti tra stato di progetto e corrispondente stato di fatto**; quest'ultimo in accordo con le direttive fornite dall'Autorità di Distretto, che pongono l'obiettivo dell'invarianza idraulica del territorio, intesa come differenze di tiranti tra stato di progetto e di fatto inferiori ai 5.0 cm.

In termini d'invarianza idraulica (differenze di tiranti tra stato di progetto e stato di fatto): gli scenari più sfavorevoli sono quelli in assenza di arginature della cassa di espansione di Viale Diaz, in particolare quello in presenza di rotta arginale. In queste configurazioni, la modellazione ha evidenziato alcune aree, seppur di modesta estensione, ubicate tra la R. Zubana ed il F. Bacchiglione in corrispondenza della concavità del tracciato di progetto della tangenziale in cui le differenze di tiranti sono perlopiù comprese tra 5 e 10cm. È da segnalare tuttavia che l'area interessata da questo effetto è molto limitata e lontana da qualsiasi abitazione, inoltre tale area sarà ricompresa all'interno del limite d'intervento in quanto destinata ad accogliere un bacino di laminazione delle acque meteoriche di piattaforma stradale, a valle del loro trattamento. Sulla base di tali considerazioni, vista anche la particolare criticità di tale nodo idraulico, nelle vicinanze del quale convergono ben quattro corsi d'acqua, si ritiene che il risultato ottenuto, con la presenza dei fornici inseriti, non costituisca un sensibile aggravio dello scenario di pericolosità rispetto all'attuale. Negli scenari in cui sono stati modellati gli argini previsti dal progetto dei bacini di laminazione, sia senza che con rotta arginale, la differenza tra stato di progetto e di fatto ha evidenziato la piena invarianza idraulica, risultando sempre < a 5.0 cm.

La rappresentazione grafica dei risultati dell'involuppo delle altezze idriche più gravose per TR=100 anni sia nello stato di fatto che in quello di progetto, oltre alla relativa differenza tra i due scenari è riportata nelle figure seguenti estratte dagli elaborati grafici di progetto T00ID00IDRPL01A "Involuppo delle altezze idriche

più gravose per $TR=100$ anni nello stato di fatto” e T00ID00IDRPL02A “Inviluppo delle altezze idriche più gravose per $TR=100$ anni nello stato di progetto e confronto tra configurazione ante e post operam”.

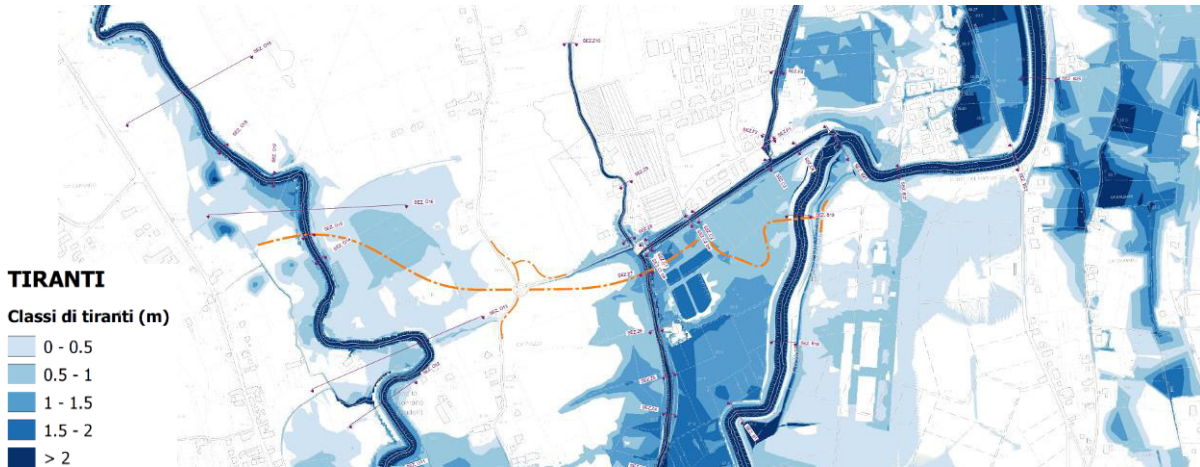


FIGURA 3-1: INVILUPPO DELLE ALTEZZE IDRICHE PIÙ GRAVOSE PER $TR=100$ ANNI NELLO STATO DI FATTO (COD. ELAB. T00ID00IDRPL01A)

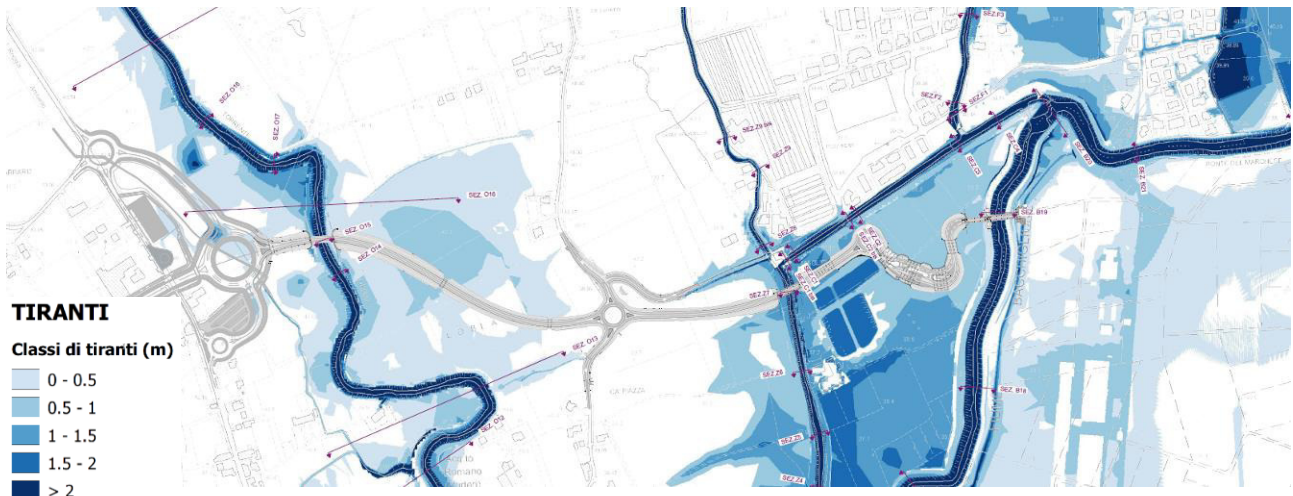


FIGURA 3-2: INVILUPPO DELLE ALTEZZE IDRICHE PIÙ GRAVOSE PER $TR=100$ ANNI NELLO STATO DI PROGETTO (COD. ELAB. T00ID00IDRPL02A)

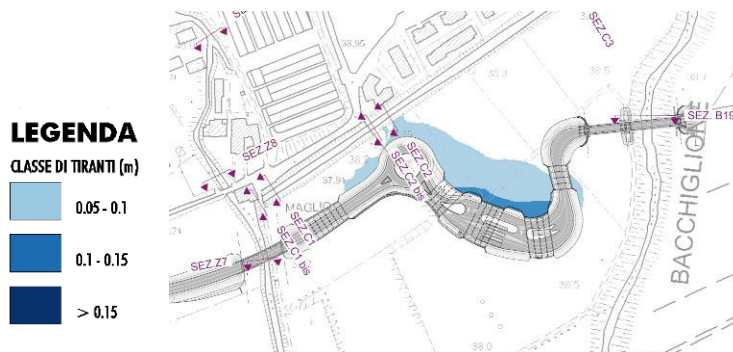


FIGURA 3-3: CONFRONTO TRA L'INVILUPPO DELLE ALTEZZE IDRICHE PIÙ GRAVOSE PER $TR=100$ ANNI TRA STATO DI PROGETTO E STATO DI FATTO (COD. ELAB. T00ID00IDRPL02A)

3.2. RISULTATI PER TR=200 ANNI AL FINE DI DIMOSTRARE LA COMPATIBILITA' IDRAULICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI E LA SICUREZZA STRADALE

L'obiettivo delle simulazioni condotte per gli eventi bicentennali è il dimensionamento delle quote degli intradossi dei ponti di progetto, delle altezze delle aperture (fornici) sul corpo del rilevato, nonché la definizione altimetrica del tracciato stradale. Tutti questi parametri devono essere fissati in modo da garantire un adeguato franco di sicurezza nei confronti dei massimi livelli di piena ottenibili per TR=200 anni.

Si è pertanto proceduto a ripetere tutte le simulazioni condotte per TR=100 anni, anche per i 200 anni, al fine di determinare i massimi tiranti ottenuti in corrispondenza dei ponti e dei fornici di progetto. Tutti i risultati illustrati nel prosieguo fanno direttamente riferimento all'“involuppo” della condizione più sfavorevole tra tutte le configurazioni dello stato di progetto testate in corrispondenza dei vari punti di interesse.

3.2.1. Risultati in corrispondenza dei ponti di progetto

La seguente tabella riporta i massimi livelli idrometrici ottenuti in alveo per le configurazioni dello stato di progetto testate; i valori riportati si riferiscono a sezioni immediatamente a monte degli attraversamenti.

Attraversamento	Livello TR=200anni (m s.l.m)
Torrente Orolo	40.65
Roggia Zubana	39.41
Fiume Bacchiglione	39.65

TABELLA 3-1 - LIVELLI IDROMETRICI IN ALVEO PER LA CONFIGURAZIONE PIÙ GRAVOSA DELLO STATO DI PROGETTO, TR=200ANNI.

Nelle figure successive sono illustrate le sezioni in corrispondenza degli attraversamenti di progetto con i livelli ottenuti, sia in alveo, sia nelle golene in prossimità delle spalle dei manufatti. Si ribadisce ancora una volta come i risultati qui riportati siano relativi alla configurazione “involuppo” di tutti gli scenari modellati, che non rappresenta uno scenario reale (generalmente infatti lo scenario che massimizza i tiranti in alveo non è il più gravoso per le golene e viceversa).

Alle sezioni è stata sovrapposta una rappresentazione schematica degli attraversamenti nella configurazione utilizzata per la modellazione idraulica (configurazione modellata). La luce dei manufatti è stata assunta al fine di garantire un'adeguata officiosità idraulica, minimizzando l'effetto di rigurgito a monte rispetto allo scenario di stato di fatto. La quota dell'intradosso deriva invece da considerazioni idrauliche, dovendo essere garantito un franco di sicurezza di almeno 1.5m rispetto al massimo livello per la piena bicentennale

restituito dalla modellazione e riportato nella tabella seguente. Dalle assunzione condotte, la tabella seguente riporta i valori minimi delle luci e delle quote d'intradosso per il rispetto dei vincoli idraulici, ponendoli a confronto con le rispettive dimensioni previste nella configurazione finale del progetto, queste ultime condizionate anche da ragioni sociali, ambientali e paesaggistiche che hanno determinato un incremento di questi valori.

Ponte	Luce netta al deflusso della piena TR=200 anni considerata nella modellazione idraulica, in metri (Configurazione modellata)	Luce netta al deflusso della piena TR=200 anni prevista in progetto, espressa in metri (Configurazione finale di progetto)	Quota minima dell'intradosso con franco di 1.50m rispetto alla piena con TR=200 anni. (m slm)	Quota dell'intradosso del ponte nella configurazione di progetto finale. (m slm)
Ponte Torrente Orolo	40	40.75	42.30	43.50
Ponte Roggia Zubana	40	41.00	41.00	41.70
Ponte Fiume Bacchiglione	60	47.60+34.40=82.30	41.20	41.80

TABELLA 3-2 – LUCE E QUOTA INTRADOSSO PONTI: CONFRONTO TRA VALORI OTTENUTI CON MODELLAZIONE IDRAULICA E VALORI ASSUNTI IN PROGETTO

Alle sezioni idrauliche in corrispondenza degli attraversamenti, seguono i profili di rigurgito ottenuti dalla modellazione sulle tre aste principali nello scenario più gravoso.

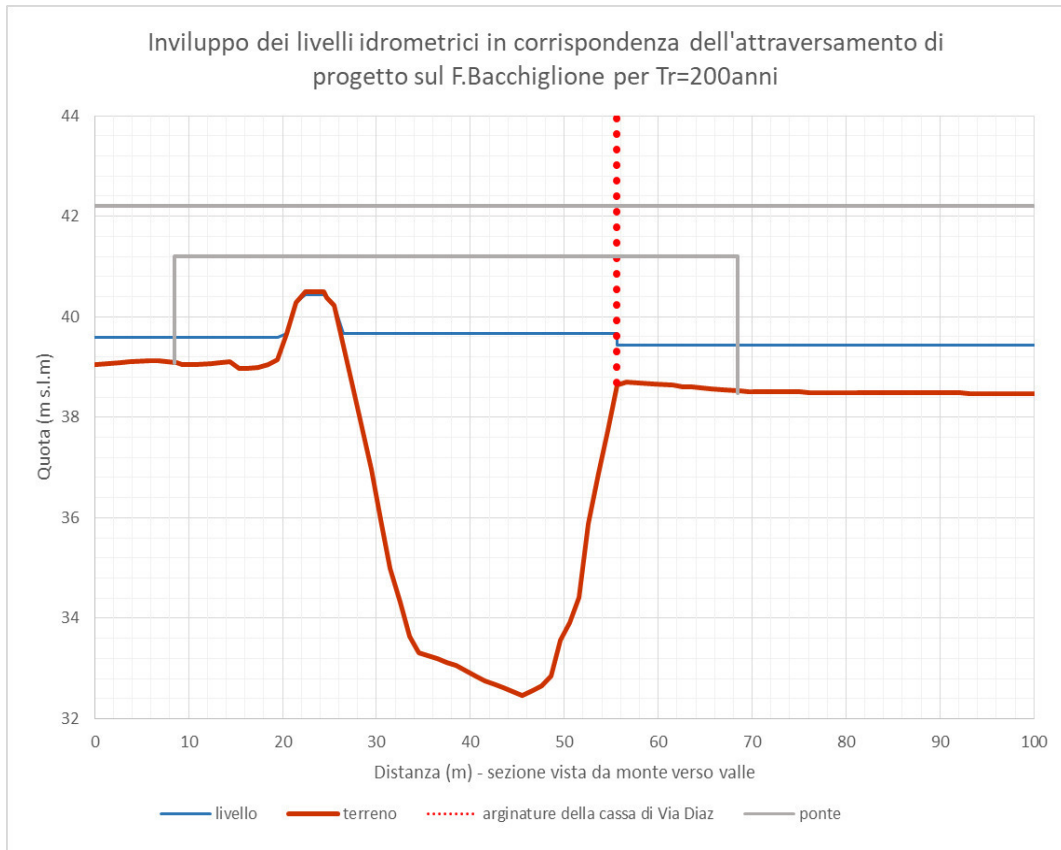


FIGURA 3-4: LIVELLI IDROMETRICI IN CORRISPONDENZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DI PROGETTO SUL F.BACCHIGLIONE, OTTENUTI PER L'INVILUPPO DEI RISULTATI AVENTI TR=200ANNI

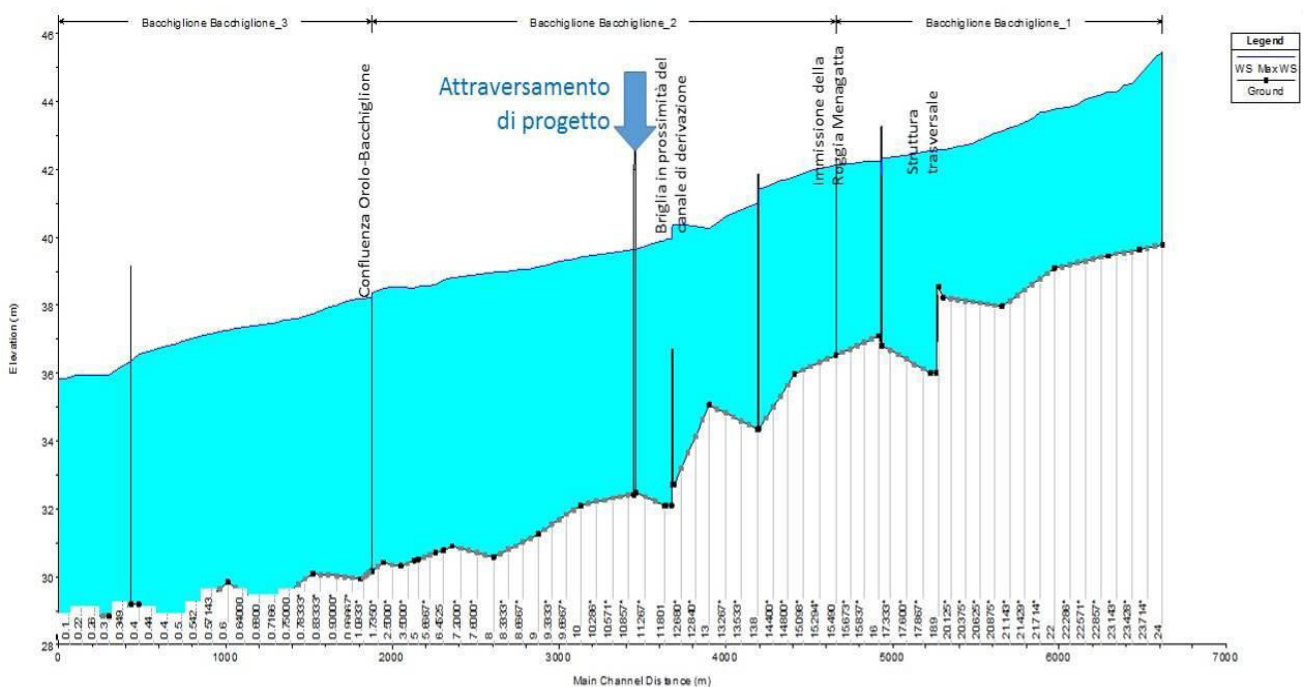


FIGURA 3-5: PROFILI DI RIGURITO SUL F. BACCHIGLIONE OTTENUTI PER TR=200ANNI.

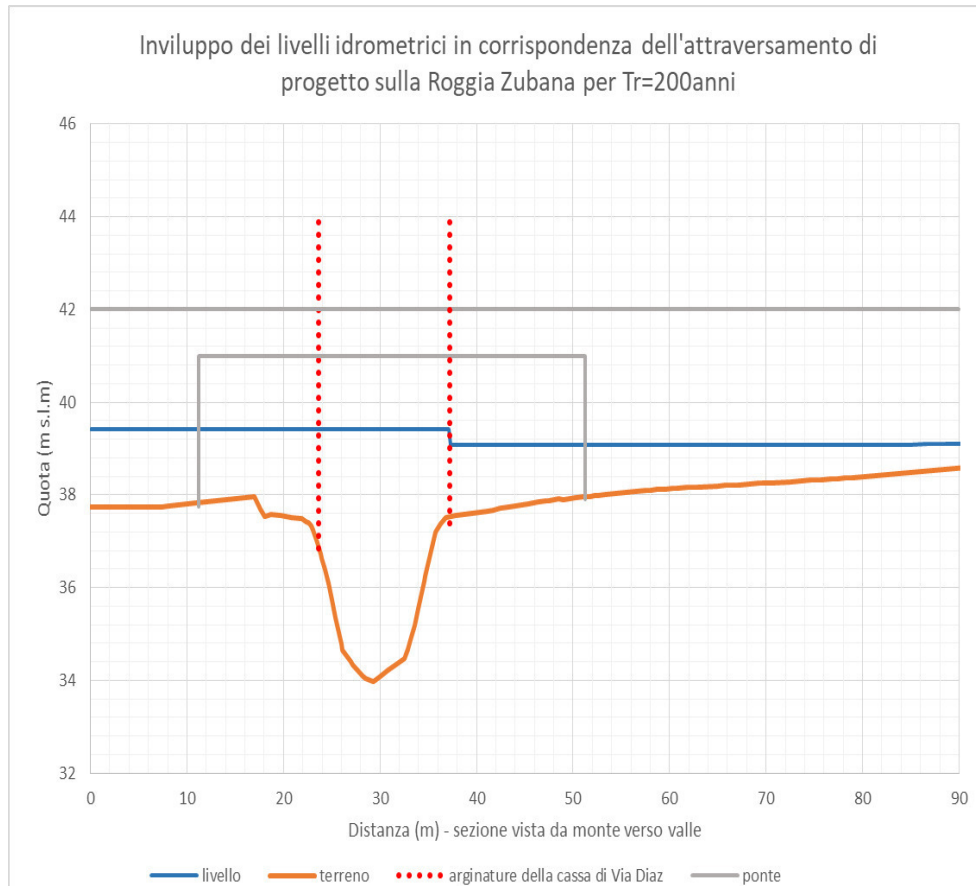


FIGURA 3-6: LIVELLI IDROMETRICI IN CORRISPONDENZA DELL'ATTRAVERSAZIONE DI PROGETTO SULLA ROGGIA ZUBANA OTTENUTI PER L'INVILUPPO DEI RISULTATI AVENTI $Tr=200$ ANNI

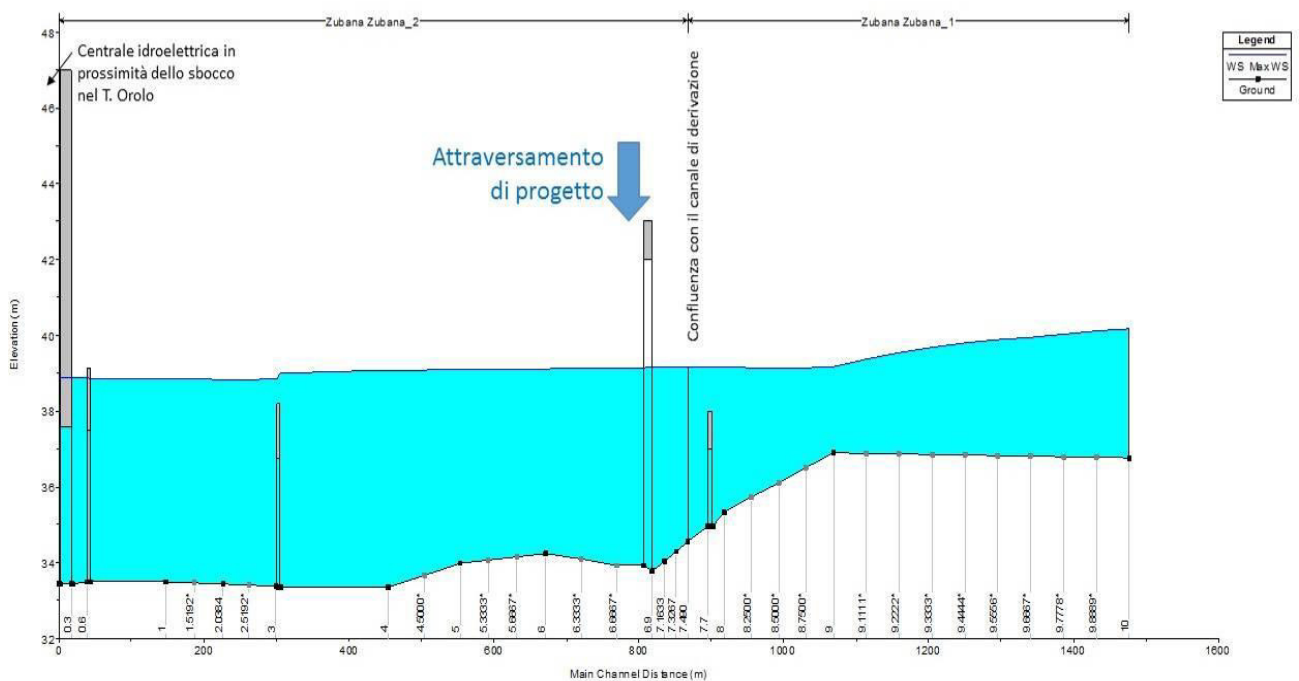


FIGURA 3-7: PROFILI DI RIGURGITO SULLA ROGGIA ZUBANA, OTTENUTI PER $Tr=200$ ANNI.

