

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA

RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA – CHIETI

LOTTO 2 - TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM SAN GIOVANNI
TEATINO

IDROLOGIA E IDRAULICA

Lotto 2 - Relazione Idraulica Attraversamenti Minori Principali

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IA4S 02 D 29 RI ID0002 001 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| A | Emissione Esecutiva | P.Luciani | 28/05/2019 | D. Orlando | 29/05/2019 | T.Paoletti | 30/05/2019 | Arduini 30/05/2019 ITALEFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Doc. n. 193 - Edizione Arduini n. 19304/2019 Cantieri per i lavori di adeguamento della Provincia di Roma |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA.
RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA PESCARA PORTA NUOVA
- CHIETI. LOTTO 2: TRATTA PESCARA PORTA NUOVA - PM
SAN GIOVANNI TEATINO
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

Relazione Idraulica Attraversamenti Minori Principali

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|---------|
| IA4S | 02 D 29 | RI | ID0002 001 | A | 2 di 47 |

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA | 5 |
| 2. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO..... | 6 |
| 3. RIFERIMENTI NORMATIVI | 7 |
| 4. STUDIO IDROLOGICO | 8 |
| 5. CRITERI DI PROGETTO..... | 9 |
| 6. CARATTERISTICHE DEI BACINI | 11 |
| 7. PORTATE DI PROGETTO | 12 |
| 8. STUDIO IDRAULICO..... | 14 |
| 8.1 INQUADRAMENTO DELLE INTERFERENZE..... | 14 |
| 8.2 INTERVENTI DI INALVEAZIONE E RACCORDO CON L'OPERA DI ATTRAVERSAMENTO..... | 14 |
| 9. METODOLOGIE DI VERIFICHE IDRAULICHE | 15 |
| 9.1 VERIFICHE IDRAULICHE | 15 |
| 9.2 SISTEMAZIONI IDRAULICHE | 15 |
| 9.3 VERIFICA IN MOTO PERMANENTE | 15 |
| 10. INTERFERENZE E SISTEMAZIONI IDRAULICHE PRINCIPALI | 18 |
| 11. ALLEGATO 1 – MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE IN08 | 19 |
| 11.1 SCHEMA PLANIMETRICO SEZIONI | 19 |
| 11.2 PROFILO IDRAULICO ANTE OPERAM TR 200 ANNI..... | 20 |
| 11.3 PROFILO IDRAULICO POST OPERAM TR200 ANNI | 21 |
| 11.4 TABELLA RIASSUNTIVA ANTE OPERAM TR200 ANNI | 22 |
| 11.5 TABELLA RIASSUNTIVA POST OPERAM TR200 ANNI | 22 |
| 12. ALLEGATO 2– MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE IN11 | 34 |
| 12.1 SCHEMA PLANIMETRICO SEZIONI | 34 |
| 12.2 PROFILO IDRAULICO ANTE OPERAM TR 200 ANNI..... | 35 |

Relazione Idraulica Attraversamenti Minori Principali

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|---------|
| IA4S | 02 D 29 | RI | ID0002 001 | A | 4 di 47 |

| | | |
|------|--|----|
| 12.3 | PROFILO IDRAULICO POST OPERAM TR200 ANNI | 36 |
| 12.4 | TABELLA RIASSUNTIVA ANTE OPERAM TR200 ANNI | 36 |
| 12.5 | TABELLA RIASSUNTIVA POST OPERAM TR200..... | 37 |

1. PREMESSA

Il presente studio riferisce la metodologia per effettuare le verifiche idrauliche dei corsi d'acqua minori principali interferenti con il raddoppio della tratta ferroviaria in progetto del lotto 2 tra Pescara Porta Nuova e Chieti. Il lotto si estende dalla PK 6+550 alla PK 12+237. Per corsi d'acqua minori principali si intendono quelli per i quali vi erano dati di base e condizioni idrauliche tali da permettere e richiedere lo studio del comportamento in moto permanente.