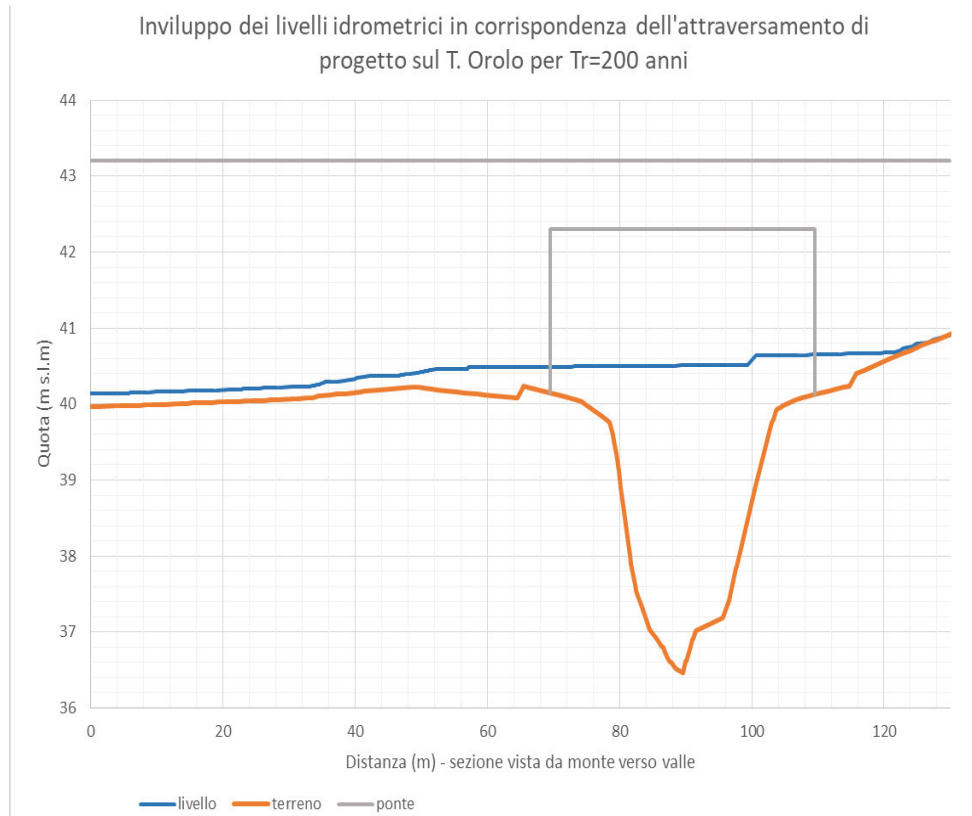


FIGURA 3-8: LIVELLI IDROMETRICI IN CORRISPONDENZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DI PROGETTO SUL TORRENTE OROLO OTTENUTI PER L'INVILUPPO DEI RISULTATI AVENTI TR=200ANNI

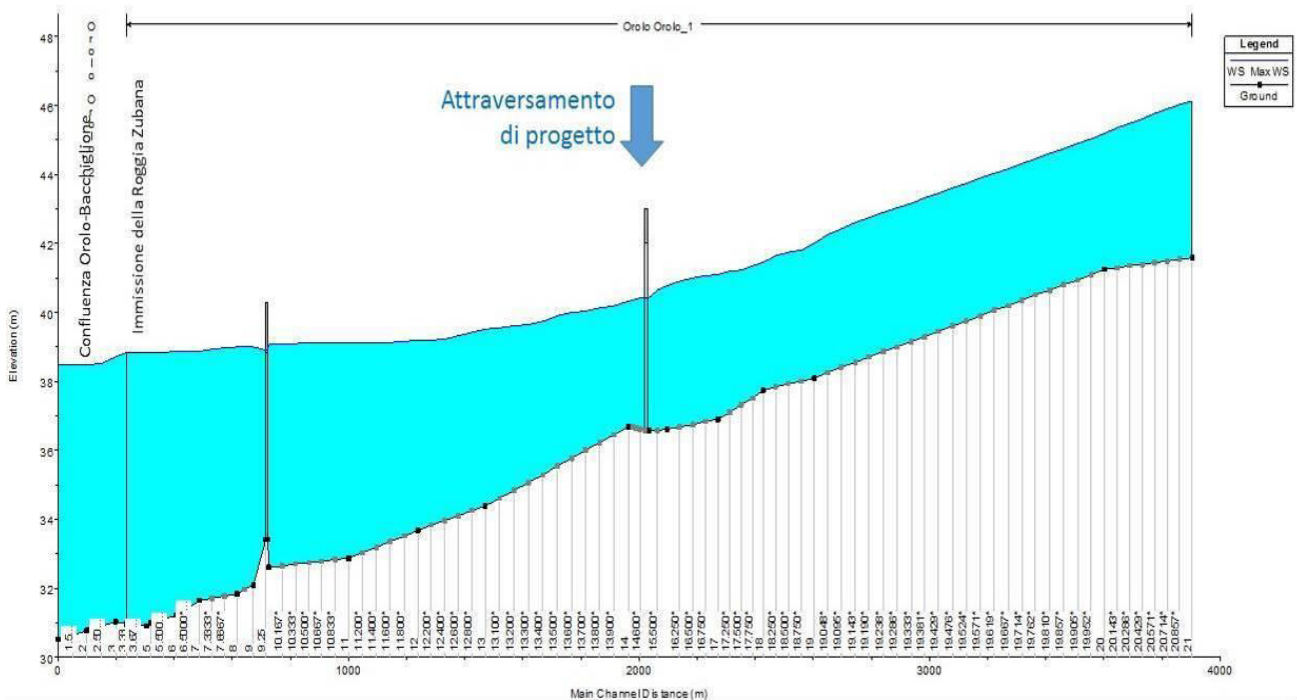


FIGURA 3-9: PROFILI DI RIGURITO SUL TORRENTE OROLO OTTENUTI PER TR=200ANNI

3.2.2. Risultati in corrispondenza dei fornici di progetto

Nel presente paragrafo sono riportati i livelli (ottenuti dall'involuppo di tutti gli scenari aventi TR=200anni) in corrispondenza dei fornici ipotizzati nella modellazione idraulica e divisi per aree di esondazione in corrispondenza del tracciato della tangenziale di progetto, secondo lo schema riportato nella figura seguente.

Sulla base di tali livelli sono state dimensionate le altezze delle aperture ipotizzate nel corpo del rilevato; la larghezza è invece derivata dalle considerazioni sull'invarianza idraulica nei confronti degli eventi centennali.

L'altezza dei fornici, che hanno funzione di trasparenza idraulica, deve essere tale da garantire il funzionamento a gravità degli stessi e il soddisfacimento di entrambe le seguenti condizioni:

- franco di sicurezza nei confronti dei livelli di piena bicentennali non inferiore a 0.75 m;
- grado di riempimento delle aperture per l'evento bicentennale non superiore a 70%

Si precisa che, oltre ai fornici ipotizzati nella modellazione idraulica, è stata data continuità alla Roggia della Lobia mediante tombino scatolare con luce di 2.0 m.



FIGURA 3-10 - SCHEMA DELLA CONFIGURAZIONE DEI FORNICI IPOTIZZATA ,SOVRAPPOSTA ALL'ESTENSIONE DELLE AREE DI ESONDAZIONE OTTENUTE DALL'INVILUPPO DEGLI SCENARI A TR=200ANNI.

La figura successiva mostra l'andamento dei livelli ottenuti dalla modellazione nelle aree golenali in sponda destra del Torrente Orolo, nella parte iniziale dell'intervento di progetto, dove si colloca il fornice n°1. Come chiaramente visibile dal grafico, il fornice, di larghezza 4m, è collocato in corrispondenza di un piccolo canale irriguo ed ha proprio la funzione di continuità allo stesso. In corrispondenza dell'apertura il tirante stimato è di circa 0.64 m, con una quota del livello idrico per TR=200 anni di 41.01 m slm; quindi l'altezza minima del fornice, con franco di 75 cm è di 1.40m.

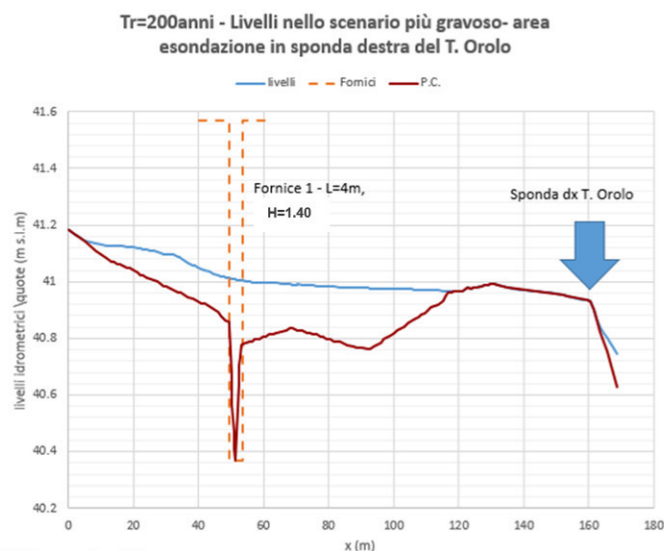


FIGURA 3-11: LIVELLI TR=200 ANNI IN CORRISPONDENZA DEI FORNICI IPOTIZZATI IN SPONDA DESTRA DEL T. OROLO

Si riporta, nella figura successiva, l'andamento dei tiranti e dei livelli sovrapposto al profilo delle aperture ipotizzate nel tratto in sponda sinistra del T. Orolo. Le due aperture di progetto sono state collocate in corrispondenza di depressioni del piano campagna in cui l'acqua tende ad accumularsi, e conseguentemente, visto l'andamento quasi orizzontale dei livelli, corrispondono anche ai punti in cui la modellazione ha restituito i tiranti maggiori. Il livello idrometrico in golena è praticamente orizzontale e si attesta mediamente sui 40.12 m s.l.m, eccettuato in prossimità del corso d'acqua dove il profilo cresce per raccordarsi ai livelli maggiori in alveo, che alimentano direttamente i fenomeni esondativi in golena. Per quanto riguarda i tiranti in corrispondenza delle aperture, come già detto poste in corrispondenza dei massimi locali dei tiranti stessi, sono pari a 1.15 m per l'apertura più occidentale e 0.65 m per quella più orientale, conseguentemente l'altezza minima dei fornici con franco di 0.75m è rispettivamente pari a 1.90m e 1.40m.

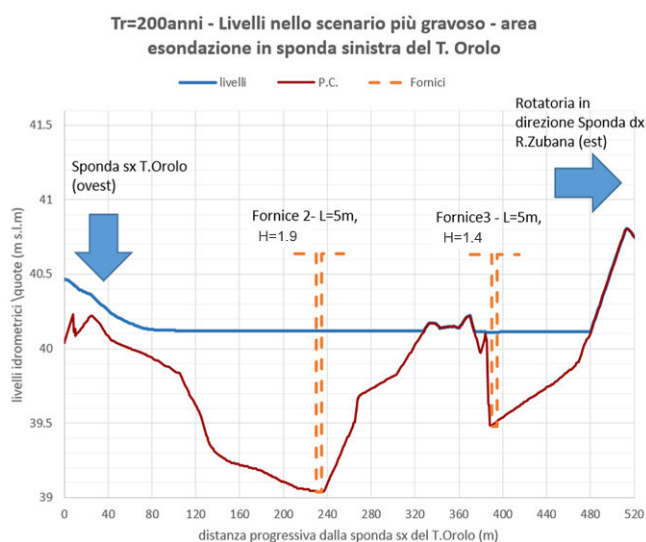


FIGURA 3-12: LIVELLI PER TR=200 ANNI IN CORRISPONDENZA DEI FORNICI IPOTIZZATI IN SPONDA SINISTRA DEL T. OROLO

Si ribadisce ancora una volta che, visto l'andamento del piano campagna, che presenta tali depressioni, si ritiene che la collocazione ideale dei fornici per il drenaggio delle acque sia proprio quella presentata, ossia con i fornici in corrispondenza dei punti più depressi.

Nel tratto tra la sponda sinistra della roggia Zubana e la destra del F. Bacchiglione, l'involuppo dei livelli coincide con lo scenario in presenza delle casse d'espansione di Via Diaz ed in presenza di rotta arginale.

Come si è avuto modo di discutere analizzando i risultati ottenuti per $Tr=100$ anni, la configurazione degli argini modellata è tale da generare un livello pressoché orizzontale nell'area, che si assesta a quota 39.42 m s.l.m. Visto il livello orizzontale e l'andamento del piano campagna digradante da est verso ovest, i fornici più vicino alla Roggia Zubana sono quelli in cui si instaurano i tiranti maggiori. I tiranti ottenuti in corrispondenza dei fornici variano da poco più di 1.0 m (fornice 7, il più vicino al F. Bacchiglione) a 1.65 m per il fornice 4, che è posto in corrispondenza di un punto depresso nelle vicinanze di un edificio residenziale interferito dalla viabilità di progetto, soggetto ad esproprio. Conseguentemente l'altezza minima da assegnare al fornice, considerando un franco di 0.75 m è pari a 2.40m per il n.4, 2.15 m per il n. 5, 2.05 m per il n. 6 e 1.80m per il n. 7.

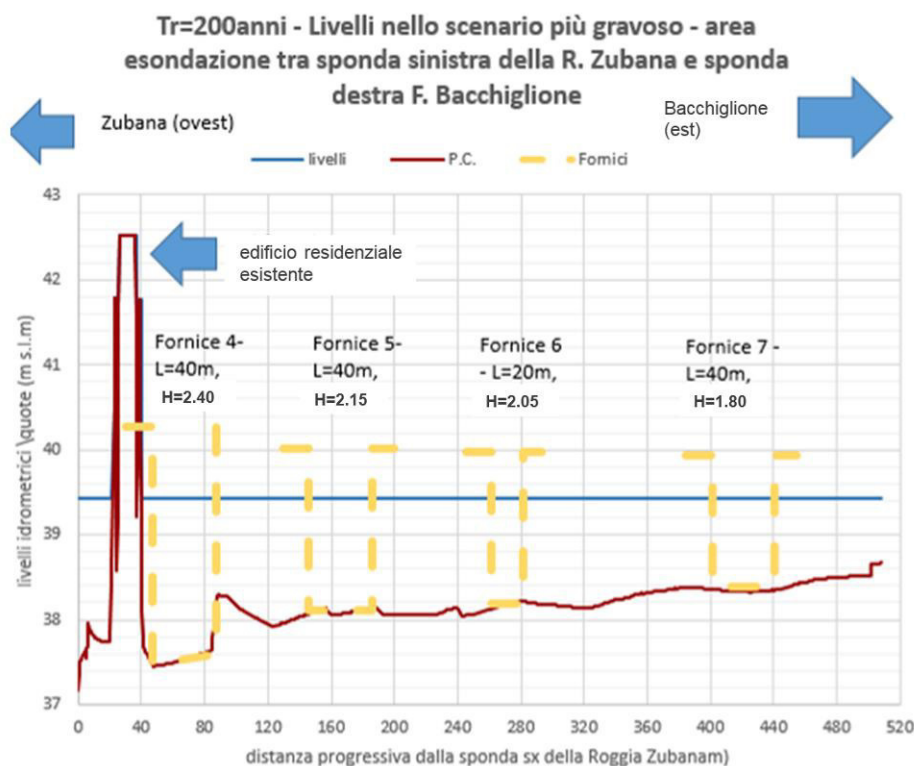


FIGURA 3-13: LIVELLI PER $Tr=200$ ANNI IN CORRISPONDENZA DEI FORNICI IPOTIZZATI TRA IL F. BACCHIGLIONE E LA R. ZUBANA (VISTA DA VALLE VERSO MONTE)

Si ricorda ancora una volta che non risulta strettamente necessario realizzare un'unica apertura da 40m per ogni fornice, ma che quella presentata indica l'ampiezza totale, che può essere ottenuta, in funzione delle esigenze progettuali, anche con aperture di ampiezze minori affiancate.

La tabella successiva riporta un riassunto delle dimensioni dei forni di trasparenza derivanti dal calcolo idraulico, affiancando a queste dimensioni quelle effettivamente previste in progetto che risultano maggiorate per le ragioni citate precedentemente, comunque riprese ed approfondite nel Capitolo 5.

La seguente nomenclatura serve per comprendere i contenuti della tabella successiva.

- L è la larghezza dell'apertura in metri, derivante dalle verifiche condotte al fine di garantire il principio d'invarianza idraulica;
- L_{FINALE} è la larghezza di progetto finale dell'apertura, espressa in metri, definita aumentando il valore ottenuto con le verifiche idrauliche, al fine di perseguire anche altre finalità progettuali, tra cui quelle sociali, ambientali e paesaggistiche;
- $h_{max,200}$ è il massimo livello (in m slm) ottenuto dall'inviluppo delle simulazioni aventi TR=200 anni;
- $h'_{max,200}$ è la quota minima di intradosso del fornice (in m slm) ottenuto incrementando di 0.75m il massimo tirante idrico generato dall'inviluppo delle simulazioni aventi TR=200 anni;
- H è l'altezza dell'apertura in metri con franco di sicurezza 0.75m rispetto alla battente idrico generato dall'evento duecentennale;
- H_{FINALE} è l'altezza di progetto finale dell'apertura, espressa in metri, definita aumentando il valore ottenuto con le verifiche idrauliche, al fine di perseguire anche altre finalità progettuali, tra cui quelle sociali, ambientali e paesaggistiche;
- $G.R.$ è il grado di riempimento massimo (in %) del fornice nei confronti dell'inviluppo degli eventi bicentennali, rispetto all'altezza finale assegnata al fornice (H_{FINALE}).

n° fornice	posizione	L (m)	L_{FINALE} (m)	$h_{max,200}$ (m s.l.m.)	$h'_{max,200}$ (m s.l.m.)	H (m)	H_{FINALE} (m)	G.R (%)
1	dx Orolo	4.0	5.50	41.01	41.76	1.40	1.50	43
2*	sx Orolo	5.0	5.50	40.12	40.87	1.90	3.50	33
3	sx Orolo	5.0	5.50	40.12	40.87	1.40	1.50	44
4	sx Zubana – dx Bacchiglione	40.0	44.0	39.42	40.17	2.40	2.50	66
5**	sx Zubana – dx Bacchiglione	40.0	22.0+22.0	39.42	40.17	2.15	2.25	63
6	sx Zubana – dx Bacchiglione	20.0	22.0	39.42	40.17	2.05	2.25	58
7***	sx Zubana – dx Bacchiglione	40.0	22.0+34.40	39.42	40.17	1.80	2.00	55

* il fornice n. 2 nella configurazione finale di progetto ha un'altezza di 3.50 m in quanto svolge anche la funzione di passaggio per i mezzi agricoli;

** il fornice n. 5 nella configurazione finale di progetto è stato sdoppiato (5a e 5b) al fine di migliorare l'inserimento lungo la bretella stradale di progetto;

*** il fornice n.7 nella configurazione finale di progetto è stato sdoppiato attraverso un fornice con luce da 22.00m e con una seconda luce netta al deflusso delle acque di 34.69m, in corrispondenza della prima campata del ponte sul Fiume Bacchiglione.

TABELLA 3-3: RISULTATI DEL DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DEI FORNICI PER L'EVENTO DI TR=200ANNI.