Il progetto del raddoppio ferroviario della tratta in oggetto si sviluppa in un ambito urbano fortemente antropomorfizzato; la richiesta da parte della Committenza di ridurre i tempi di interruzione dell'esercizio ferroviario rispetto alle ipotesi del PP2006 e cercando di salvaguardare il tessuto urbano esistente, risulta incompatibile con la necessità di innalzare il PF in modo da garantire le dimensioni minime interne previste dal MdP per i tombini (MdP 3.7.2.2.2). L'ipotesi di innalzamento del PF avrebbe comportato la necessità di intervenire su tutte le interferenze stradali di scavalco, ad oggi non interessate da alcun intervento (Es.: Autostrade A25, A14, Asse Attrezzato PE-CH), creando notevoli disagi al traffico stradale ed un aumento ulteriore dei costi. Di conseguenza, come evidenziato nella relazione generale e, più nello specifico nella relazione idraulica di PFTE, le interferenze minori idrauliche sono state studiate puntualmente prevedendo, ove non possibile altrimenti, opere non standard, ovvero opere con un'altezza minima interna prevista da MdP. La criticità è stata segnalata puntualmente nella relazione delle interferenze idrauliche minori. In ogni caso sono garantiti i franchi idraulici relativi al grado di riempimento massimo e pendenza minima longitudinale, come da MdP. Nei tratti di linea ferroviaria (rilevato e trincea) interessati da livelli di piena significativi per la sicurezza della linea sono previste opere di sostegno con funzione di difesa idraulica.

Inoltre, il contesto fortemente urbanizzato che caratterizza il progetto in oggetto ha una difficoltà idraulica intrinseca, che consiste in un'incertezza delle condizioni al contorno, in particolare di valle, dovute all'impossibilità di ispezionare le continuità idrauliche urbane, sovente tombate. Dove non è stato possibile fare altrimenti si è quindi scelto di utilizzare come condizioni al contorno le pendenze rilevate dei tratti di monte e di valle. Nella fase esecutiva della progettazione dovrà essere meglio definito il raccordo dell'opera in progetto all'opera idraulica esistente. Prima dell'inizio dei lavori andranno verificata puntualmente le quote precise dei recapiti, in quanto suscettibili di modifiche nel tempo.

2. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

Il progetto del raddoppio della linea ferroviaria Pescara Porta Nuova-Chieti si sviluppa in destra idraulica del fiume Pescara e interessa diversi corsi d'acqua minori che confluiscono poi nel fiume principale. Lo studio del fiume Pescara è oggetto di altro elaborato. Il tracciato si sviluppa da 6.5 Km al Km 12+237 per quanto attiene al lotto 2 ed è caratterizzato da rilevati di modesta entità. Costeggia la zona industriale pertanto molti recapiti dei corsi d'acqua minori risultano tombati.



Figura 1 – Inquadramento del Lotto 2

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Regio Decreto 25/07/1904 n°523 “Testo unico delle disposizioni di alle opere idrauliche delle diverse categorie”;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico del f (P.G.R.A. 03/03/2016); •
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato all'anno 2018.
- Prescrizioni normative del Ministero dei Lavori Pubblici In Italia i riferimenti normativi ai quali si deve attenere il progettista
- PIANO STRALCIO DIFESA ALLUVIONI – P.S.D.A. – redatto dall’Autorità dei Bacini Regionali e Interregionali del Fiume Sangro, approvato con delibera n.6 del 31/07/2007 del Comitato Istituzionale.
- Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA) del distretto dell'appennino centrale Adottato dal Comitato Istituzionale integrato il 17 dicembre 2015 Approvato dal Comitato Istituzionale integrato il 3 marzo 2016
- NTC 17/01/2018 e Circolare Esplicativa

4. STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico IA4S00D09RIID0001001B e al quale si rimanda per i dettagli, allegato al progetto, è stato caratterizzato dalle seguenti fasi:

- analisi pluviometrica per la definizione dell'altezza totale di precipitazione,
- definizione della precipitazione netta, ovvero la componente di precipitazione che partecipa al deflusso, pari alla precipitazione totale depurata da quella che risulta persa in conseguenza a perdite idrologiche (immagazzinamento superficiale, vegetazione, evaporazione, infiltrazione)
- trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle caratteristiche dell'onda di piena, per vari tempi di ritorno;
- analisi statistica delle registrazioni idrometriche, con determinazione/stima "diretta" delle portate al colmo di progetto;
- applicazione delle procedure di regionalizzazione delle piogge (VA.PI.) e delle portate (P.S.D.A. – Piano Stralcio Difesa Alluvioni della Regione Abruzzo) disponibili.

Lo studio idrologico allegato al progetto ha dapprima calcolato le caratteristiche morfometriche dei bacini. Successivamente ha stimato le portate in progetto partendo dal tempo di corrivazione calcolato con la media tra i metodi Kirpich, Ventura, Pasini, Puglisi, Pezzoli. Le piogge sono il risultato delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel delle registrazioni pluviometriche delle stazioni di misura per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche considerate.

La portata al colmo è stata calcolata con il metodo razionale e il coefficiente di deflusso φ è stato valutato applicando il metodo del Curve Number CN (SCS method), sulla base della copertura del suolo (all'interno del bacino in esame) riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° Livello (Ispra, 2012): in particolare, ad ogni codice del CLC relativo ad una specifica copertura del suolo è stato assegnato il relativo CN, dedotto da tabelle disponibili in letteratura e applicando il modello SCS-CN.

Per l'elaborazione dei dati idrologici si rimanda all'elaborato IA4S00D09RIID0001001B allegato al progetto mentre nel presente studio si allega la sola sintesi delle elaborazioni.

5. CRITERI DI PROGETTO

Lo studio idraulico è finalizzato al dimensionamento delle sezioni di deflusso dei manufatti e degli eventuali accorgimenti da mettere in opera per consentire lo smaltimento delle acque meteoriche intercettate dal rilevato e, più in generale, alla risoluzione delle problematiche connesse con il regime idraulico dell'area interessata dalla nuova linea ferroviaria in progetto.

Come previsto dal Manuale di Progettazione RFI/Italferr ogni tipo di manufatto idraulico verrà verificato utilizzando i seguenti tempi di ritorno T_r (essendo S la superficie del bacino):

a) Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

linea ferroviaria $T_r = 300$ anni per $S \geq 10 \text{ km}^2$.

linea ferroviaria $T_r = 200$ anni per $S < 10 \text{ km}^2$.

b) Inalveamenti:

tratti a monte e a valle della linea ferroviaria $T_r = 300$ anni per $S \geq 10 \text{ km}^2$.

tratti a monte e a valle della linea ferroviaria $T_r = 200$ anni per $S < 10 \text{ km}^2$.

Da Manuale RFI, per i tombini deve essere inoltre garantito un grado di riempimento massimo del 70% ed una pendenza minima dello 0.2%. Sono state inoltre prese in considerazione le prescrizioni della Circolare Esplicativa NTC 2018, che richiede per i tombini un grado di riempimento massimo pari a 2/3 dell'altezza, ed in ogni caso un franco minimo di 0.5m.

Riassumendo:

- Riempimento massimo 66%
- Franco minimo 0.5m
- Pendenza minima tombino 0.2%
- Velocità massime 6 m/s

A monte e valle delle opere sono sempre previsti dei tratti di raccordo sistemati idraulicamente o con massi annegati nel calcestruzzo o con canali artificiali, in modo da regolarizzare il flusso in ingresso ed uscita dal tombino stesso; tombino che funge spesso da recapito per i fossi a protezione della linea e per le acque di piattaforma.

Le dimensioni delle opere esistenti, larghezza e profondità dei canali sono state desunte sulla base della cartografia e dei rilievi disponibili nella presente fase progettuale.

Nella fase esecutiva della progettazione dovrà essere meglio definito il raccordo dell'opera in progetto all'opera idraulica esistente. Prima dell'inizio dei lavori andranno verificata puntualmente le quote precise dei recapiti, in quanto suscettibili di modifiche nel tempo.