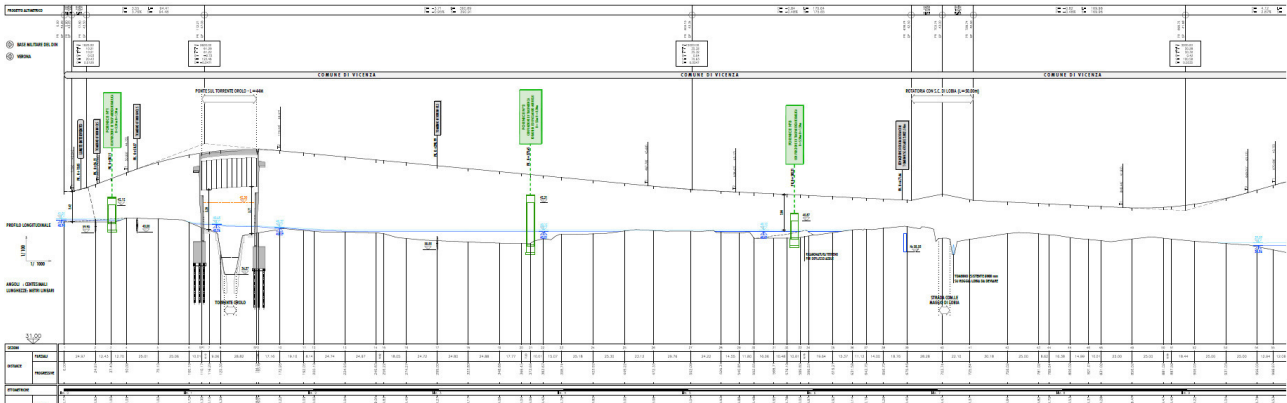


FIGURA 3-15 - PROFILO DI PROGETTO DELL'ASSE STRADALE CON INDIVIDUAZIONE DELL'INVOLUPPO DEI TIRANTI IDRICI PER $Tr=100$ E 200 ANNI E RAPPRESENTAZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO E DI TRASPARENZA IDRAULICA – TRATTO OVEST (COD. ELAB. T00ID00IDRFP01A)

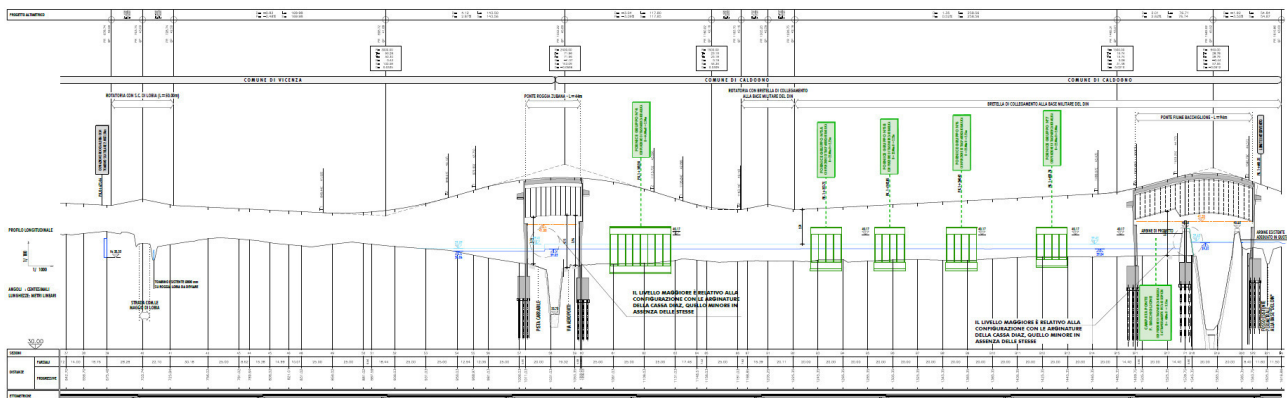


FIGURA 3-16: PROFILO DI PROGETTO DELL'ASSE STRADALE CON INDIVIDUAZIONE DELL'INVOLUPPO DEI TIRANTI IDRICI PER $Tr=100$ E 200 ANNI E RAPPRESENTAZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO E DI TRASPARENZA IDRAULICA – TRATTO EST (COD. ELAB. T00ID00IDRFP01A)

LEGENDA ELEMENTI IDRAULICI

- P.C. DA RILIEVO 2016
- LIVELLETTA STRADALE PROGETTO DEFINITIVO
- LIVELLO INVOLUPPO TIRANTI IDRAULICI MASSIMI $Tr=100$
- LIVELLO INVOLUPPO TIRANTI IDRAULICI MASSIMI $Tr=200$
- FORNICE DI TRASPARENZA IDRAULICA
- QUOTA MINIMA INTRADOSSO PONTE PER GARANTIRE FRANCO IDRAULICO DI 1.5m SU H200

4. PONTI E OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

Il presente capitolo riporta la descrizione delle scelte progettuali per il dimensionamento dei tre ponti e della risoluzione dell'interferenza tra l'asse stradale e la Roggia della Lobia.

I tre ponti di progetto sono stati dimensionati nel rispetto della normativa vigente e delle indicazioni degli Enti territorialmente competenti, in riferimento alla piena con Tempo di ritorno di 200 anni e nella configurazione più gravosa in termini di tiranti idrici, inoltre presentano le seguenti caratteristiche strutturali:

- la fondazione è costituita da un plinto in c.a. su pali profondi;
- gli elementi in elevazione (spalle e pila, quest'ultima solo per il ponte sul F. Bacchiglione) sono realizzati in c.a., in particolare le spalle, nella porzione fuori terra, sono rivestite in pietra locale, al fine di riprendere i motivi e i cromatismi delle opere idrauliche, e non solo, presenti nel territorio vicentino. La pila è della tipologia a setto, continua per quasi l'intera larghezza dell'impalcato e parallela al flusso della corrente;
- l'impalcato risulta una struttura mista acciaio e cemento armato.

Le ampie luci delle campate dei ponti sono state definite per garantire un'adeguata trasparenza idraulica e per consentire il transito dei mezzi di manutenzione lungo le piste di servizio.

La quota d'intradosso dell'impalcato è stato definito principalmente in funzione della necessità di garantire la percorribilità delle sponde del corso d'acqua, da parte di un automezzo in caso di manutenzione dell'alveo o in caso di situazioni d'emergenza. L'altezza minima garantita, tra piano carrabile e intradosso, è stata tenuta di 3.20 m per le piste di servizio e 4.15m per l'attraversamento di Via Aeroporti sotto il ponte Roggia Zubana.

L'interferenza della viabilità di progetto con la Roggia della Lobia ha determinato una deviazione realizzata con tratti a cielo aperto e tratti tombinati, garantendo un'adeguata officiosità idraulica rispetto alla situazione attuale, e ripristinando la potenziale funzionalità irrigua della roggia stessa.

4.1. PONTE TORRENTE OROLO

Il primo attraversamento fluviale che s'incontra lungo la viabilità di progetto, alla Pk 00+125.35, è rappresentato dal ponte sul Torrente Orolo, costituito da un'unica campata da 44.00 m, di cui 40.75 m risultano liberi al deflusso della piena duecentennale.

L'andamento delle spalle risulta parallelo al flusso della corrente, inoltre lungo entrambe le sponde è presente una pista di servizio che consente il transito di un automezzo mezzo con altezze libere $\geq 3.20\text{m}$. L'opera di mitigazione prevista, al fine di evitare fenomeni erosivi lungo le sponde e per minimizzare le operazioni di sfalcio e manutenzione dell'alveo in prossimità del ponte, è costituita da una scogliera con

adeguata fondazione al piede (berma) realizzata in massi ciclopici (0.4-0.5 m³/cad) di cava, non gelivi e a faccia piana, intasati in cls magro come indicato dal Genio Civile di Vicenza durante l'incontro del 05.10.2016. Poiché le spalle risultano lambite dalla piena con TR=200 anni è stata condotta una verifica allo scalzamento, che ha portato a definire, in funzione di un battente massimo di 0.80m e di una velocità della corrente di 0.65 m/s in corrispondenza della spalla, una profondità di scavo di 0.72 m, inferiore a quella fissata come profondità del plinto di fondazione, che non risulterà quindi interessato da questi fenomeni.

Le immagini seguenti, estratte dall'elaborato di progetto T00OM01IDRDI02A "Opere di sistemazione idraulica in corrispondenza dell'attraversamento del Torrente Orolo", riportano l'evidenza del rispetto dei vincoli idraulici e dei presidi di difesa spondale.

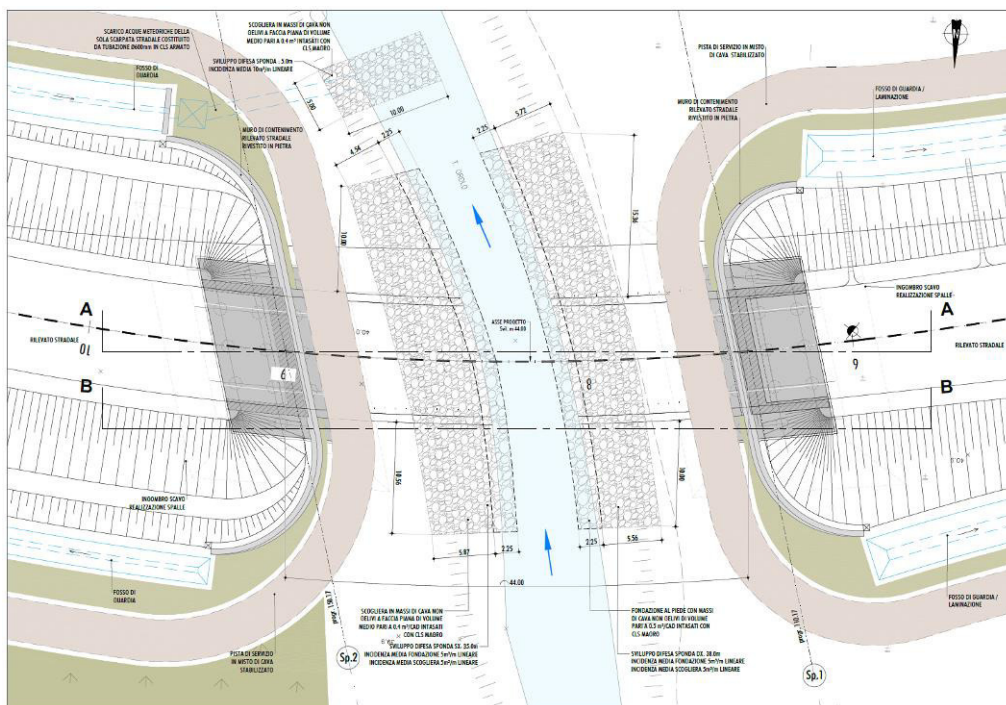


FIGURA 4-1- TORRENTE OROLO: PLANIMETRIA NELL'INTORNO DEL PONTE DI PROGETTO

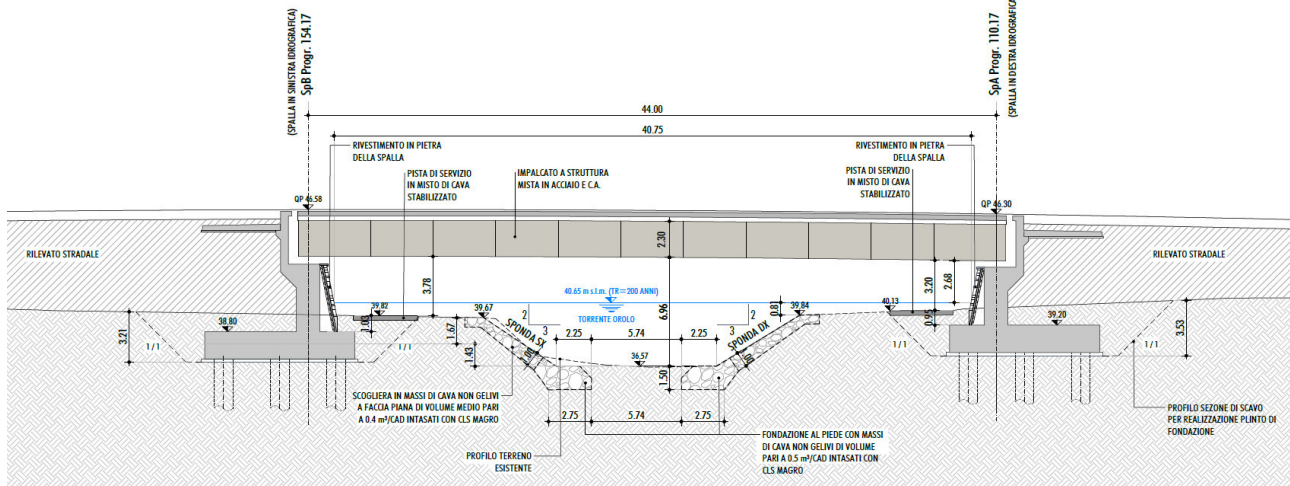


FIGURA 4-2- TORRENTE OROLO: SEZIONE A-A IN ASSE ALLA STRADA DI PROGETTO (VISTA DA MONTE)

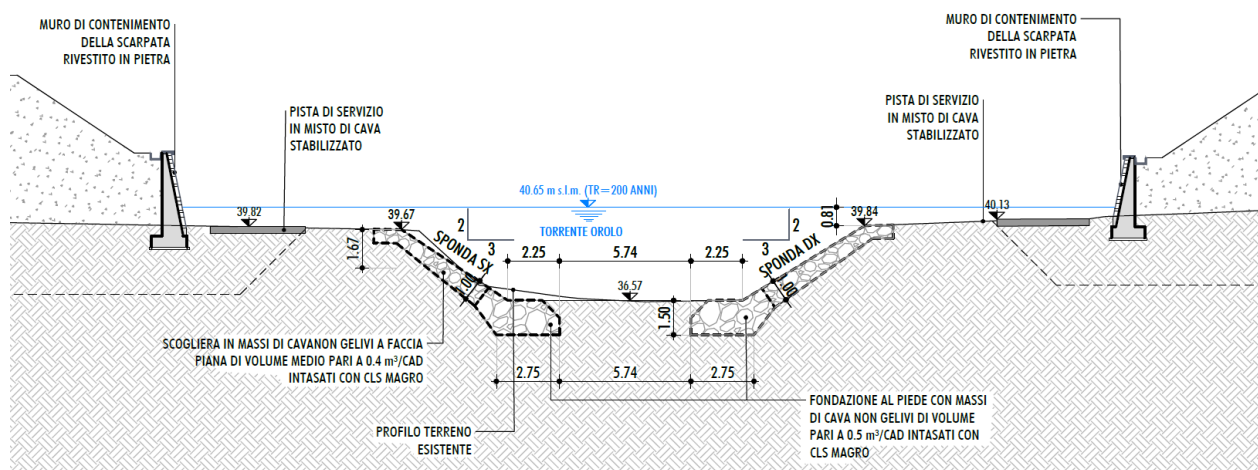


FIGURA 4-3 - TORRENTE OROLO: SEZIONE B-B FUORI DALL'OMBRA DEL PONTE (VISTA DA MONTE)

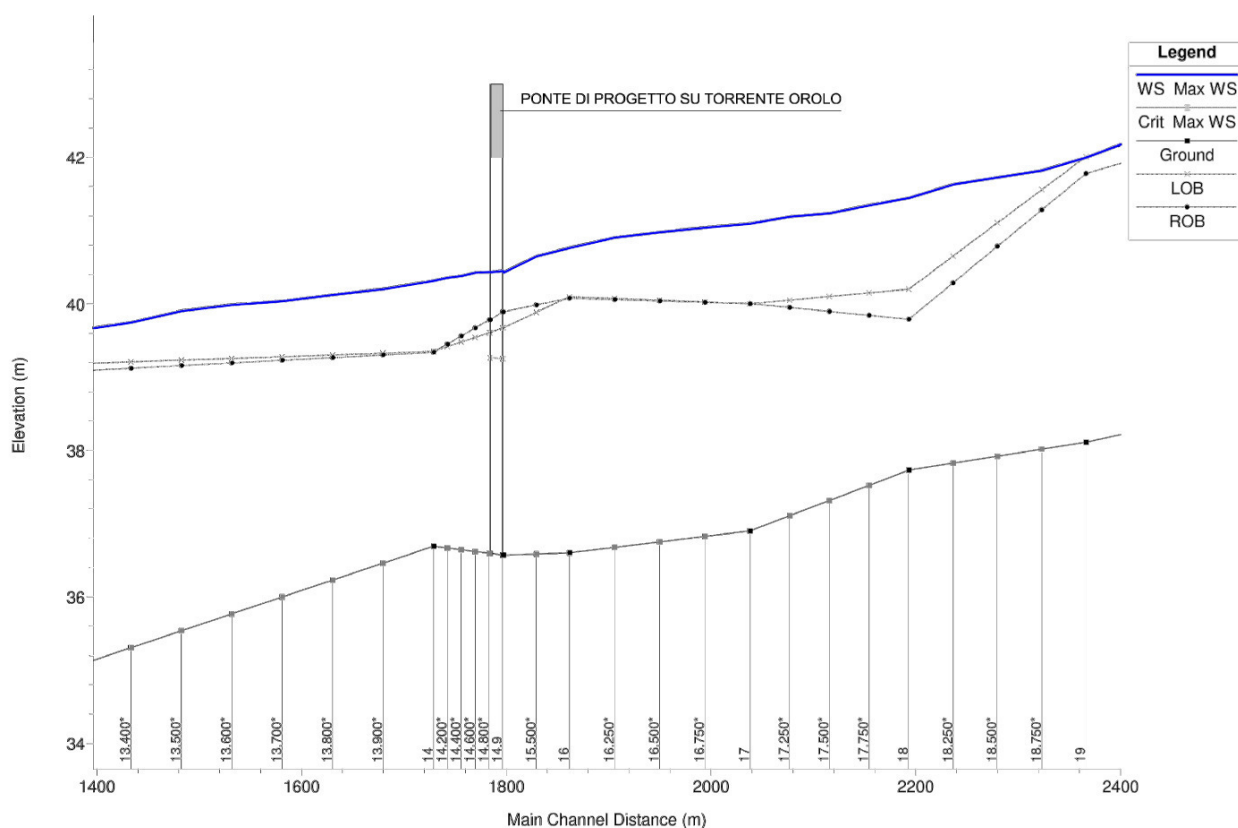


FIGURA 4-4 – PROFILO DEL T. OROLO ESTRATTO DAL MODELLO IDRAULICO NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO PIÙ GRAVOSA

Di seguito sono riportate le verifiche condotte per il dimensionamento dei massi della scogliera e quelle per la determinare la profondità di scavo potenzialmente generato dalla corrente in corrispondenza delle spalle (scalzamento), al fine di definire la profondità dell'estradosso del plinto di fondazione.

4.1.1. Dimensionamento dei massi di difesa spondale

La determinazione del diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena con TR=200 anni è stata condotta ricorrendo alla formula di Shields, che, per i casi di regime turbolento è espressa come segue:

$$\delta = \frac{\tau_0}{[0.06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w)]}$$

dove

δ è il diametro delle particelle solida potenzialmente trasportata dalla corrente nello scenario più gravoso modellato idraulicamente;

τ_0 è la tensione tangenziale in alveo, determinata con il codice di calcolo HEC-RAS rispetto allo scenario modellato più gravoso per il ponte di progetto, che in corrispondenza del quale la tensione tangenziale risulta pari a 78.91 N/m²;

γ_s è il peso specifico delle particelle solida trasportata dalla corrente (considerato 24.0 kN/m³);

γ_w è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida, pari a 9.806 kN/m³

Applicando la formula di Shields si ottiene un diametro della particella solida potenzialmente trasportabile sul fondo dell'alveo pari a 0.10m di diametro, cautelativamente sono stati previsti massi di pezzatura maggiore, come indicato da letteratura, pari ad un volume di 0.40 m³/cad per le difese spondali e 0.50 m³/cad per la fondazione al piede (berma).

4.1.2. Valutazione dei fenomeni erosivi in corrispondenza delle spalle

La presenza in un qualunque alveo fluviale di pile, spalle o corpi interagenti con il dinamismo del fiume, comporta potenziali processi di erosione localizzati che si formano durante la fase di crescita dell'onda di piena, per poi invertirsi durante la successiva fase calante.

Tali fenomeni devono essere opportunamente indagati al fine di determinare la quota a cui impostare le fondazioni delle strutture, in modo tale che le stesse non siano interessate, a causa dell'erosione, da fenomeni di scalzamento alla base.

Nel caso in esame si sono presi in considerazione i processi erosivi che possono riguardare le spalle del ponte; in generale l'erosione localizzata risulta tanto più marcata quanto più sono elevati i tiranti idrici e la velocità della corrente e quanto più è minuta la pezzatura del materiale incoerente costituente il fondo alveo; le escavazioni più significative si verificano in occasione del transito delle piene.

I potenziali processi erosivi localizzati attorno alle spalle del ponte sono principalmente funzione di:

- forma e dimensione delle spalle,

- angolo tra la corrente indisturbata e la spalla,
- velocità della corrente, velocità critica e tirante idrico,
- caratteristiche dei sedimenti e loro granulometria.

La profondità di scavo massima è determinabile tramite l'applicazione di formule empiriche, disponibili nella letteratura scientifica, derivanti dai risultati di indagini sperimentali. Per l'analisi in questione è stata adottata la formula empirica sotto riportata, detta Metodo Breusers, Nicollet e Shen, largamente diffusa nelle applicazioni tecniche e suggerita come metodo di calcolo dello scalzamento all'interno della Direttiva 4 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (*Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B"*):

$$d_s/s = f_1(v_0/v_c) [2 \tanh(y_0/s)] f_2 f_3(\alpha, l/s)$$

dove:

l = lunghezza della pila/spalla,

s = larghezza della pila/spalla,

d_s = profondità di scavo,

v_0 = velocità media della corrente,

v_c = velocità critica di trascinamento,

α = angolo tra la direzione della corrente indisturbata e la pila/spalla,

f_1 = coefficiente sperimentale, legato al rapporto tra la velocità della corrente e la velocità critica di trascinamento,

f_2 = coefficiente di forma della pila/spalla,

f_3 = coefficiente funzione dell'angolo di attacco della corrente rispetto alla pila/spalla,

y_0 = tirante idrico.

Il coefficiente sperimentale f_1 viene determinato in funzione del rapporto tra la velocità media della corrente indisturbata v_0 e la velocità critica di trascinamento v_c , definita come la velocità alla quale inizia il movimento del materiale di fondo di diametro d e peso specifico γ_s . Per i miscugli eterogenei di clasti di forma differente solitamente si utilizza come diametro d il d_{50} ovvero il diametro per passante in peso superiore al 50%.

La velocità critica è la velocità di incipiente movimento per la quale si è adottata la seguente espressione:

$$v_c = 0,85 [2gd(\gamma_s - \gamma)/\gamma]^{1/2}$$

con:

v_c = velocità critica,

g = accelerazione di gravità,

d = diametro d_{50} dei grani,

γ_s = peso specifico del materiale di fondo,

γ = peso specifico dell'acqua.

I coefficienti f_1 assumono i valori di seguito descritti:

$f_1(v_0/v_c)=0$	per	$v_0/v_c = 0,5$
$f_1(v_0/v_c)=2v_0/v_c-1$	per	$0,5 < v_0/v_c \leq 1,0$
$f_1(v_0/v_c)=1$	per	$v_0/v_c > 1,0$

Il coefficiente f_2 di forma tiene conto dell'impatto delle pile/spalle con la corrente in alveo; vale:

$f_2 = 1,00$	per pile/spalle con fronti arrotondati,
$f_2 = 0,75$	per pile/spalle sagomate in modo da accompagnare la corrente,
$f_2 = 1,30$	per pile/spalle rettangolari.

Il coefficiente f_3 funzione dell'angolo di attacco della corrente, si determina attraverso il seguente grafico.