6. CARATTERISTICHE DEI BACINI

In questo capitolo vengono espone le risultanze fondamentali relativamente all'analisi probabilistica degli estremi idrologici sviluppate nell'ambito dello studio idrologica descritto nella relazione tecnica specialistica allegata al presente PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA IA4S00D09RIID0001001B.

Tabella 1 - Caratteristiche dei bacni estratte dalla relazione idrologica di riferimento

| PESCARA-CHIETI | | | | | | |
|----------------|-----------------|---------------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Id. | Area | Lunghezza asta principale | Altitudine massima | Altitudine minima | Altitudine media | Pendenza media |
| bacino | Km ² | Km | m s.l.m. | m s.l.m. | m s.l.m. | m/m |
| 1 | 0.125 | - | 19 | 7 | 15.24 | 0.03 |
| 2 | 1.1 | 2.55 | 183 | 16 | 65.4 | 0.13 |
| 3 | 0.02 | - | 23 | 18 | 21.23 | 0.02 |
| 4 | 0.45 | 0.61 | 54 | 18 | 26.2 | 0.05 |
| 5 | 0.02 | - | 23 | 19 | 20.4 | 0.02 |
| 6 | 1.18 | 2.36 | 210 | 20 | 76.6 | 0.18 |
| 7 | 0.064 | - | 24 | 22 | 23.1 | 0.007 |
| 8 | 0.06 | - | 24 | 21 | 22.5 | 0.01 |
| 9 | 0.05 | - | 24 | 21 | 22.2 | 0.01 |
| 10 | 0.047 | - | 23 | 21 | 22 | 0.015 |
| 11 | 0.58 | 1.8 | 213 | 21 | 85.7 | 0.2 |
| 12 | 0.02 | - | 23 | 19 | 20.4 | 0.01 |
| 13 | 0.022 | - | 20 | 19 | 19.99 | 0.002 |
| 14 | 0.032 | - | 22 | 19 | 20.11 | 0.02 |
| 15 | 0.74 | 1.71 | 212 | 21 | 85.73 | 0.1 |
| 16 | 0.04 | - | 22 | 17 | 19.6 | 0.02 |
| 17 | 0.04 | - | 22 | 18 | 20.1 | 0.02 |
| 18 | 0.03 | 0.67 | 22 | 19 | 20.44 | 0.02 |
| 19 | 0.06 | - | 24 | 20 | 21.73 | 0.01 |
| 20 | 0.13 | 0.57 | 49 | 21 | 28.1 | 0.05 |
| 21 | 1.46 | 2 | 200 | 22 | 79.7 | 0.2 |
| 22 | 0.23 | 0.66 | 75 | 22 | 35.5 | 0.09 |
| 23 | 0.08 | - | 28 | 22 | 23.475 | 0.01 |
| 24 | 0.11 | - | 53 | 22 | 88.2 | 0.09 |
| 25 | 1.178 | 1.6 | 176 | 21 | 64.05 | 0.12 |
| 26 | 1.003 | 1.858 | 210 | 23.5 | 85 | 0.033 |
| 27 | 0.05 | - | 29 | 22 | 25.6 | 0.04 |
| 28 | 0.867 | 1.787 | 285 | 22.5 | 80 | 0.032 |
| 29 | 0.667 | 1.396 | 150 | 16.5 | 55 | 0.028 |
| 30 | 1.137 | 2.332 | 225 | 28 | 95 | 0.029 |
| 31 | 0.54 | 1.4 | 157 | 29 | 67.22 | 0.13 |
| 32 | 1.317 | 2.612 | 307 | 32.5 | 105 | 0.028 |
| 33 | 0.08 | - | 54 | 31 | 42.26 | 0.06 |
| 34 | 1.82 | 2.7 | 292 | 35 | 105.2 | 0.17 |
| 35 | 0.035 | - | 45 | 35 | 40.48 | 0.05 |
| 36 | 0.021 | - | 45 | 38 | 40.84 | 0.04 |
| 37 | 0.021 | - | 47 | 40 | 42.62 | 0.04 |
| 38 | 0.09 | - | 48 | 42 | 45.69 | 0.02 |
| 39 | 0.05 | - | 48 | 43 | 45.63 | 0.02 |
| 40 | 0.17 | - | 49 | 39 | 43.9 | 0.03 |
| 41 | 0.15 | - | 50 | 40 | 45.9 | 0.02 |

7. PORTATE DI PROGETTO

Nella tabella seguenti si riassumono le portate principali di dimensionamento delle opere di attraversamento.

Tabella 2 - Portate di progetto estratte dalla relazione idrologica di riferimento

| PESCARA-CHIETI | | | | | | | |
|----------------|----------|----|--------|---------------------|------------|------------|------------|
| Id. | Tc (ore) | CN | S | Portate di progetto | | | |
| bacino | | | | Q (Tr 30) | Q (Tr 100) | Q (Tr 200) | Q (Tr 300) |
| | | | | (mc/s) | (mc/s) | (mc/s) | (mc/s) |
| 1 | 0.26 | 82 | 55.76 | 0.82 | 1.21 | 1.49 | 1.67 |
| 2 | 0.71 | 72 | 98.78 | 3.62 | 5.09 | 6.73 | 7.75 |
| 3 | 0.13 | 82 | 55.76 | 0.12 | 0.21 | 0.27 | 0.30 |
| 4 | 0.46 | 75 | 84.67 | 1.72 | 2.45 | 3.26 | 3.77 |
| 5 | 0.13 | 85 | 44.82 | 0.18 | 0.29 | 0.37 | 0.41 |
| 6 | 0.62 | 70 | 108.86 | 3.17 | 4.64 | 6.32 | 7.38 |
| 7 | 0.38 | 83 | 52.02 | 0.50 | 0.65 | 0.82 | 0.92 |
| 8 | 0.31 | 83 | 52.02 | 0.46 | 0.61 | 0.78 | 0.88 |
| 9 | 0.28 | 83 | 52.02 | 0.37 | 0.52 | 0.65 | 0.73 |
| 10 | 0.22 | 82 | 55.76 | 0.29 | 0.41 | 0.54 | 0.62 |
| 11 | 0.49 | 70 | 108.86 | 1.43 | 2.17 | 3.03 | 3.58 |
| 12 | 0.18 | 80 | 63.50 | 0.08 | 0.15 | 0.19 | 0.22 |
| 13 | 0.42 | 80 | 63.50 | 0.13 | 0.18 | 0.23 | 0.26 |
| 14 | 0.16 | 83 | 52.02 | 0.20 | 0.34 | 0.42 | 0.47 |
| 15 | 0.55 | 70 | 108.86 | 1.93 | 2.88 | 3.95 | 4.64 |
| 16 | 0.18 | 80 | 63.50 | 0.17 | 0.29 | 0.38 | 0.43 |
| 17 | 0.18 | 80 | 63.50 | 0.17 | 0.29 | 0.38 | 0.43 |
| 18 | 0.81 | 75 | 84.67 | 0.12 | 0.16 | 0.21 | 0.24 |
| 19 | 0.31 | 74 | 89.24 | 0.17 | 0.26 | 0.36 | 0.43 |
| 20 | 0.41 | 75 | 84.67 | 0.48 | 0.69 | 0.93 | 1.08 |
| 21 | 0.57 | 70 | 108.86 | 3.83 | 5.67 | 7.78 | 9.12 |
| 22 | 0.37 | 75 | 84.67 | 0.82 | 1.20 | 1.63 | 1.91 |
| 23 | 0.36 | 80 | 63.50 | 0.47 | 0.64 | 0.83 | 0.95 |
| 24 | 0.14 | 80 | 63.50 | 0.44 | 0.82 | 1.08 | 1.24 |
| 25 | 0.56 | 73 | 93.95 | 4.07 | 5.80 | 7.73 | 8.95 |
| 26 | 0.80 | 82 | 55.76 | 6.99 | 8.91 | 10.92 | 12.14 |
| 27 | 0.14 | 85 | 44.82 | 0.42 | 0.67 | 0.83 | 0.93 |
| 28 | 0.74 | 82 | 55.76 | 6.13 | 7.83 | 9.63 | 10.72 |
| 29 | 0.71 | 82 | 55.76 | 4.66 | 5.97 | 7.36 | 8.21 |
| 30 | 0.95 | 82 | 55.76 | 7.64 | 9.66 | 11.78 | 13.05 |
| 31 | 0.49 | 75 | 84.67 | 2.20 | 3.10 | 4.10 | 4.72 |
| 32 | 1.01 | 82 | 55.76 | 8.77 | 11.07 | 13.48 | 14.92 |
| 33 | 0.15 | 84 | 48.38 | 0.59 | 0.96 | 1.19 | 1.34 |
| 34 | 0.67 | 69 | 114.12 | 4.69 | 6.88 | 9.37 | 10.95 |
| 35 | 0.11 | 82 | 55.76 | 0.19 | 0.34 | 0.45 | 0.51 |
| 36 | 0.09 | 84 | 48.38 | 0.16 | 0.27 | 0.35 | 0.40 |
| 37 | 0.09 | 85 | 44.82 | 0.19 | 0.31 | 0.39 | 0.44 |
| 38 | 0.27 | 85 | 44.82 | 0.83 | 1.10 | 1.38 | 1.56 |
| 39 | 0.20 | 88 | 34.64 | 0.60 | 0.81 | 0.97 | 1.08 |
| 40 | 0.30 | 84 | 48.38 | 1.45 | 1.91 | 2.42 | 2.72 |
| 41 | 0.35 | 83 | 52.02 | 1.18 | 1.57 | 1.98 | 2.23 |