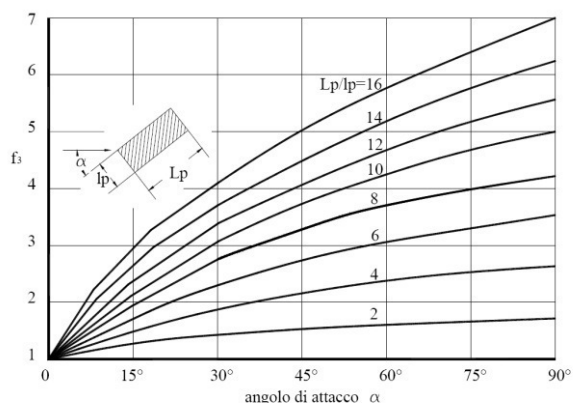


FIGURA 4-5 – FATTORE F3 IN FUNZIONE DELL'ANGOLO DI ATTACCO A E DEL RAPPORTO L_p/l_p (LAURSEN)

Detto questo i coefficienti f assumono i seguenti valori:

$f_1 = 0.63$, in quanto il rapporto tra velocità media e quella critica risulta compresa tra 0.5 e 1.0;

$f_2 = 0.75$, in quanto la spalla presenta una sagoma che accompagna la corrente;

$f_3 = 1.0$ in quanto l'angolo di attacco della corrente, rispetto alla spalla, è pari a 0.

Il valore di erosione massima attendibile d_s per un dato evento di piena rappresenta l'escavazione massima che si può avere attorno alle spalle durante l'evento di piena: durante la fase calante della piena si assiste ad un parziale riempimento di tale erosione, pertanto a piena conclusa non si riesce ad evincere quale sia stata effettivamente la profondità massima di scavo raggiunta durante l'evento.

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi condotta, eseguita adottando come tempo di ritorno $TR= 200$ anni, nello scenario più gravoso per il dimensionamento del ponte.

Ponte Orolo			
Metodo Breusers, Nicollet e Shen			
Calcolo erosione massima alla base delle spalle del ponte			Ponte in progetto
Q_{200}	185.70 m ³ /s		
velocità media	v_0	m/s	0.65
tirante idrico	y_0	m	0.80
diametro granulometria con passante al 50%	d_{50}	mm	0.05
gravità	g	m/s ²	9.810
peso specifico grani	g_s	kg/m ³	1900
peso specifico acqua	g_w	kg/m ³	1000
velocità critica di trascinamento	v_c	m/s	0.799
rapporto velocità	v_0/v_c	-	0.814
angolo corrente-pila	α	°	0
f_1		-	0.63
f_2		-	0.75
f_3		-	1.0
erosione massima (spalla singola)	ds	m	0.72

TABELLA 4-1: DATI RELATIVI AL CALCOLO DELL'EROSIONE MASSIMA ALLA BASE DELLE SPALLE DEL PONTE IN PROGETTO.

Il Metodo Breusers, Nicollet e Shen tende a sovrastimare i valori di erosione massima attendibile ds , in quanto ipotizza che il terreno intorno alla spalla sia completamente disagregato.

Avendo preso in considerazione nell'analisi il tirante e la velocità massima derivante dal modello idraulico in corrispondenza della spalla, la profondità massima di erosione raggiunge valori comunque contenuti, pari a 0.72 m rispetto al piano campagna a ridosso della spalla. I plinti di fondazione del ponte sono stati quindi collocati a quote inferiori, pari a circa 1.0m da piano campagna.

4.1.3. Configurazione provvisoria in fase di cantiere

La fase di varo delle travi dell'impalcato dei ponti e della successiva fase di getto per la realizzazione delle opere in c.a. necessita di appoggi provvisori, come rappresentato nell'immagine seguente. L'interasse degli appoggi è stato assegnato cercando di perseguire sia le esigenze strutturali legate alla geometria del ponte sia quelle idrauliche di minimizzazione dell'interferenza con l'alveo inciso. Una volta completato l'impalcato, gli appoggi saranno tolti e le sponde del corso d'acqua saranno ripristinate mediante la scogliera in massi prevista in progetto.

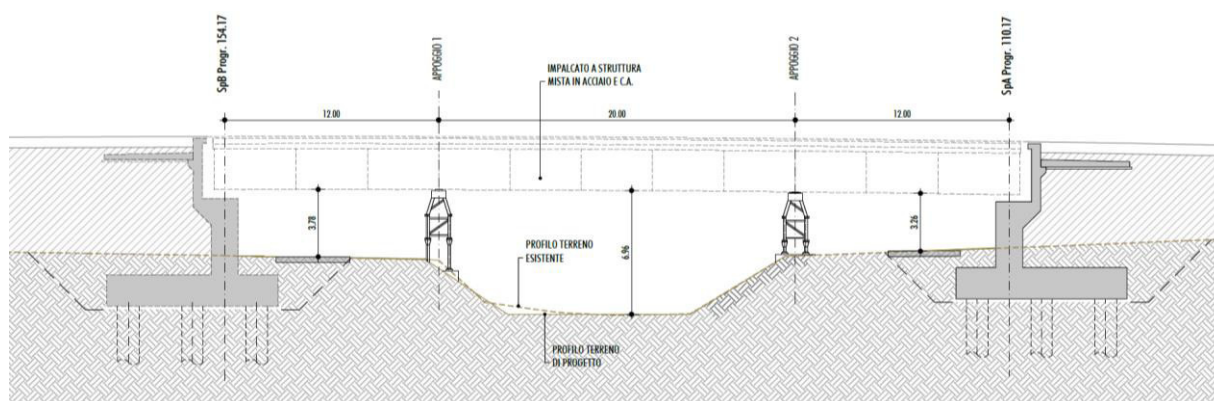


FIGURA 4-6 – SEZIONE IN ASSE STRADA (VISTA DA MONTE) DURANTE LA FASE DI CANTIERE CON GLI APPOGGI PROVVISORI

4.2. PONTE ROGGIA ZUBANA

Il secondo attraversamento fluviale che s'incontra lungo la viabilità di progetto, alla Pk 1+031,03, è rappresentato dal ponte sulla Roggia Zubana, costituito da un'unica campata da 44.00 m, di cui 41.00 m risultano liberi al deflusso della piena duecentennale.

Anche in questo caso l'andamento delle spalle risulta parallelo al flusso della corrente, inoltre lungo entrambe le sponde è presente una pista di servizio che consente il transito di un automezzo mezzo con altezze libere \geq di 3.70m. In sponda idrografica sinistra è stata data continuità alla viabilità esistente (Via Aeroporti) garantendo un'altezza libera al transito degli automezzi di 4.15 m.

L'opera di mitigazione prevista, al fine di evitare fenomeni erosivi lungo le sponde e per minimizzare le operazioni di sfalcio e manutenzione dell'alveo in prossimità del ponte, è costituita da un rivestimento spondale e del fondo realizzato in massi (0.2 m³/cad) di cava, non gelivi e a faccia piana, intasati in cls magro come indicato dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta durante l'incontro del 05.10.2016. La pezzatura minore dei massi, rispetto al caso precedente, è legata alle minori velocità della corrente e quindi tensioni tangenziali più contenute rispetto a quelle caratteristiche del T. Orolo e il F. Bacchiglione.

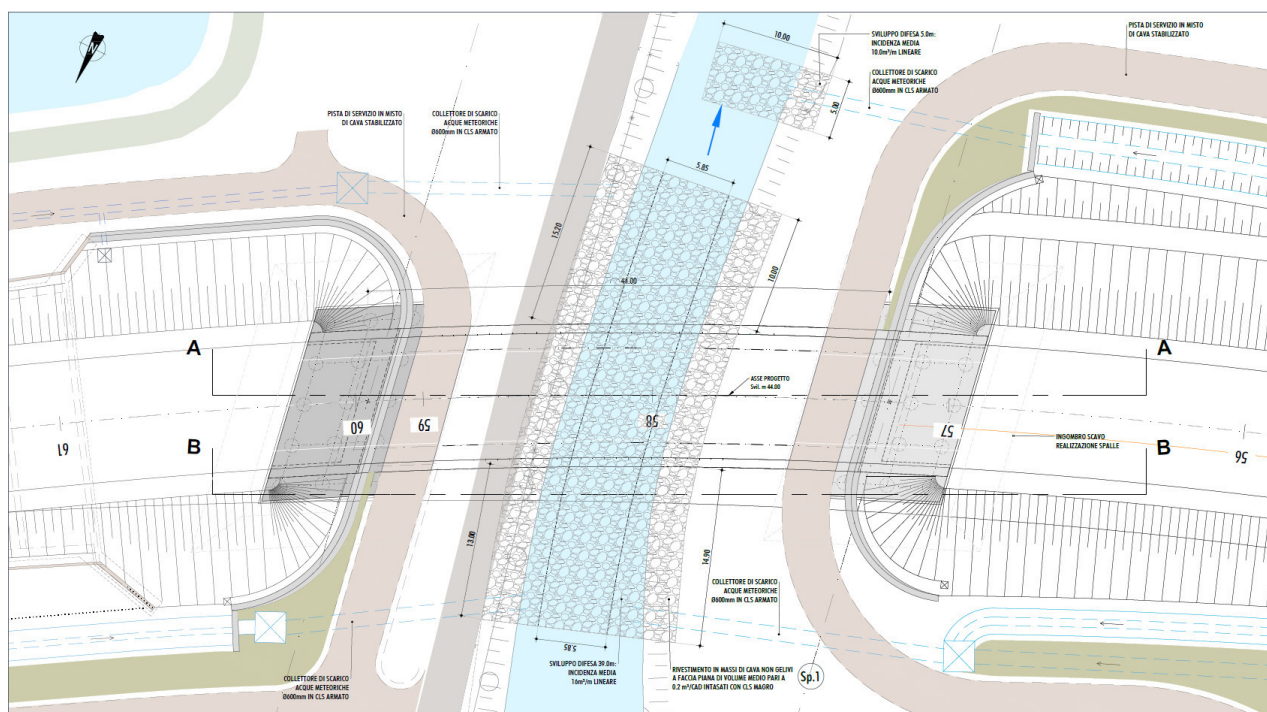


FIGURA 4-7- ROGGIA ZUBANA: PLANIMETRIA NELL'INTERNO DEL PONTE DI PROGETTO

Poiché le spalle risultano lambite dalla piena con TR=200 anni è stata condotta una verifica allo scalzamento, che ha portato a definire, in funzione di un battente massimo di 1.70 m e di una velocità della corrente di 0.21 m/s in corrispondenza della spalla, una profondità di scavo di 0.36 m, inferiore a quella fissata come profondità del plinto di fondazione, che non risulterà quindi interessato da questi fenomeni.

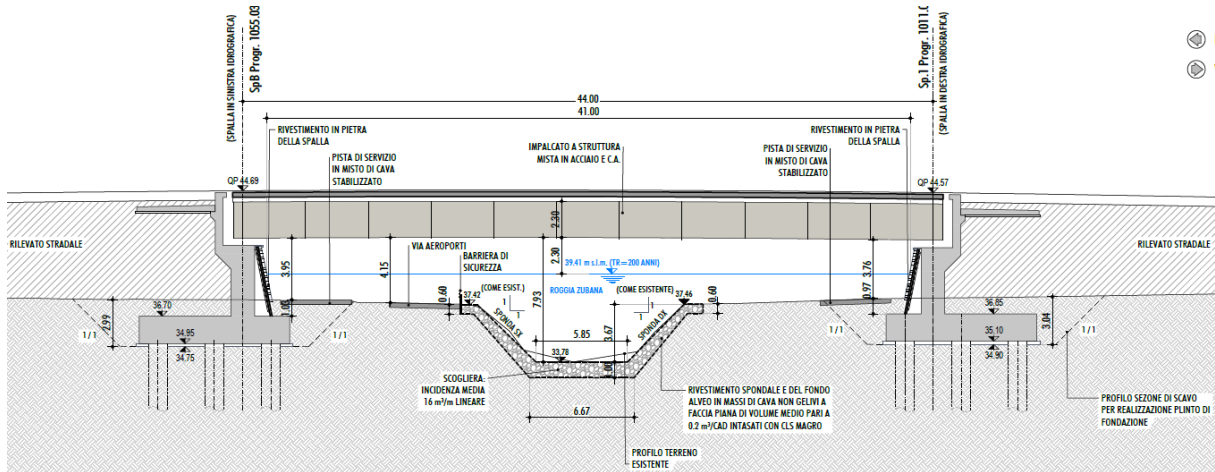


FIGURA 4-8- ROGGIA ZUBANA: SEZIONE A-A IN ASSE ALLA STRADA DI PROGETTO (VISTA DA MONTE)

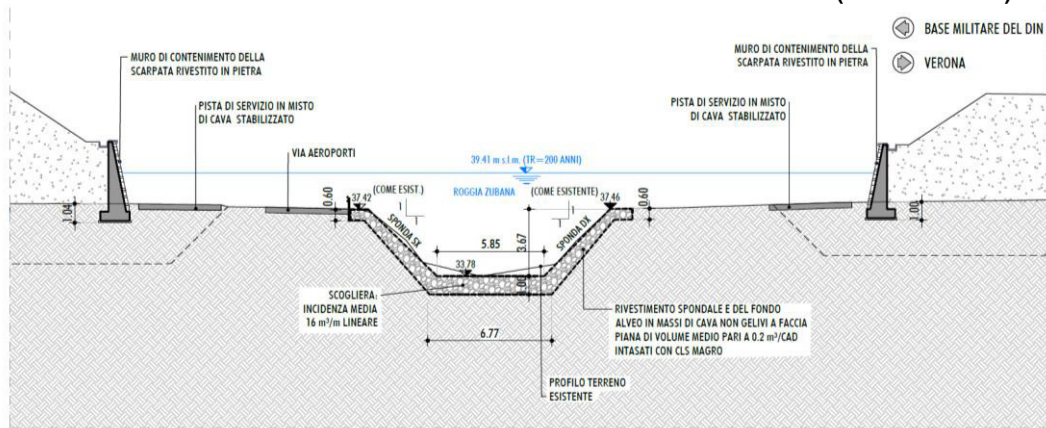


FIGURA 4-9 – ROGGIA ZUBANA: SEZIONE B-B FUORI DALL'OMBRA DEL PONTE (VISTA DA MONTE)

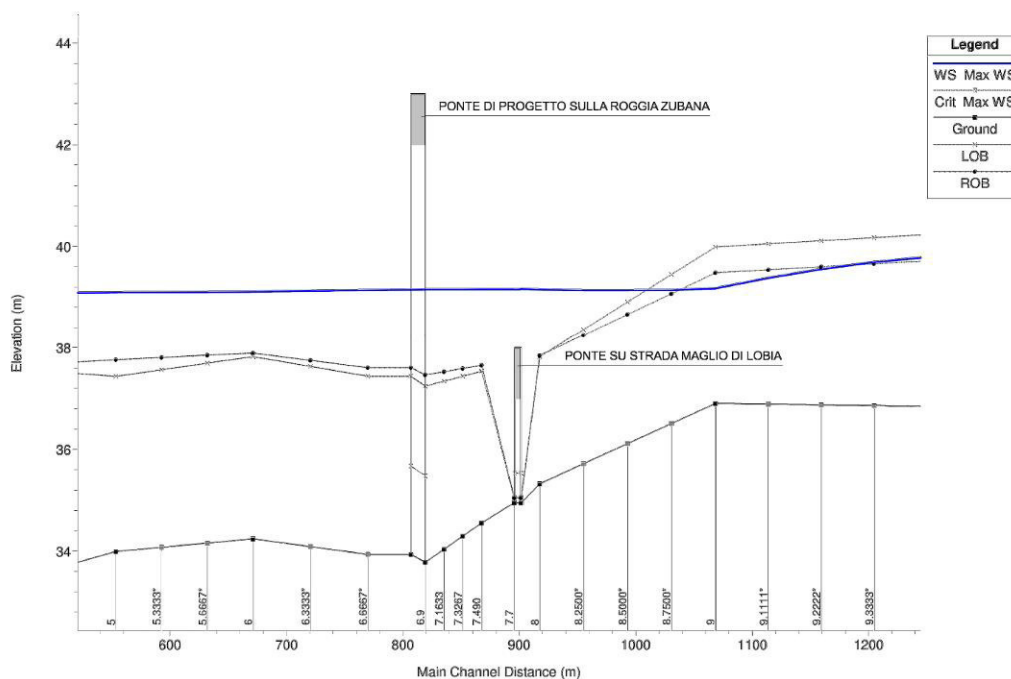


FIGURA 4-10 – PROFILO DEL R.ZUBANA ESTRATTO DAL MODELLO IDRAULICO NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO PIÙ GRAVOSA

Di seguito sono riportate le verifiche condotte per il dimensionamento dei massi della scogliera e quelle per la determinare la profondità di scavo potenzialmente generato dalla corrente in corrispondenza delle spalle (scalzamento), al fine di definire la profondità dell'estradosso del plinto di fondazione.

4.2.1. Dimensionamento dei massi di difesa spondale

La determinazione del diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena con TR=200 anni è stata condotta ricorrendo alla formula di Shields, che, per i casi di regime turbolento è espressa come segue:

$$\delta = \frac{\tau_0}{[0.06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w)]}$$

dove

δ è il diametro delle particelle solida potenzialmente trasportata dalla corrente nello scenario più gravoso modellato idraulicamente;

τ_0 è la tensione tangenziale in alveo, determinata con il codice di calcolo HEC-RAS rispetto allo scenario modellato più gravoso per il ponte di progetto, che in corrispondenza del quale la tensione tangenziale risulta pari a 6.83 N/m²;

γ_s è il peso specifico delle particelle solida trasportata dalla corrente (considerato 24.0 kN/m³);

γ_w è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida, pari a 9.806 kN/m³

Applicando la formula di Shields si ottiene un diametro della particella solida potenzialmente trasportabile sul fondo dell'alveo pari a 0.01 m di diametro, cautelativamente sono stati previsti massi di pezzatura maggiore, come indicato da letteratura, pari ad un volume di 0.20 m³/cad per le difese spondali e del fondo.

4.2.2. Valutazione dei fenomeni erosivi in corrispondenza delle spalle

La trattazione del metodo per la valutazione dei fenomeni erosivi in corrispondenza delle spalle è la stessa descritta per il Ponte Torrente Orolo, a cui si rimanda per un approfondimento.

Detto questo i coefficienti f assumono i seguenti valori:

$f_1 = 0.20$, in quanto il rapporto tra velocità media e quella critica risulta compresa tra 0.5 e 1.0;

$f_2 = 0.75$, in quanto la spalla presenta una sagoma che accompagna la corrente;

$f_3 = 1.0$ in quanto l'angolo di attacco della corrente, rispetto alla spalla, è pari a 0.

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi condotta, eseguita adottando come tempo di ritorno TR= 200 anni, nello scenario più gravoso per il dimensionamento del ponte.

Ponte Zubana			
Metodo Breusers, Nicollet e Shen			
Calcolo erosione massima alla base delle spalle del ponte			Ponte in progetto
Q_{200}	32.0 m ³ /s		
velocità media	v_0	m/s	0.21
tirante idrico	y_0	m	1.70
diametro granulometria con passante al 50%	d_{50}	mm	0.01
gravità	g	m/s ²	9.810
peso specifico grani	g_s	kg/m ³	1900
peso specifico acqua	g_w	kg/m ³	1000
velocità critica di trascinamento	v_c	m/s	0.357
rapporto velocità	v_0/v_c	-	0.588
angolo corente-pila	α	°	0
$f1$		-	0.2
$f2$		-	0.75
$f3$		-	1.0
erosione massima (spalla singola)	ds	m	0.36

TABELLA 4-2: DATI RELATIVI AL CALCOLO DELL'EROSIONE MASSIMA ALLA BASE DELLE SPALLE DEL PONTE IN PROGETTO.

Il Metodo Breusers, Nicollet e Shen tende a sovrastimare i valori di erosione massima attendibile ds , in quanto ipotizza che il terreno intorno alla spalla sia completamente disagregato.

Avendo preso in considerazione nell'analisi il tirante e la velocità massima derivante dal modello idraulico in corrispondenza della spalla, la profondità massima di erosione raggiunge valori comunque contenuti, pari a 0.36 m rispetto al piano campagna a ridosso della spalla. I plinti di fondazione del ponte sono stati quindi collocati a quote inferiori, pari a circa 1.0m da piano campagna.

4.2.3. Configurazione provvisoria in fase di cantiere

La fase di varo delle travi dell'impalcato dei ponti e della successiva fase di getto per la realizzazione delle opere in c.a. necessita di appoggi provvisori, come rappresentato nell'immagine seguente. L'interasse degli appoggi è stato assegnato cercando di perseguire sia le esigenze strutturali legate alla geometria del ponte sia quelle idrauliche di minimizzazione dell'interferenza con l'alveo inciso. Una volta completato l'impalcato, gli appoggi saranno tolti e le sponde del corso d'acqua saranno ripristinate mediante la scogliera in massi prevista in progetto.

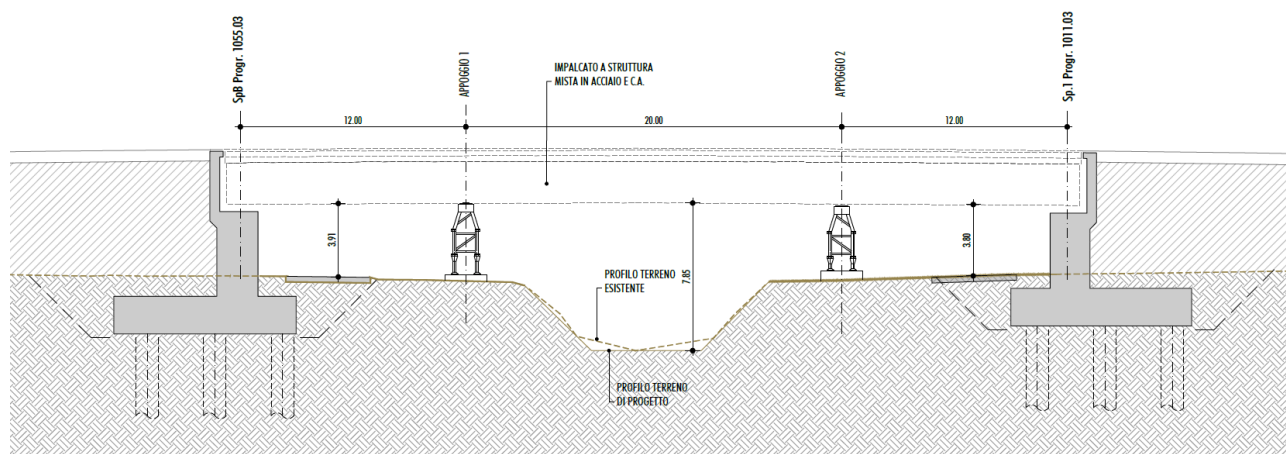


FIGURA 4-11 – SEZIONE IN ASSE STRADA (VISTA DA MONTE) DURANTE LA FASE DI CANTIERE CON GLI APPOGGI PROVVISORI

determina l'impossibilità di allontanare la posizione delle spalle e di conseguenza di allungare le campate. Queste ragioni, che fortemente condizionano la geometria del ponte, determinano la necessità di ubicare le opere in elevazione (pila e spalla sinistra) all'interno della fascia di rispetto dei 10 m individuata nel Regio Decreto n. 523 del 1904, il quale comunque non vieta in modo assoluto la realizzazione di opere idrauliche all'interno di essa, come definito dall'art. 98, lettera "d" del Decreto stesso, che rimanda alla valutazione dell'Ente competente la compatibilità dell'intervento di progetto.

Analogamente la recente Norma Tecnica delle Costruzioni del 2018, unitamente alla relativa Circolare di gennaio 2019, al Capitolo 5.1.2.3 "Compatibilità idraulica" non esclude a priori la possibilità di collocare pile e/o spalle in alveo, inteso come la sezione occupata dal deflusso della piena di progetto con TR=200 anni; a condizione di prestare particolare cura al problema delle escavazioni della corrente in corrispondenza delle fondazioni e conseguentemente prevedere adeguati presidi di protezione antiscazzamento, come analizzato e di seguito riportato. Detto questo, è utile sottolineare che nella configurazione di progetto le spalle potrebbero essere lambite dalla piena duecentennale solo nel caso di un sormonto e/o rotta arginale a monte del ponte in oggetto, situazione certamente remota grazie alle opere di laminazione in fase di collaudo e di futura realizzazione da parte della Regione Veneto, descritte in premessa alla presente relazione. Inoltre, analizzando i risultati delle modellazioni idrauliche condotte, nello scenario più gravoso in termini di altezza del battente idrico e di velocità della corrente in corrispondenza delle spalle, quindi nel caso di evento con TR=200 anni e rotta arginale, il battente è al massimo pari a 0.92 m con una velocità di 0.20 m/s, tale da indurre degli effetti erosivi al terreno, nell'intorno della spalla, molto contenuti, calcolati inferiore a 0.20 m. A valle di queste risultanze, l'estradosso del plinto di fondazione delle spalle e della pila, è stato posto ad una quota sufficientemente inferiore a quella di potenziale erosione, in modo tale da non risultare interessato da questi fenomeni.

Inoltre, al fine di evitare fenomeni erosivi lungo le sponde dell'alveo attivo e per minimizzare le operazioni di sfalcio e manutenzione dell'alveo in prossimità del ponte, è stata prevista una scogliera con adeguata fondazione al piede (berma) realizzata in massi ciclopici (0.4-0.5 m³/cad) di cava, non gelivi e a faccia piana, intasati in cls magro come indicato dal Genio Civile di Vicenza durante l'incontro del 05.10.2016.

L'argine di progetto, con sviluppo longitudinale di 30.0m, presenta una sezione trasversale alla sommità pari a 5.50 m nel tratto ringrossato lungo la pila, superata la quale tende a rastremarsi per raggiungere la larghezza di 3.50m come gli argini del progetto della cassa a monte di Viale Diaz della Regione Veneto. L'argine ricompreso nel presente progetto, sarà realizzato con materiale fine, prevalentemente argilloso, realizzato a strati da 0.30m adeguatamente regolarizzati e compattati. Nel tratto sotto l'ombra del ponte, in quanto è poco probabile l'attecchimento di specie erbacee, è stata prevista la protezione superficiale con un materasso tipo reno, costituito da una rete in acciaio zincato a maglia esagonale (Φ 60 mm), idoneo a resistere allo stress chimico-fisico dell'ambiente acquatico e riempita con ciottoli di adeguata pezzatura; questa soluzione riduce sensibilmente anche gli oneri manutentivi. Diversamente, nei tratti fuori dall'ombra del ponte, la protezione dell'argine nei confronti dell'effetto erosivo degli agenti atmosferici e della potenziale

piena eccezionale, è stata realizzata favorendo l'accrescimento di un manto erboso, attraverso la posa di 0.30m di terreno vegetale, sovrapposto al quale sarà stesa una biostuoia (in fibre di agave o cocco) fissata con picchetti, e successiva idrosemina a spessore con utilizzo di semi autoctoni.

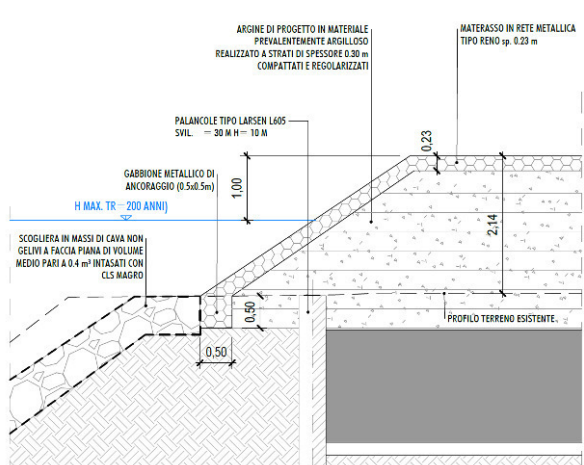


FIGURA 4-14- PARTICOLARE DELL'ARGINE DI PROGETTO SOTTO L'OMBRA DEL PONTE

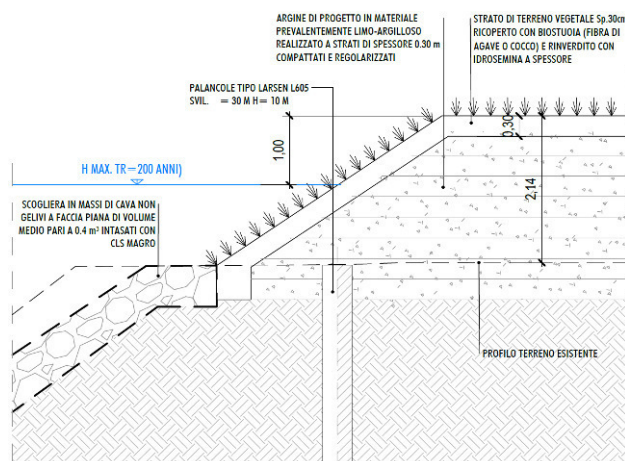


FIGURA 4-15 - PARTICOLARE DELL'ARGINE DI PROGETTO FUORI DALL'OMBRA DEL PONTE

Al fine di garantire un franco di sicurezza di 1.0m tra la massima piena con TR=200 anni e le arginature è stato previsto nel presente progetto, un modesto sovrizzo dell'argine esistente in sinistra idrografica, dell'ordine di 0.30m circa, per un'estensione di 30m, lungo i quali sono stati inseriti i medesimi presidi adottati per l'argine di progetto pocanzi descritto: materasso tipo reno sotto l'ombra del ponte e inerbimento fuori.

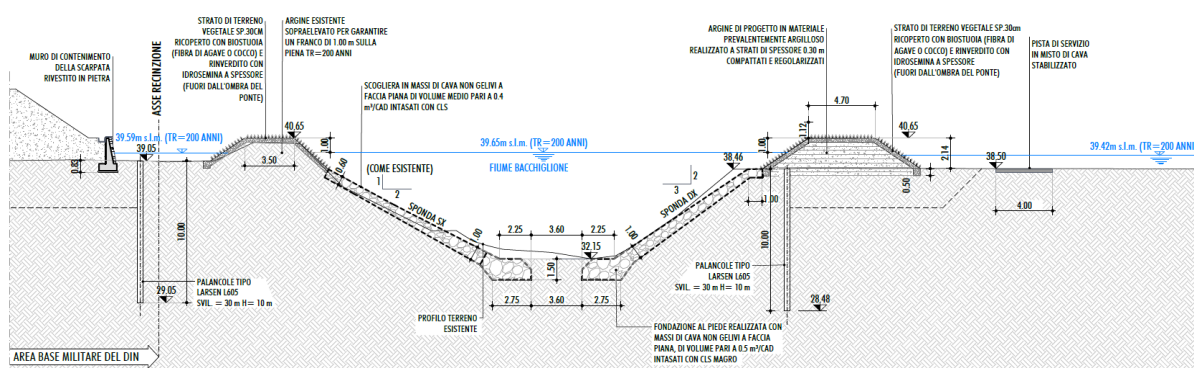


FIGURA 4-16 – ROGGIA F. BACCHIGLIONE: SEZIONE B-B FUORI DALL'OMBRA DEL PONTE (VISTA DA MONTE)

Ulteriore presidio adottato con funzione sia provvisoria in fase di cantiere che definitiva in fase di esercizio, è rappresentato dalle palancole in acciaio tipo Larssen L605, installate prima della realizzazione degli scavi per eseguire le fondazioni del ponte al fine di limitare l'interferenza con l'argine esistente in sponda sinistra e il ciglio spondale in destra. Questa soluzione permette infatti di effettuare uno scavo verticale a ridosso della palanca, rimanendo ad una distanza di sicurezza dall'alveo. La profondità di scavo per la realizzazione dei plinti di fondazione è dell'ordine di 2.70m da piano campagna, quindi la palanca, per garantire la sua stabilità e quella del terreno una volta giunti a fondo scavo, dovrà avere uno sviluppo complessivo in altezza di oltre 8.0m, portato cautelativamente a 10.0m nel presente progetto. Al termine della realizzazione degli

elementi in elevazione (spalla e pila), le palancole non saranno sfilate, ma mantenute in loco, rappresentando un utile presidio al fine di impedire moti di filtrazione e di trasporto del materiale fine (effetto di sifonamento) potenzialmente indotti in occasione di un evento di piena importante e protratto nel tempo, con tiranti idrici che superano la quota del piano campagna.

L'ultimo aspetto da trattare, altrettanto importante al pari dei precedenti, riguarda la possibilità della percorribilità delle sponde da parte di un automezzo atto a svolgere le operazioni di manutenzione lungo le sponde/argini. Sotto la campata da 40 m del ponte, in sponda destra, è stata realizzata una pista di servizio in misto di cava stabilizzato, della larghezza di 4.0 m e con un'altezza libera, rispetto all'intradosso dell'impalcato di 3.55 m. In sponda sinistra la necessità di raccordare la livelletta stradale del ponte alla strada perimetrale della Base militare Americana del Din, non consente di avere una luce libera sotto all'impalcato di 3.20m, ma solo di 2.50 m inoltre, il presente progetto ha come limite d'intervento la spalla del ponte, oltre il quale l'ambito progettuale è in capo alla Base militare, all'interno del quale si dovrà dare continuità alla pista di servizio in sinistra idrografica.

Di seguito sono riportate le verifiche condotte per il dimensionamento dei massi della scogliera e quelle per la determinare la profondità di scavo potenzialmente generato dalla corrente in corrispondenza delle spalle (scalzamento), al fine di definire la profondità dell'estradosso del plinto di fondazione, inoltre è riportato il profilo idraulico estratto dal modello nella configurazione più gravosa per il dimensionamento del ponte.

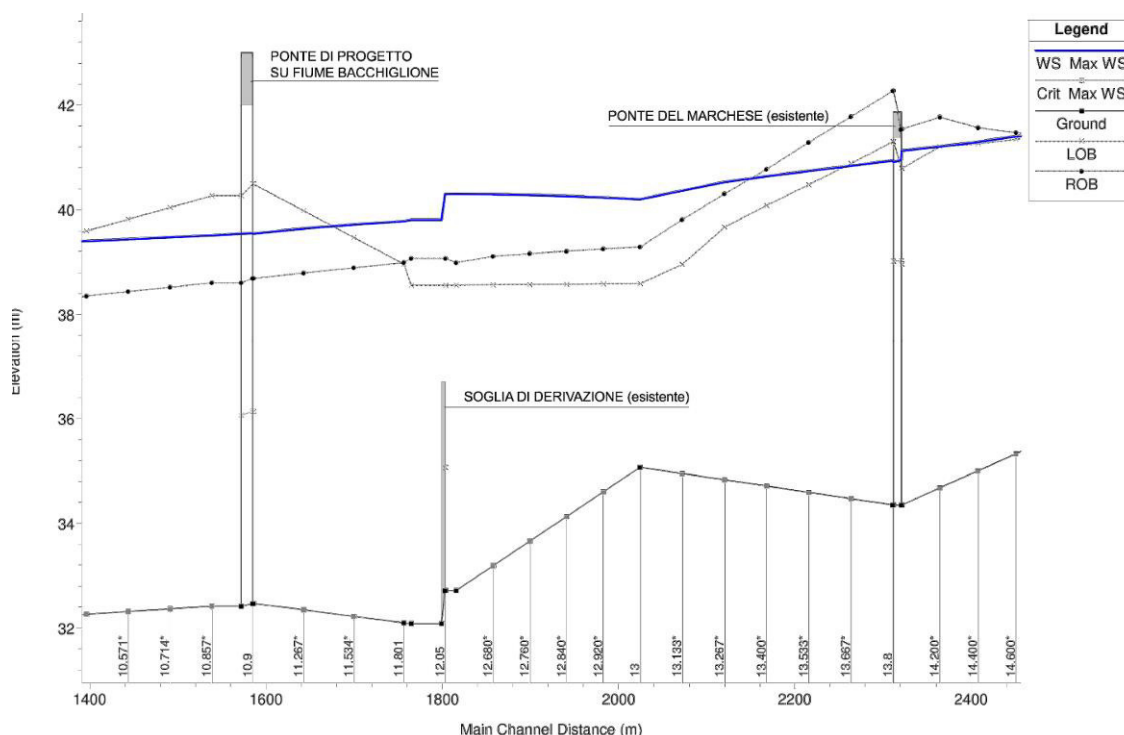


FIGURA 4-17 – PROFILO DEL F. BACCHIGLIONE ESTRATTO DAL MODELLO NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO PIÙ GRAVOSA

4.3.1. Dimensionamento dei massi di difesa spondale

La determinazione del diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena con TR=200 anni è stata condotta ricorrendo alla formula di Shields, che, per i casi di regime turbolento è espressa come segue:

$$\delta = \frac{\tau_0}{[0.06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w)]}$$

dove

δ è il diametro delle particelle solida potenzialmente trasportata dalla corrente nello scenario più gravoso modellato idraulicamente;

τ_0 è la tensione tangenziale in alveo, determinata con il codice di calcolo HEC-RAS rispetto allo scenario modellato più gravoso per il ponte di progetto, che in corrispondenza del quale la tensione tangenziale risulta pari a 43.60 N/m²;

γ_s è il peso specifico delle particelle solida trasportata dalla corrente (considerato 24.0 kN/m³);

γ_w è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida, pari a 9.806 kN/m³

Applicando la formula di Shields si ottiene un diametro della particella solida potenzialmente trasportabile sul fondo dell'alveo pari a 0.05m di diametro, cautelativamente sono stati previsti massi di pezzatura maggiore, come indicato da letteratura, pari ad un volume di 0.40 m³/cad per le difese spondali e 0.50 m³/cad per la fondazione al piede (berma).

4.3.2. Valutazione dei fenomeni erosivi in corrispondenza delle spalle

La trattazione del metodo per la valutazione dei fenomeni erosivi in corrispondenza delle spalle è la stessa descritta per il Ponte Torrente Orolo, a cui si rimanda per un approfondimento.

Detto questo i coefficienti f assumono i seguenti valori:

$f_1 = 0.10$, in quanto il rapporto tra velocità media e quella critica risulta compresa tra 0.5 e 1.0;

$f_2 = 0.75$, in quanto la spalla presenta una sagoma che accompagna la corrente;

$f_3 = 1.0$ in quanto l'angolo di attacco della corrente, rispetto alla spalla, è pari a 0.

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi condotta, eseguita adottando come tempo di ritorno TR= 200 anni, nello scenario più gravoso per il dimensionamento del ponte.

Ponte Bacchiglione			
Metodo Breusers, Nicollet e Shen			
Calcolo erosione massima alla base delle spalle del ponte			Ponte in progetto
Q_{200}	535.20 m ³ /s		
velocità media	v_0	m/s	0.20
tirante idrico	y_0	m	0.92
diametro granulometria con passante al 50%	d_{50}	mm	0.01
gravità	g	m/s ²	9.810
peso specifico grani	g_s	kg/m ³	1900
peso specifico acqua	g_w	kg/m ³	1000
velocità critica di trascinamento	v_c	m/s	0.357
rapporto velocità	v_0/v_c	-	0.560
angolo corrente-pila	α	°	0
$f1$		-	0.1
$f2$		-	0.75
$f3$		-	1.0
erosione massima (pila/spalla singola)	ds	m	0.15

TABELLA 4-3: DATI RELATIVI AL CALCOLO DELL'EROSIONE MASSIMA ALLA BASE DELLE SPALLE DEL PONTE IN PROGETTO.

Avendo preso in considerazione nell'analisi il tirante e la velocità massima derivante dal modello idraulico in corrispondenza della spalla, la profondità massima di erosione raggiunge valori comunque contenuti, pari a circa 0.15 m rispetto al piano campagna a ridosso della spalla. I plinti di fondazione del ponte sono stati quindi collocati a quote inferiori, pari a circa 1.0m da piano campagna. Inoltre in corrispondenza della pila e della spalla in sinistra idrografica e prevista una palancola profonda 10 m a ridosso del plinto di fondazione che impedisce effetti erosivi intorno alla fondazione stessa.

4.3.3. Dimensionamento idraulico della profondità della palancola

La scelta di inserire una fila di palancole a ridosso del plinto di fondazione presenta il duplice vantaggio di contenere il terreno in fase di scavo, evitando di effettuare degli scavi inclinati che risulterebbero molto prossimi al ciglio spondale e al piede dell'argine esistente. Inoltre, mantenendola anche in fase di esercizio dell'infrastruttura potrà rappresentare un utile presidio al fine di impedire moti di filtrazione e di trasporto del materiale fine, come spiegato precedentemente.

Il presente capitolo riporta quindi la verifica per il dimensionamento idraulico di questa palancola in termini di profondità che deve avere per impedire dei moti di filtrazione e quindi per evitare il potenziale effetto di sifonamento. Attraverso la relazione di Bligh (Fonte Manuale dell'Ingegnere G. Colombo) è possibile definire la lunghezza della palancola in funzione del prodotto tra i seguenti due valori:

- ΔH : differenza di tirante idrico tra il battente massimo in alveo e il piano campagna non soggetto ad esondazione, che dalle modellazioni idrauliche risulta pari a 1.19 m;
- c : coefficiente adimensionale legato al tipo di suolo potenzialmente interessato dal moto di filtrazione, pari a 15 corrispondente a sabbia fine;
- $\Delta H \cdot c$: prodotto tra i due precedenti parametri, pari a 17.85 m, che dovrà essere inferiore alla lunghezza del percorso del moto di filtrazione in presenza della palancola, la quale ha appunto la funzione di incrementarlo.

Da queste considerazioni è possibile affermare che una palancola spinta a 10 m di profondità da piano campagna, determina un percorso di 20 m, cioè il doppio del suo sviluppo, quindi superiore a quello che potenzialmente può essere indotto dal moto di filtrazione, precedentemente determinato, risultando quindi adeguata ad impedire un potenziale effetto di sifonamento.

4.3.4. Configurazione provvisoria in fase di cantiere

La fase di varo delle travi dell'impalcato dei ponti e della successiva fase di getto per la realizzazione delle opere in c.a. necessita di appoggi provvisori, come rappresentato nell'immagine seguente. L'interasse degli appoggi è stato assegnato cercando di perseguire sia le esigenze strutturali legate alla geometria del ponte sia quelle idrauliche di minimizzazione dell'interferenza con l'alveo inciso. Una volta completato l'impalcato, gli appoggi saranno tolti e le sponde del corso d'acqua saranno ripristinate mediante la scogliera in massi prevista in progetto.

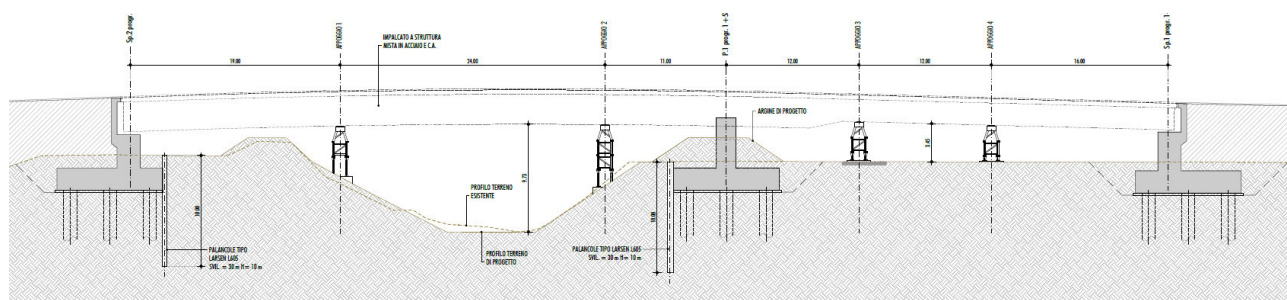


FIGURA 4-18 – SEZIONE IN ASSE STRADA (VISTA DA MONTE) DURANTE LA FASE DI CANTIERE CON GLI APPOGGI PROVVISORI

4.4. RISOLUZIONE INTERFERENZA CON LA ROGGIA DELLA LOBIA

La Roggia della Lobia è un fosso ad uso promiscuo, scolo ed irriguo, gestito dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, che presenta una sezione trapezia ($B=4.0\text{m}$, $b=1.0\text{m}$, $h=1.0\text{m}$) con sponde e fondo inerbite. La stessa costeggia Strada Lobia e all'incrocio con via Maglio di Lobia, attraversa quest'ultima con un tombino circolare in cls di diametro interno di 0.80m, a valle del quale la roggia si dirama proseguendo con funzione di scolo verso est fino a sfociare nella Roggia Zubana, mentre il tratto di roggia che prosegue verso sud assolve la funzione irrigua a seguito della chiusura della piccola paratoia a scudo, in evidente stato di degrado, ubicata immediatamente a valle del tombino pocanzi citato. Dai sopralluoghi e dal rilievo condotto sulla roggia è emerso che le quote di scorrimento della stessa, nel tratto indagato, rappresentato nella planimetria seguente, presentano un andamento verso sud nel primo tratto a monte di Via Maglio di Lobia, mentre il tratto a valle della viabilità scorre verso nord, convergendo entrambi a valle del tombino di attraversamento stradale pocanzi citato e da qui il deflusso continua verso est, in un fosso privato, di caratteristiche analoghe alla R. della Lobia, che costeggia Via Maglio di Lobia fino a sfociare nella R. Zubana. Di seguito sono riportati pianta e profili del reticolo descritto, ricostruiti tramite sopralluoghi e rilievo topografico, come riportato nell'elaborato di progetto T00OM01IDRD105_A "Opere di sistemazione ed attraversamento della Roggia della Lobia".