8. STUDIO IDRAULICO

8.1 Inquadramento Delle Interferenze

I tombini definiti come attraversamenti minori principali, appartenenti al lotto 1, sono rispettivamente l'IN08 e IN11. Le dimensioni post operam di questi tombini, e le loro portate afferenti sono riassunti in tabella Tabella 3.

Tabella 3 – Tombini Attraversamenti Minori Principali – Lotto 2

| Tombino | Km | Tipologia | Base (m) | Altezza (m) | Portata (m ³ /s) | Bacino |
|---------|-----------|-----------|----------|-------------|-----------------------------|--------|
| IN08 | 7+014.884 | scatolare | 2.00 | 2.00 | 7.73 | 25 |
| IN11 | 9+320.595 | scatolare | 2.00 | 2.00 | 4.10 | 31 |

I manufatti di imbocco e sbocco variano a seconda della morfologia del territorio e della posizione del singolo tombino; coerentemente con il contesto urbano che presenta strade e tratti tombati, ogni tombino ha una sua propria sistemazione di imbocco e sobocco a seconda delle sue peculiarità specifiche. In tutti i casi si è comunque cercato di garantire l'allineamento con il fondo esistente.

8.2 Interventi di inalveazione e raccordo con l'opera di attraversamento

Sono stati previsti raccordi tra incisione naturale e manufatto in c.a., realizzati massi annegati. Rivestimento fondo e sponde canale con massi annegati in cls $d/50 = 0.3m$. La sezione è trapezoidale con le sponde a pendenza pari a 3/2 con larghezza di fondo ed altezza variabili in funzione delle dimensioni dell'incisione naturale, o di forma ad U.

La sezione rivestita di progetto è descritta dettagliatamente negli elaborati grafici specifici ed è caratterizzata a monte ed a valle, da un taglione di ammorsamento in riprap all'ingresso e all'uscita del tombino. Al di sotto dei massi è previsto un geotessuto 400g/m².

In tutti i casi è da prevedersi una pulizia dei corsi d'acqua, generalmente nei 10m antecedenti alla ricongiunzione con la linea di deflusso esistente.

9. METODOLOGIE DI VERIFICHE IDRAULICHE

Per gli attraversamenti oggetto della presente relazione è stato implementato un modello a moto permanente, così come da premessa alla presente.