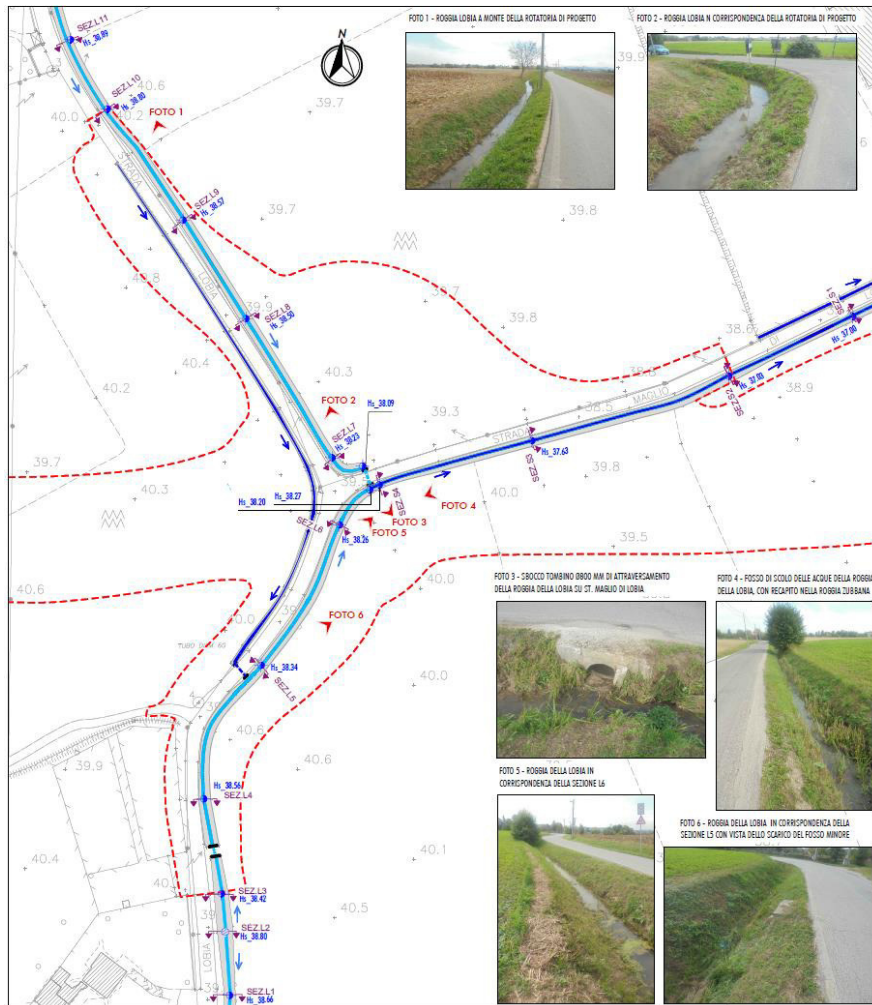


FIGURA 4-19 – PLANIMETRIA STATO DI FATTO CON RILIEVO FOTOGRAFICO DELLA ROGGIA DELLA LOBIA

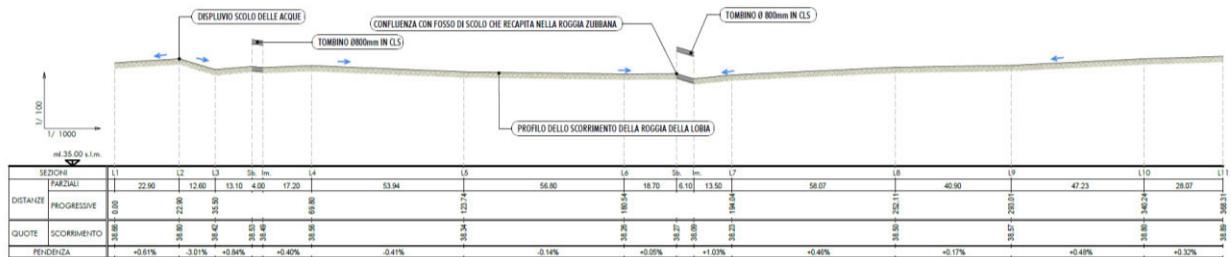


FIGURA 4-20 – PROFILO LONGITUDINALE DELLA ROGGIA DELLA LOBIA NELLO STATO DI FATTO

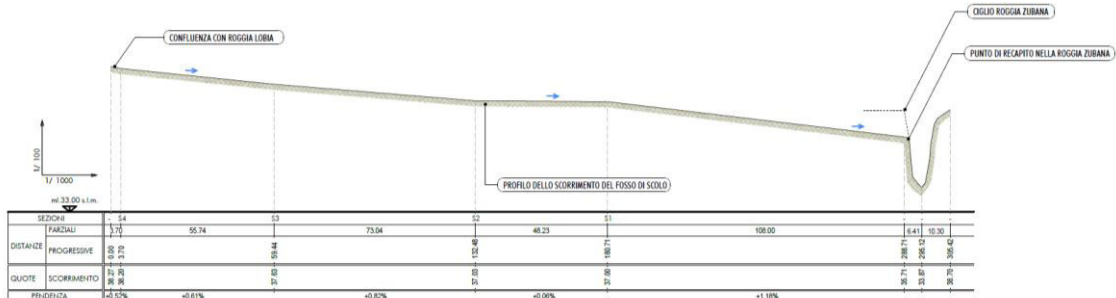


FIGURA 4-21 – PROFILO LONGITUDINALE DEL FOSSO DI SCOLO CHE RECAPITA NELLA ROGGIA ZUBANA NELLO STATO DI FATTO

In corrispondenza dell'incrocio tra le due strade esistenti, dove si verifica la separazione in due rami della roggia, è prevista la rotatoria di progetto con i relativi rami di connessione alla viabilità esistente; tale intervento, come mostrato nella planimetria di progetto seguente, rende necessario predisporre una deviazione del corso d'acqua, condotto cercando di ricreare le stesse condizioni attuali in termini sia di scolo delle acque verso la R. Zubana che, in occasione del periodo irriguo, di regolazione delle acque mediante la manovra di una nuova paratoia di progetto.

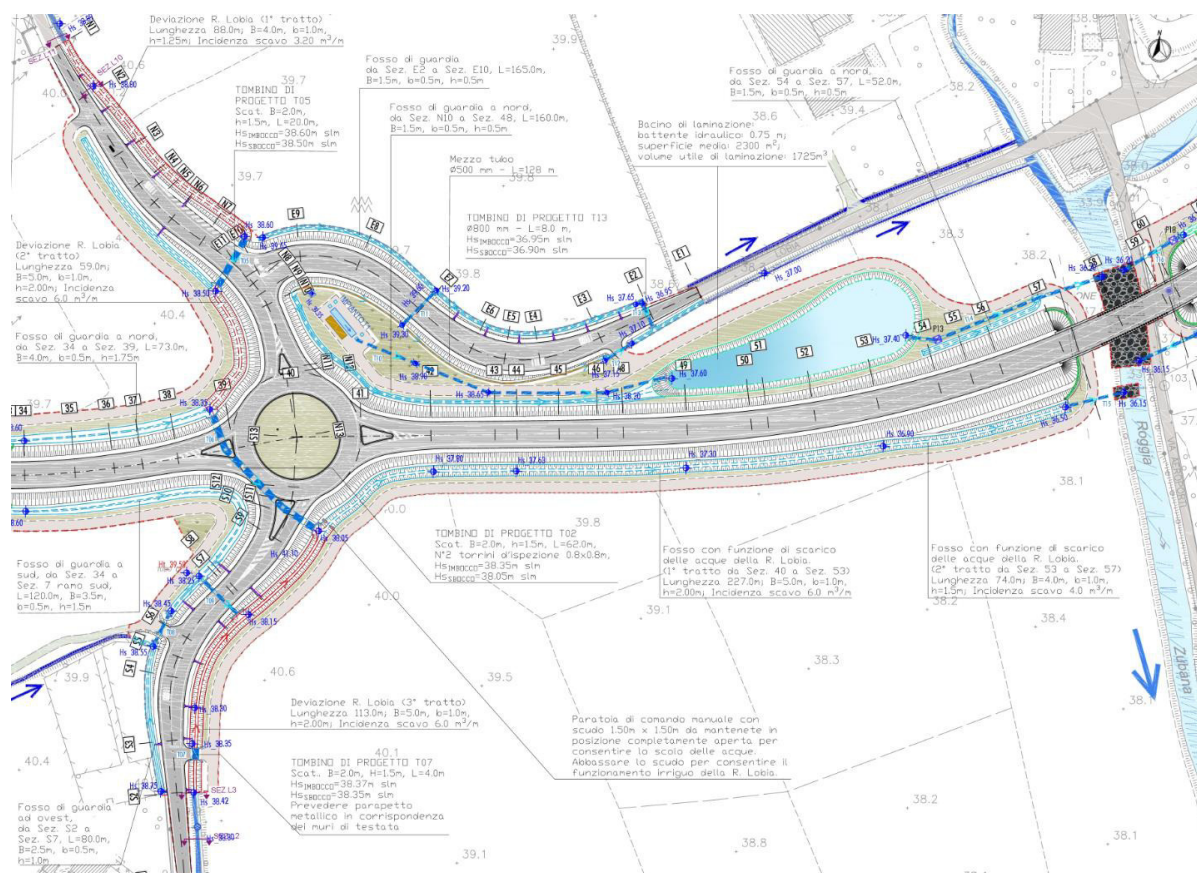


FIGURA 4-22 – PLANIMETRIA DI PROGETTO DELLA RISOLUZIONE DELLA ROGGIA DELLA LOBIA

La deviazione consiste in un primo tratto di 88.0m a cielo aperto che costeggia il nuovo ramo stradale di connessione con Strada di Lobia, realizzato con pendenza di scorrimento analoga all'esistente e sezione leggermente maggiorata (B=4.0m, b=1.0m, h=1.25m) al fine di garantire il deflusso della portata massima sostenibile dall'attuale roggia, incrementata del 30%, ponendoci a favore di sicurezza.

La nuova inalveazione continua con un tratto tombinato di attraversamento (denominato T05) al nuovo ramo nord della rotatoria di progetto, mediante un tombino scatolare prefabbricato in c.a., lungo 20.0 m, con pendenza di scorrimento pari a 0.50% e dimensioni interne di larghezza 2.0m ed altezza 1.50m, leggermente maggiori rispetto a quelle ipotizzate durante l'incontro con i tecnici del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta del 05.10.2016. In corrispondenza dell'imbocco e sbocco è previsto un muretto di testata a contenimento del terreno di scarpata, mentre la sezione idraulica della roggia risulta rivestita con

massi di cava non gelivi (pezzatura di 50-100 kg/cad) a faccia piana ed intasati con cls magro, sempre in accordo con l'Ente gestore.

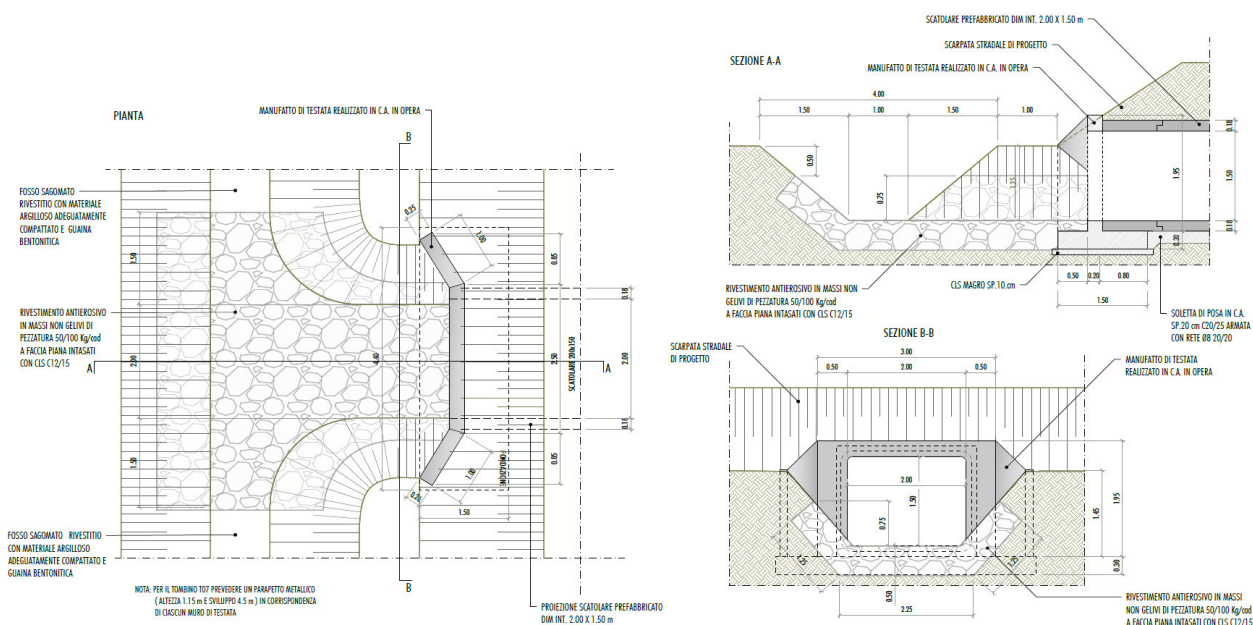


FIGURA 4-23 – TOMBINO SCATOLARE CON RELATIVO MANUFATTO D'IMBOCCO E SBocco

Il secondo tratto a cielo aperto, successivo al tombino precedente, si sviluppa per 59.0m con sezione leggermente maggiore della precedente ($B=5.0m$, $b=1.0m$, $h=2.0m$) per ragioni principalmente legate alle quote di scorrimento da garantire per avere una pendenza analoga al tratto precedente; questo determina quindi un approfondimento del fondo della roggia.

Il secondo tratto tombinato (denominato T06), che attraversa l'asse principale e il ramo sud della rotatoria di progetto, presenta caratteristiche costruttive, di pendenza dello scorrimento e dimensioni interne, analoghe al tombino precedente. Lo sviluppo complessivo è di 62.0m, lungo i quali sono stati previste due ispezioni, realizzate con torrino prefabbricato in c.a. di dimensioni interne 0.80m x 0.80m e chiusino in ghisa sferoidale, collocati in corrispondenza delle due isole spartitraffico della rotatoria.

Il terzo ed ultimo tratto di inalveazione della R. Lobia si sviluppa per 113.0 m costeggiando il ramo sud della rotatoria di progetto e raccordandosi al tratto esistente nel rispetto delle quote di scorrimento e della sezione di deflusso ($B=5.0m$, $b=1.0m$, $h=2.0m$). Lungo quest'ultimo tratto, che risulta in affiancamento a quello attuale, è presente un tombino esistente che garantisce un accesso poderale, la cui posizione non è compatibile con il suo mantenimento, quindi è stata assicurata la percorribilità di tale accesso prevedendo un nuovo tombino scatolare (denominato T07), analogo a quelli già descritti, lungo 4.0m e con un parapetto metallico in testa al muro di imbocco e di sbocco, alto 1.10 m da terra per garantire un attraversamento in sicurezza. La seguente immagine rappresenta il profilo longitudinale della deviazione della roggia, come descritto nei passaggi precedenti.

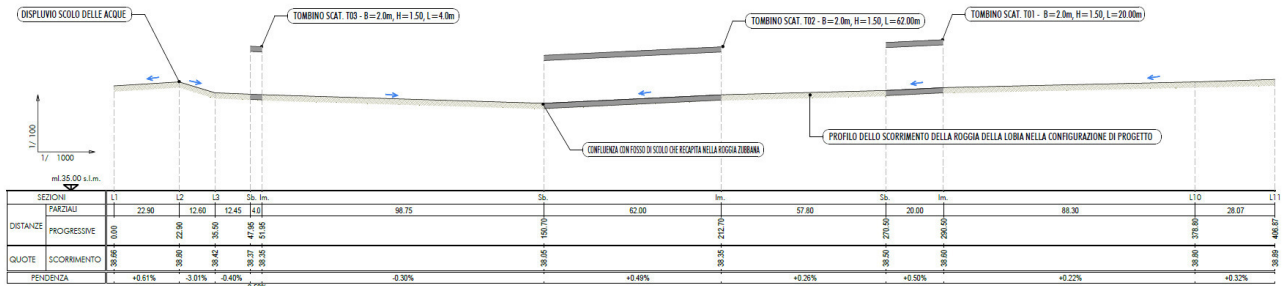


FIGURA 4-24 – PROFILO LONGITUDINALE DELLA ROGGIA DELLA LOBIA NELLO STATO DI PROGETTO

A valle del tombino di progetto T06 è stata ricreata la diramazione originaria, attraverso la realizzazione di un fosso di scolo che, dallo sbocco del tombino citato, arriva fino a sfociare nella Roggia Zubana, per una lunghezza di 301.0 m, di cui 227.0 m con sezione trapezia B=5.0m, b=1.0m, h=2.0m e 74.0 m con sezione B=4.0m, b=1.0m, h=1.50m. Lo scarico in Zubana avviene con tombino circolare in c.a. DN800 mm in corrispondenza della parte alta della sponda, minimizzando eventuali effetti di rigurgito.

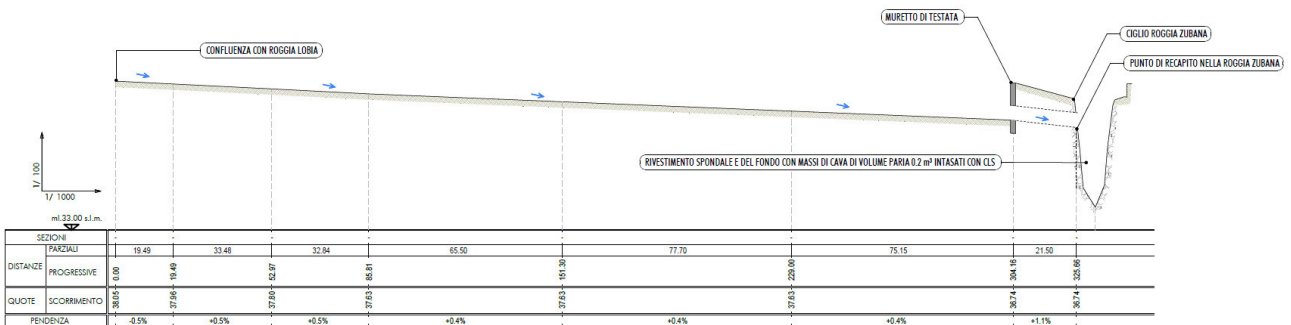


FIGURA 4-25 – PROFILO LONGITUDINALE DEL FOSSE CON FUNZIONE DI SCOLO DELLE ACQUE DELLA ROGGIA DELLA LOBIA NELLO STATO DI PROGETTO

In corrispondenza della nuova diramazione tra la Roggia della Lobia e il fosso di scolo diretto in Zubana è stato inserito il manufatto di regolazione delle portate, al fine di ricreare le medesime condizioni attuali in termini di uso irriguo della roggia. In particolare il manufatto è costituito da un muretto in c.a. realizzato in opera, trasversale alla sezione del fosso di scolo, che presenta un luce di fondo ampia 1.50m x 1.50m regolabile mediante una paratoia a scudo in acciaio zincato, regolabile con volantino e riduttore, come rappresentato nell'immagine seguente. Per consentire le operazioni di manovra in sicurezza è stata prevista una passerella metallica (classe di carico 1) dotata di parapetto anticaduta alto almeno 1.10m

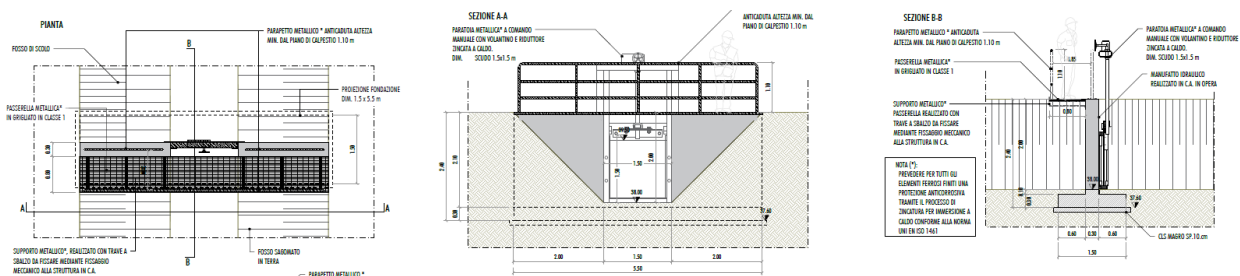


FIGURA 4-26– MANUFATTO DI REGOLAZIONE DI PROGETTO CON PARATOIA A SCUDO CON VOLANTINO

Tutti le inalveazioni previste, unitamente a tutti i fossi di guardia stradali di progetto, i quali raccolgono le acque della scarpata e non quella di piattaforma che sono invece gestite con un sistema “chiuso”, sono stati rivestiti sulle sponde e sul fondo con materiale prevalentemente argilloso, unitamente ad un materassino bentonitico, al fine di minimizzare l’infiltrazione nel sottosuolo, caratterizzato da una vulnerabilità degli acquiferi da media ad elevata e con acquiferi destinati ad alimentare la rete acquedottistica ad uso idropotabile.

Infine, la risoluzione di alcune interferenze tra la viabilità e la rete minore ad uso privato è stata condotta mediante l’inserimento di tombini circolari in c.a. prefabbricati, di diametro variabile in funzione delle esigenze idrauliche e dei vincoli morfologici presenti.

4.4.1. Verifica dell’officiosità idraulica del tratto deviato

Il presente capitolo fornisce l’evidenza delle verifiche condotte per il dimensionamento del tratto deviato, sia per l’inalveazione a cielo aperto che per il tratto tombinato.

Attraverso la formula in moto uniforme di Chezy è possibile definire la portata massima (a piene rive) “Qms” che può defluire dalla Roggia nello stato di fatto (SF) considerando la sezione trasversale media; questa è stata poi incrementata di un 30%, al fine di verificare che i tratti deviati o tombinati di progetto siano in grado far defluire la portata incrementata in modo efficiente. Il calcolo della portata massima con la relazione di Chezy è stata applicata anche per la sezione trasversale minima di progetto e per il tombino, ottenendo come dimostrato nella tabella seguente, che entrambe queste portate sono maggiori di quella incrementata dello stato di fatto, rendendo verificato e quindi adeguato il dimensionamento condotto.

Parametri	Sezione media della Roggia della Lobia nello SF	Sezione minima della Roggia della Lobia nello SP	Tombino della Roggia della Lobia nello SP
B (m)	4.0	4.0	2.0
b (m)	1.0	1.0	-
h (m)	1.0	1.25	1.5
i (-)	0.0025	0.0025	0.005
A (m ²)	2.50	3.13	3.0
P (m)	4.61	4.91	5.0
R (m)	0.54	0.64	0.6
Ks (m ^{1/3} /s)	25	25	60
Qms (m ³ /s)	2.08	2.89	9.05
Qms + 30%Qms (m ³ /s)	2.70	VERIFICATO	VERIFICATO

TABELLA 4-4 – VERIFICA DEL CORRETTO DIMENSIONAMENTO DELL’OFFICIOSITÀ IDRAULICA DELLA ROGGIA DELLA LOBIA NELLO SP

5. MANUFATTI DI TRASPARENZA IDRAULICA

I fornici sono manufatti scatolari in c.a. realizzati in opera con la funzione di rendere il rilevato stradale “trasparente” in caso di eventi alluvionali, consentendo quindi di garantire il deflusso delle acque verso valle, senza incrementare la pericolosità idraulica del territorio, secondo il principio d’invarianza idraulica. Le dimensioni ed il posizionamento lungo il tracciato di questi fornici variano in funzione dei battenti idraulici che potenzialmente possono generarsi nel territorio circostante, a seguito dell’esondazione del reticolo idrografico, in particolare il Fiume Bacchiglione e il Torrente Orolo. Complessivamente la luce libera garantita dai fornici è di 148.5 m che, unitamente a circa 164.0 m di luce delle campate dei ponti, permette di rispettare il principio d’invarianza idraulica, oltre a costituire una comoda apertura per il passaggio della fauna in sicurezza. Il fornice n°2 alla Pk 373.65, oltre alla funzione idraulica in caso di esondazione dei corsi d’acqua, è stato dimensionato per avere la funzione di passaggio per i mezzi agricoli (luce di 5.5m ed altezza di 3.50m), consentendo quindi di dare continuità ad una pista campestre impiegata per le attività agricole. I muri d’imbocco e sbocco dei fornici sono stati rivestiti con pietra locale e laterizio, riprendendo lo stile e i cromatismi delle opere idrauliche e non solo, presenti nel territorio vicentino.

I fornici sono complessivamente suddivisi in sette gruppi, come di seguito riportato:

- fornice n.1 alla Pk 0+38.15 con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 1.50m;
- fornice n.2 alla Pk 0+373.65 con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 3.50m, al fine di garantire anche la funzione di passaggio dei mezzi agricoli;
- fornice n.3 alla Pk 0+585.31 con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 1.50m;
- gruppo fornici n.4 alla Pk 1+103.38, costituito da otto aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.50 m, per una luce libera al deflusso larga 44.0 m;
- gruppo fornici n.5a alla Pk 1+251.75, costituito da quattro aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.25 m, per una luce libera al deflusso larga 22.0 m;
- gruppo fornici n.5b alla Pk 1+302.85, costituito da quattro aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.25 m, per una luce libera al deflusso larga 22.0 m;
- gruppo fornici n.6 alla Pk 1+360.43, costituito da quattro aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.25 m, per una luce libera al deflusso larga 22.0 m;
- gruppo fornici n.7 alla Pk 1+432.78, costituito da quattro aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.00 m, per una luce libera al deflusso larga 22.0 m.

I fornici 4, 5a, 5b, 6 e 7 sono ubicati nell’area tra il Ponte Roggia Zubana e il Ponte F. Bacchiglione, potenzialmente soggetta a battenti idrici per eventi alluvionali estremi (TR=200 anni e rotta arginale) anche fino a 1.65m da piano campagna. A fronte di queste risultanze si è ritenuto opportuno predisporre un

presidio all'imbocco di questi forni, costituito da una grata in acciaio a maglie ampie che consenta di trattenere il materiale flottante di grandi dimensioni (balloni di fieno, tronchi di alberi, automobili, ecc) potenzialmente trasportato dalla corrente e di garantire, allo stesso tempo, il deflusso dell'acqua all'interno dei forni, non pregiudicando l'efficienza idraulica degli stessi. Inoltre tale grata presenta un tratto apribile, come una cancellata, tale da facilitare le operazioni manutentive del manufatto.

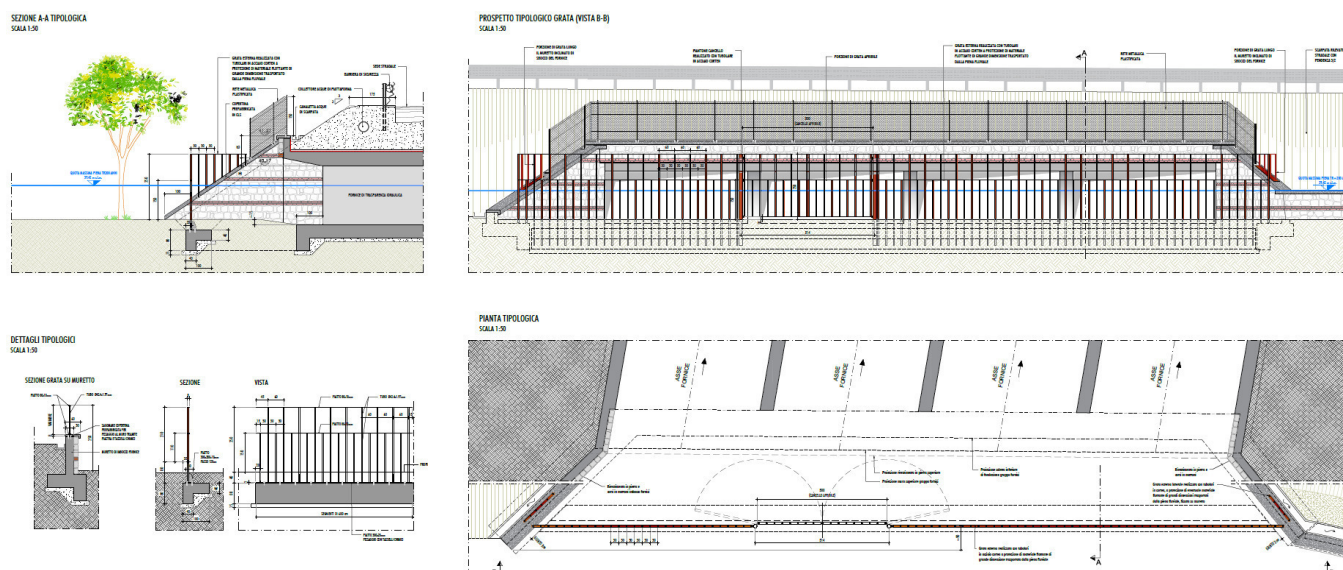


FIGURA 5-1- PARTICOLARE DELLA GRATA ALL'IMBOCCO DEL GRUPPO FORNICI N.4

Le luci di tutti i forni, anche dei primi tre, soggetti a battenti ben inferiori, sono state incrementate rispetto alle luci derivanti dal dimensionamento idraulico che già ottemperava al principio dell'invarianza idraulica in condizioni estreme, proprio al fine di cautelarsi ulteriormente anche da circostanze accidentali, di difficile interpretazione e stima, come quelle pocanzi menzionate.

Un altro aspetto significativo da porre all'attenzione riguarda l'approccio integrato con il quale è stata progettata l'intera infrastruttura stradale, le cui scelte, certamente condizionate prevalentemente dai vincoli idraulici e dalla necessità di tutelare il territorio attraversato, sono in grado di rispondere anche a tutte le altre esigenze di carattere sociale, ambientale e paesaggistico. Tra di esse si può citare la realizzazione dei raccordi alla viabilità esistente con soluzioni che garantiscano la percorribilità anche per i mezzi pubblici (autobus) utilizzando tecniche e presidi di mitigazione acustica. La "trasparenza" dell'intero rilevato stradale favorisce certamente il passaggio della fauna locale, inoltre l'inserimento di specie arboree ed arbustive autoctone lungo l'asse stradale, prevalentemente sul lato nord, maggiormente percepito dalle aree residenziali limitrofe, costituisce una schermatura verde che minimizza la presenza dell'infrastruttura. È utile specificare che la tipologia e i sesti d'impianto delle specie arboree è stati definiti selezionando specie con caratteristiche rustiche e robuste anche in caso di piena eccezionale, e con una distribuzione, in termini di collocazione e passo tra gli esemplari, attenta a non interferire con la funzione di trasparenza idraulica dei forni.

I seguenti capitoli forniscono una descrizione puntuale di ogni singolo fornice previsto in progetto.

5.2. FORNICE N. 2

Il fornice n.2 alla Pk 0+373.65 con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 3.50 m assolve, oltre alla funzione di trasparenza idraulica per consentire il deflusso delle potenziali acque di esondazione del Torrente Orolo in sponda sinistra, anche quella di permettere il passaggio dei mezzi agricoli dando continuità ad una pista campestre impiegata per le attività correlate.

A monte e a valle del fornice, i fossi di guardia al piede del rilevato stradale hanno origine immediatamente all'esterno dei muri d'ala, potendo raccogliere le acque della scarpata e della canaletta in cls prefabbricata posta dietro e perimetralmente al coronamento del muro d'imbocco e sbocco del fornice. Analogamente al fornice precedente, e a tutti gli altri, è presente sia il rivestimento in pietra locale che la rete metallica di sicurezza.

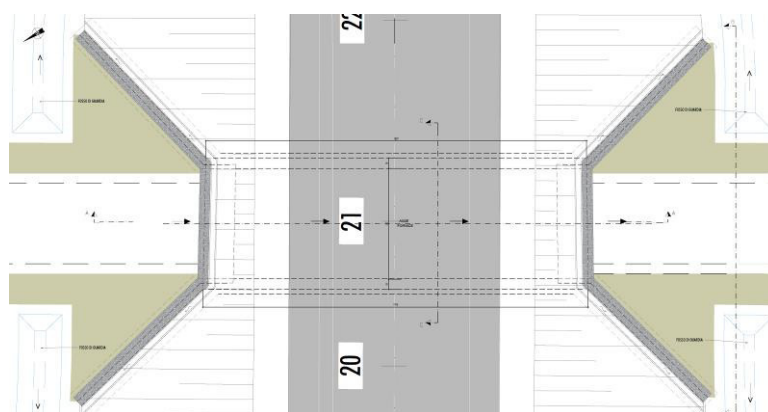


FIGURA 5-6 – PIANTA LIVELLO STRADA DEL FORNICE N.2

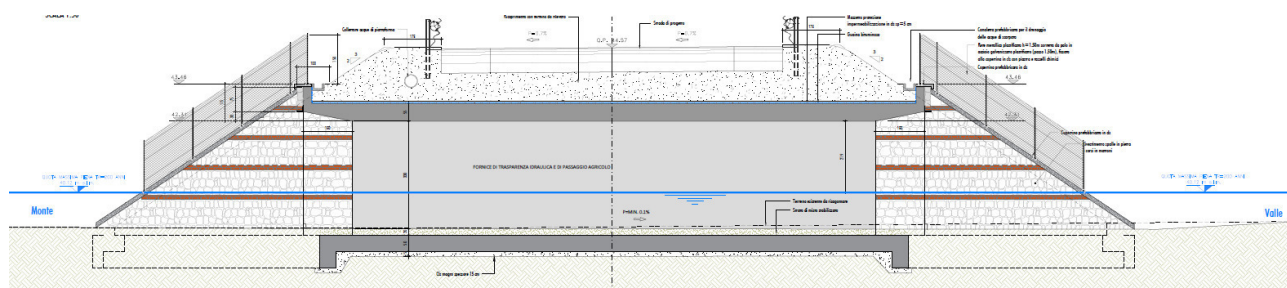


FIGURA 5-7 – SEZIONE LONGITUDINALE A-A CON LIVELLO IDRICO DI ESONDAZIONE NELLO SCENARIO TR=200 ANNI PIÙ GRAVOSO

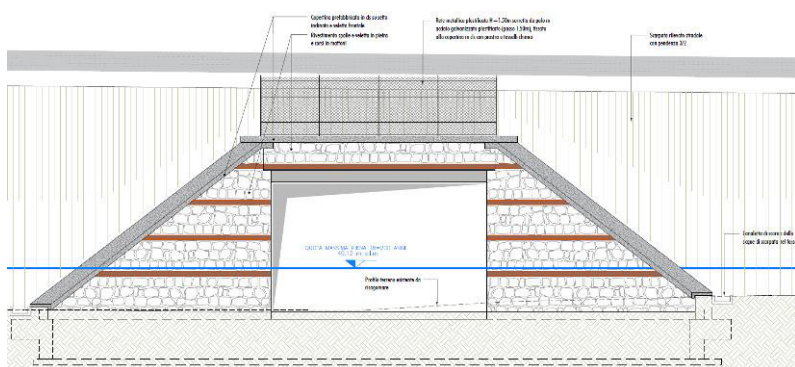


FIGURA 5-8 – VISTA B-B ALLO SBocco

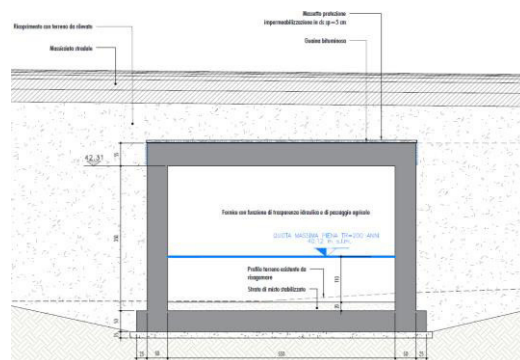


FIGURA 5-9- SEZIONE TRASVERSALE C-C

5.3. FORNICE N. 3

Il fornice n.3 alla Pk 0+585.31 con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 1.50 m assolve la funzione di dare continuità alle potenziali acque di esondazione del Torrente Orolo in sponda sinistra, in un'area depressa in cui l'acqua tende ad accumularsi. Come per il fornice n. 1, anche per il n. 3, il vincolo, legato questa volta alla presenza di una condotta acquedottistica esistente ad uso idropotabile unitamente alla sua fascia di rispetto di 20 m rispetto all'asse della condotta stessa, ha comportato l'ubicazione del fornice non esattamente nella posizione attualmente più depressa. Quindi, il fornice è stato ubicato esterno alla fascia di rispetto, graficizzata con linea arancione nella pianta seguente e, attraverso una modesta riprofilatura del terreno (circa 0.45 m in altezza), prevalentemente a valle del fornice, è stato possibile ricreare una condizione di adeguato drenaggio da monte a valle. A monte e a valle del fornice si trovano i fossi di guardia che raccolgono le acque di scarpata e la conducono nell'attuale ricettore costituito dalla Roggia della Lobia. Infine, è da ricordare la presenza del rivestimento in pietra locale e della rete metallica di sicurezza.

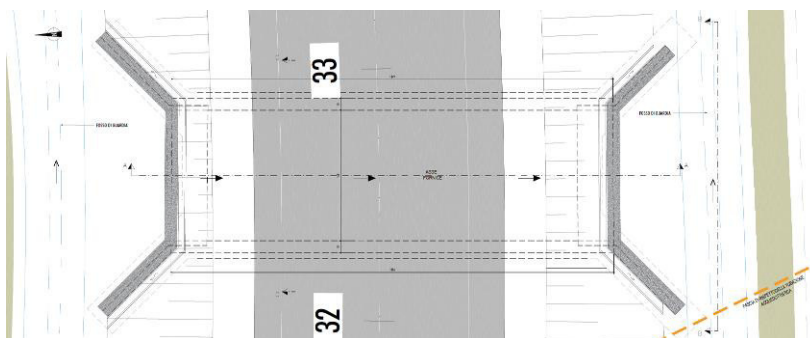


FIGURA 5-10 – Pianta livello strada del fornice n.3

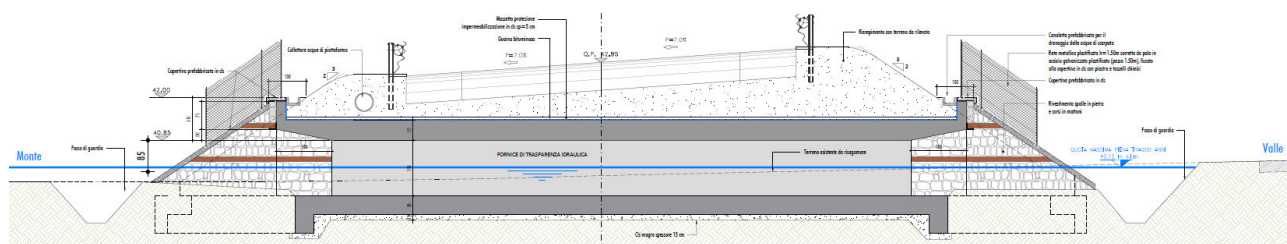


FIGURA 5-11 – Sezione longitudinale A-A con livello idrico di esondazione nello scenario TR=200 anni più gravoso

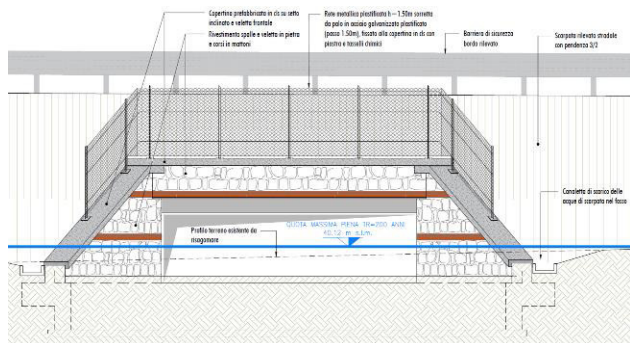


FIGURA 5-12 – Vista B-B allo sbocco

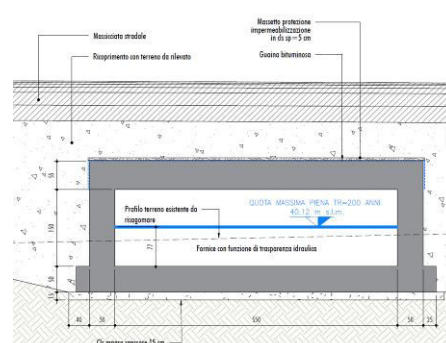


FIGURA 5-13 – Sezione trasversale C-C

5.4. FORNICE N. 4

Il gruppo fornici n.4 alla Pk 1+103.38, è costituito da otto aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.50 m, per una luce libera al deflusso larga 44.0 m. La sua funzione è quella di dare continuità alle potenziali acque che esondano dal Fiume Bacchiglione e conseguentemente dalle rogge e dal Canale di Derivazione, ad esso collegate. Il battente idrico che potenzialmente si può instaurare in quest'area, in conseguenza di un evento duecentennale concomitante ad un rotta arginale, è stato calcolato, nell'ambito del presente Studio, pari a 1.65 m, per tale ragione a monte del fornice è stata predisposta una grata in acciaio a maglie ampie per trattenere il potenziale materiale flottante di grandi dimensioni che potrebbe trasportare la corrente, come già definito in precedenza.

A monte del fornice si trova il fosso di laminazione delle acque di piattaforma del tratto di viabilità compresa tra il Ponte R. Zubana e il ponte F. Bacchiglione, mentre a valle è presente la pista di servizio, sotto la quale c'è un collettore di progetto che allontana le acque di scarpata stradale. Infine, è da ricordare la presenza del rivestimento in pietra locale e della rete metallica di sicurezza.

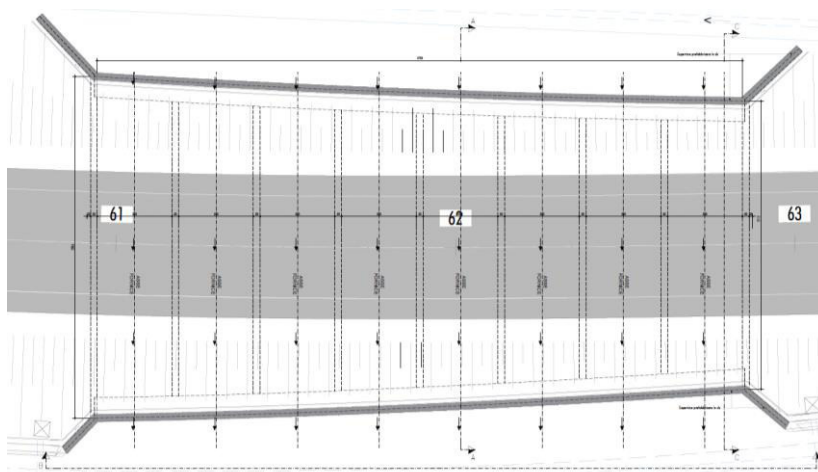


FIGURA 5-14 – PIANTA LIVELLO STRADA DEL FORNICE N.4

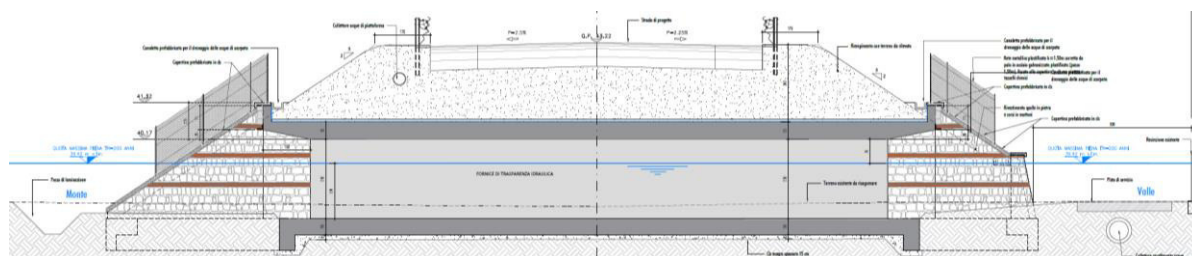


FIGURA 5-15 – SEZIONE LONGITUDINALE C-C CON LIVELLO IDRICO DI ESONDAZIONE NELLO SCENARIO TR=200 ANNI PIÙ GRAVOSO

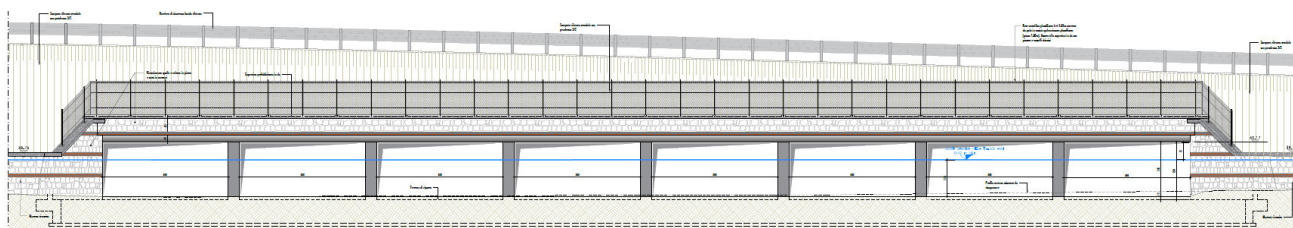


FIGURA 5-16 – VISTA B-B ALLO SBOCCO

5.5. FORNICE N. 5A

Il gruppo fornici n. 5a alla Pk 1+251.75 è costituito da quattro aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.25 m, per una luce libera al deflusso larga 22.0 m. La sua funzione è quella di dare continuità alle potenziali acque che esondano dal Fiume Bacchiglione e conseguentemente dalle rogge e dal Canale di Derivazione, ad esso collegate. Il battente idrico che potenzialmente si può istaurare in quest'area, in conseguenza di un evento duecentennale concomitante ad un rotta arginale, è stato calcolato, nell'ambito del presente Studio, pari a 1.40 m, per tale ragione a monte del fornice è stata predisposta una grata di caratteristiche analoghe al caso precedente. A monte del fornice si trova il fosso di laminazione delle acque di piattaforma del tratto di viabilità compresa tra il Ponte R. Zubana e il ponte F. Bacchiglione, mentre a valle è presente la pista di servizio, sotto la quale c'è un collettore di progetto che allontana le acque di scarpata stradale. E' da ricordare la presenza, a valle dei fornici n. 4 e 5a, di alcuni laghetti ad uso ricreativo (pesca sportiva), di cui, per uno di questi, l'ingombro della rotatoria di progetto adiacente, ha reso necessaria una riprofilatura, riducendone leggermente le dimensioni, comunque contenute al minimo grazie alla realizzazione di un muro di contenimento del rilevato stradale. Infine, è da ricordare la presenza della rete metallica di sicurezza e del rivestimento in pietra locale, previsto anche per il muro di sostegno citato.

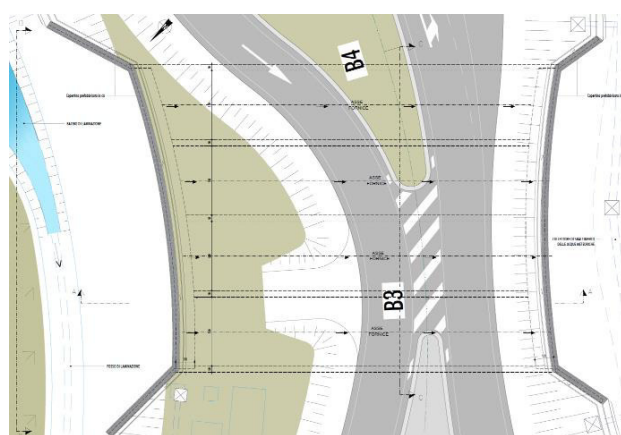


FIGURA 5-17 – PIANTA LIVELLO STRADA DEL FORNICE N.5A

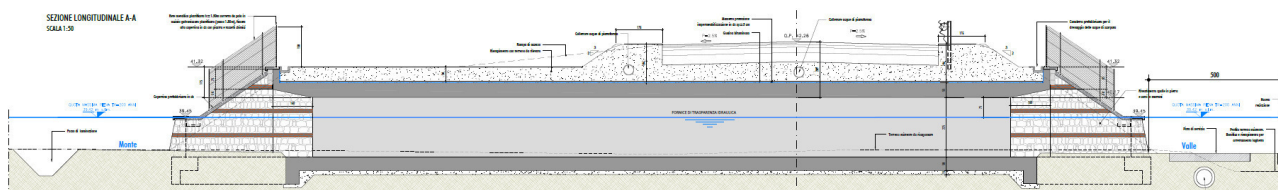


FIGURA 5-18 – SEZIONE LONGITUDINALE C-C CON LIVELLO IDRICO DI ESONDAZIONE NELLO SCENARIO TR=200 ANNI PIÙ GRAVOSO

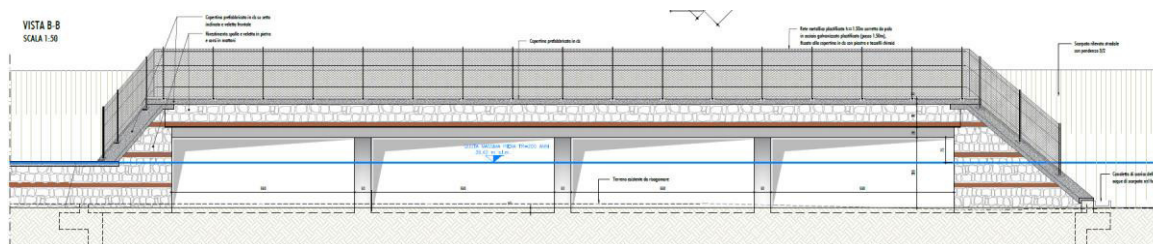


FIGURA 5-19 – VISTA B-B ALLO SBocco

5.6. FORNICE N. 5B

Il gruppo fornici n. 5b alla Pk 1+302.85 è costituito da quattro aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.25 m, per una luce libera al deflusso larga 22.0 m. La sua funzione è quella di dare continuità alle potenziali acque che esondano dal Fiume Bacchiglione e conseguentemente dalle rogge e dal Canale di Derivazione, ad esso collegate. Il battente idrico che potenzialmente si può istaurare in quest'area, in conseguenza di un evento duecentennale concomitante ad un rotta arginale, è stato calcolato, nell'ambito del presente Studio, pari a 1.40 m, per tale ragione a monte del fornice è stata predisposta una grata di caratteristiche analoghe al caso precedente. A monte del fornice si trova il bacino di laminazione delle acque di piattaforma del tratto di viabilità compresa tra il Ponte R. Zubana e il ponte F. Bacchiglione, collegato al fosso, con analoga funzione, citato per i fornici precedenti, mentre a valle è presente il fosso di guardia delle acque di scarpata che si collega al collettore, anch'esso già introdotto per i casi precedenti. Infine, è da ricordare la presenza del rivestimento in pietra locale e della rete metallica di sicurezza.



FIGURA 5-20 – PIANTA LIVELLO STRADA DEL FORNICE N.5B

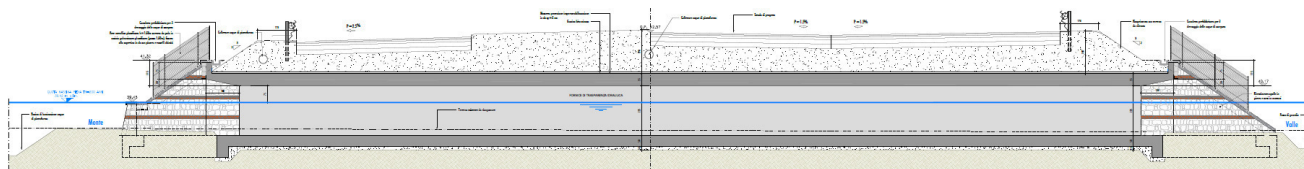


FIGURA 5-21 – SEZIONE LONGITUDINALE C-C CON LIVELLO IDRICO DI ESONDAZIONE NELLO SCENARIO TR=200 ANNI PIÙ GRAVOSO

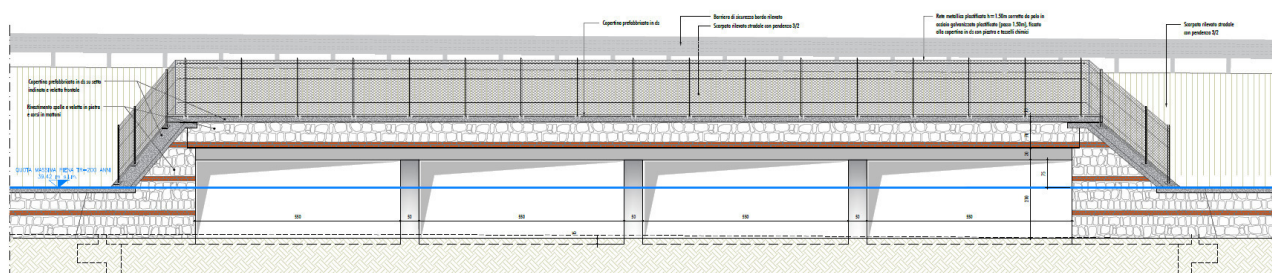


FIGURA 5-22 – VISTA B-B ALLO SBOCCO

5.7. FORNICE N. 6

Il gruppo fornici n. 6 alla Pk 1+360.43 è costituito da quattro aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.25 m, per una luce libera al deflusso larga 22.0 m. La sua funzione è quella di dare continuità alle potenziali acque che esondano dal Fiume Bacchiglione e conseguentemente dalle rogge e dal Canale di Derivazione, ad esso collegate. Il battente idrico che potenzialmente si può istaurare in quest'area, in conseguenza di un evento duecentennale concomitante ad un rotta arginale, è stato calcolato, nell'ambito del presente Studio, pari a 1.30 m, per tale ragione a monte del fornice è stata predisposta una grata di caratteristiche analoghe al caso precedente. A monte del fornice si trova il bacino di laminazione delle acque di piattaforma del tratto di viabilità compresa tra il Ponte R. Zubana e il ponte F. Bacchiglione, collegato al fosso, con analoga funzione, citato per i fornici precedenti, mentre a valle è presente il fosso di guardia delle acque di scarpata che si collega al collettore, anch'esso già introdotto per i casi precedenti. Infine, è da ricordare la presenza del rivestimento in pietra locale e della rete metallica di sicurezza.

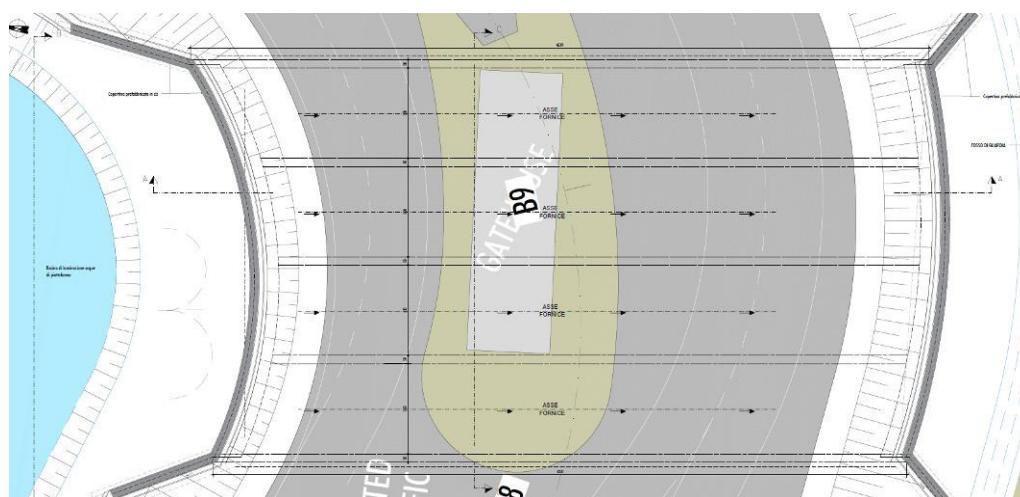


FIGURA 5-23 – PIANTA LIVELLO STRADA DEL FORNICE N.6

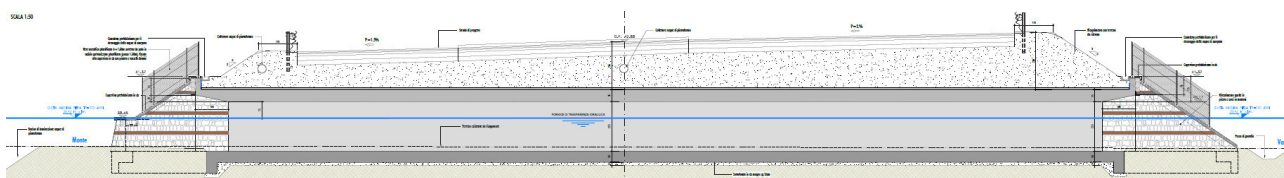


FIGURA 5-24 – SEZIONE LONGITUDINALE C-C CON LIVELLO IDRICO DI ESONDAZIONE NELLO SCENARIO TR=200 ANNI PIÙ GRAVOSO

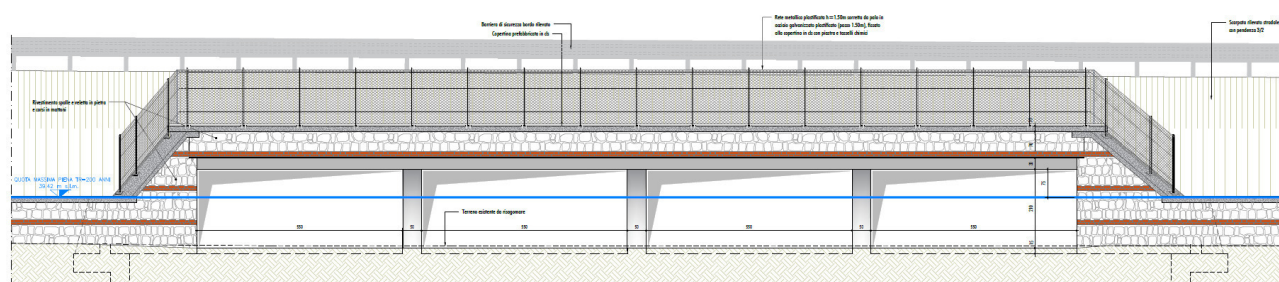


FIGURA 5-25 – VISTA B-B ALLO SBOCCO

5.8. FORNICE N. 7

Il gruppo fornici n. 7 alla Pk 1+432.78 è costituito da quattro aperture con larghezza ed altezza interna rispettivamente pari a 5.50 m e 2.00 m, per una luce libera al deflusso larga 22.0 m. La sua funzione è quella di dare continuità alle potenziali acque che esondano dal Fiume Bacchiglione e conseguentemente dalle rogge e dal Canale di Derivazione, ad esso collegate. Il battente idrico che potenzialmente si può istaurare in quest'area, in conseguenza di un evento duecentennale concomitante ad un rotta arginale, è stato calcolato, nell'ambito del presente Studio, pari a 1.05 m, per tale ragione a monte del fornice è stata predisposta una grata di caratteristiche analoghe al caso precedente. A monte del fornice si trova il bacino di laminazione delle acque di piattaforma del tratto di viabilità compresa tra il Ponte R. Zubana e il ponte F. Bacchiglione, collegato al fosso, con analoga funzione, citato per i fornici precedenti, mentre a valle è presente il fosso di guardia delle acque di scarpata che si collega al collettore, anch'esso già introdotto per i casi precedenti. Infine, è da ricordare la presenza del rivestimento in pietra locale e della rete metallica di sicurezza.

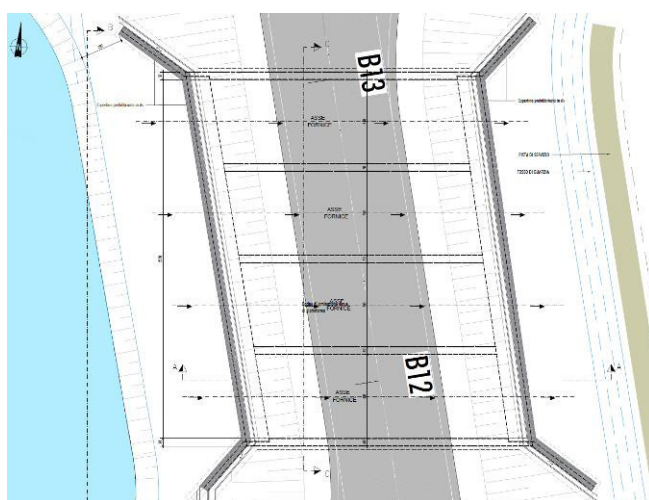


FIGURA 5-26 – PIANTA LIVELLO STRADA DEL FORNICE N.7

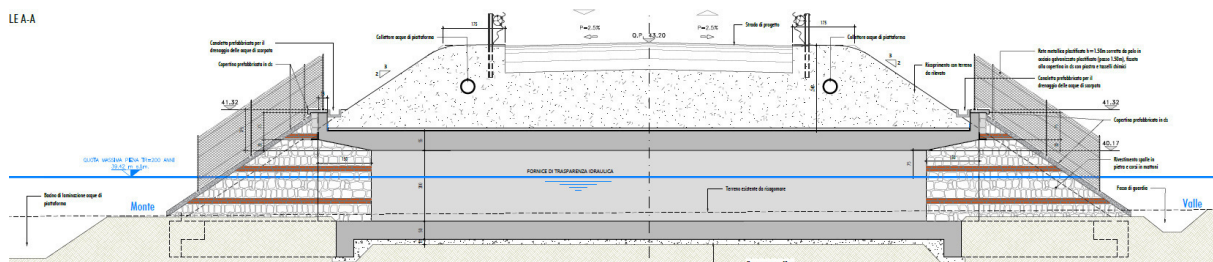


FIGURA 5-27 – SEZIONE LONGITUDINALE C-C CON LIVELLO IDRICO DI ESONDAZIONE NELLO SCENARIO TR=200 ANNI PIÙ GRAVOSO

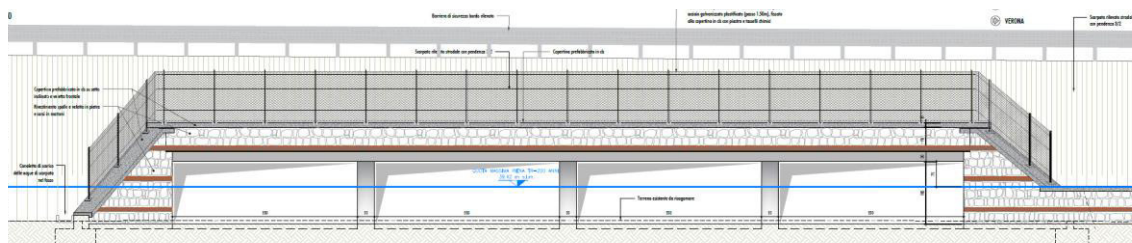


FIGURA 5-28 – VISTA B-B ALLO SBOCCO

6. CONCLUSIONI

La compatibilità idraulica dell'opera ed il dimensionamento dei manufatti sono stati valutati in relazione all'involuppo di tutte le simulazioni idrauliche condotte, al fine di definire, per ogni punto del dominio, quale fosse la condizione più gravosa ottenuta:

- in termini di differenze di tiranti tra stato di progetto e stato di fatto per TR=100anni, al fine di determinare l'ampiezza dei fornicci che soddisfa il criterio d'invarianza idraulica di 5.0 cm stabilito dall'Autorità di Distretto Idrografico Alpi Orientali;
- in termini di livelli e tiranti massimi per la portata duecentennale, funzionale al dimensionamento delle aperture degli attraversamenti di progetto, della quota d'intradosso dei ponti e dei fornicci e della quota della livelletta stradale.

In particolare, per quanto riguarda l'invarianza idraulica è emerso che, nelle aree golenali intorno al torrente Orolo e quelle sulla sponda destra della Roggia Zubana è sufficiente garantire la continuità idraulica dei canali presenti, in particolare la Roggia della Lobia, ed introdurre aperture in corrispondenza di alcuni punti del piano campagna particolarmente depressi. In particolare, in questa zona, sono stati previsti tre fornicci, ciascuno con luce di 5.50m, di cui uno assolve anche la funzione di passaggio agricolo, con altezza di 3.50m.

Assai diverso è lo scenario riscontrato nel tratto compreso tra la sponda sinistra della Roggia Zubana e quella destra del F. Bacchiglione, dove, in virtù anche dell'andamento del piano campagna, le simulazioni condotte (in particolar modo quelle in assenza delle arginature della cassa d'espansione di Viale Diaz a Vicenza) hanno evidenziato come la presenza della tangenziale incrementi apprezzabilmente i livelli rispetto alla condizione ante-operam. Questo risultato ha spinto ad ipotizzare aperture di fornicci via via maggiori, fino a determinare una condizione in cui risultasse ragionevolmente soddisfatto il vincolo d'invarianza idraulica, in relazione anche alle esigenze progettuali. Da questi ragionamenti è emersa una lunghezza complessiva delle luci di trasparenza idraulica (nel tratto tra R. Zubana e F. Bacchiglione, alvei esclusi) di 166.70 m, ripartita in un'apertura da 44.00 m, quattro aperture da 22.00m e l'ultima da 34.40 m, rappresentata dalla luce netta garantita dalla prima campate del ponte sul Fiume Bacchiglione, esterna all'alveo attivo.

Per quanto riguarda la luce dei ponti di progetto, questa è stata definita previa verifica mediante modellazione, al fine di garantire che tale ampiezza non generi significativi rigurgiti in confronto con gli analoghi scenari dello stato di fatto, mentre la quota minima dell'intradosso è stata fissata con un franco di sicurezza di almeno 1.5m rispetto al massimo livello per la piena bicentennale restituito dalla modellazione. A partire dalle assunzioni idrauliche condotte, sono state poi considerate anche esigenze funzionali e geometrico-strutturali dei ponti, che hanno determinato degli incrementi di luci e quote dell'intradosso dell'impalcato, ponendoci quindi in una condizione di cautela ulteriore dal punto di vista idraulico.

- Attraversamento sul T, Orolo: unica campata da 44.00 m (luce netta al deflusso pari a 40.75 m) e quota dell'intradosso pari a 43.50 m s.l.m.;
- Attraversamento sulla R. Zubana: unica campata da 44.00 m (luce netta al deflusso pari a 41.00 m) e quota dell'intradosso pari a 41.70 m s.l.m.;
- Attraversamento sul F. Bacchiglione: doppia campata da 54.00 m e 40.00 mm (luce netta al deflusso pari a $47.60+34.40=82.30$ m) e quota dell'intradosso pari a 41.80 m s.l.m.

Infine, la quota della livelletta stradale è stata definita a valle del dimensionamento della quota d'intradosso dei ponti e dei fornic, considerando oltretutto lo spazio fisicamente necessario per l'ubicazione dei collettori di smaltimento delle acque di piattaforma stradale, arrivando a fissare un franco minimo rispetto ai tiranti per $Tr=200$ anni sempre maggiore di 1.0m; assunzione che permette di rendere l'intero tracciato stradale in sicurezza idraulica, anche per eventi estremi.