I modelli idraulici hanno tenuto conto delle nuove sistemazioni d'alveo descritte al paragrafo precedente.

9.1 Verifiche idrauliche

I criteri di progettazione sono stati precedentemente esposti nel paragrafo 5.

9.2 Sistemazioni idrauliche

Nel proporzionamento delle opere di attraversamento e presidio in corrispondenza dei corsi d'acqua minori realizzati con tombini sono stati fissati i seguenti criteri:

- garantire l'assenza di rigurgiti;
- evitare l'innescò di fenomeni effossori in prossimità dell'opera prevedendo nei raccordi a monte ed a valle, la realizzazione di opere di presidio e rivestimenti del fondo.

9.3 Verifica in moto permanente

Per le simulazioni idrauliche e per il calcolo degli effetti locali si è utilizzato il programma di calcolo fluviale HECRAS, River Analysis System, versione 5.0.6 prodotto da US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (CA).

Lo studio è stato sviluppato considerando sia lo stato di fatto che lo stato di progetto.

Per l'utilizzo dei coefficienti di scabrezza sono stati utilizzati dei valori derivanti dalla letteratura consolidata; nella tabella seguente sono esposti i valori comunemente usati del coefficiente di scabrezza.

| Tipologia del corso d'acqua | Strickler $K_s = 1/n \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$ |
|--|--|
| CORSI D'ACQUA MINORI (Raggio idraulico ≤ 2 m; larghezza in piena < 30 m) | |
| Corsi d'acqua di pianura <ul style="list-style-type: none"> alvei con fondo compatto, senza irregolarità alvei regolari con vegetazione erbacea alvei con ciottoli e irregolarità modeste alvei fortemente irregolari | 45-40 30-35 25-30 25-15 |
| Torrenti montani <ul style="list-style-type: none"> fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi alveo in roccia regolare fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi alveo in roccia irregolare | 30-25 30-25 20-15 20-15 |
| CORSI D'ACQUA MAGGIORI (Raggio idraulico ≥ 4 m; larghezza in piena > 30 m) | |
| <ul style="list-style-type: none"> sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea | 45-40 35 25-30 20-25 |
| AREE GOLENALI (Raggio idraulico ≈ 1 m) | |
| <ul style="list-style-type: none"> a pascolo, senza vegetazione arbustiva coltivate con vegetazione arbustiva spontanea con vegetazione arborea coltivata | 40-20 50-20 25-10 30-20 |

Valori di scabrezza secondo la deliberazione n. 2/99, in data 11 maggio 1999 dell'Autorità di Bacino del Po.

Le scabrezze adottate, in accordo anche con la tabella sopra riportata e con i parametri caratteristici indicati dalla modellazione di calcolo, sono:

- Fosso naturale inciso: $K_s=28.6 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Nuove inalveazioni con protezioni d'alveo: $K_s=40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Calcestruzzo: $K_s=66.7 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Come condizioni al contorno (moto sub-critico controllato da valle e moto super-critico controllato da monte) si sono inserite le condizioni di moto uniforme sulla cadente della linea dell'energia ("Normal depth"). Non disponendo infatti sempre di informazioni certe a valle, è stata posta la condizione al contorno di pendenza di moto uniforme; per avvicinare quanto più possibile la situazione di progetto allo stato dei fatti.

Come si può evincere dall'analisi degli allegati alla presente relazione e degli elaborati grafici specialistici relativi alla modellazione idraulica allegati al presente PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA, le opere di attraversamento di progetto risultano essere verificate in termini di grado di riempimento (<66%) e le sistemazioni previste consentono di minimizzare le aree sottoposte al flusso idrico.

Inoltre, le verifiche effettuate hanno consentito di verificare come le nuove opere di inalveazione protette da opere a gabbioni non siano sottoposte a velocità del flusso in grado di ledere la stabilità e la durabilità delle stesse, parametro in questa sede imposto pari a 6 m/s.

Le verifiche vengono riassunte nella tabella seguente, rimandando per maggiori dettagli agli allegati di output della modellazione.

Tabella 4 – Caratteristiche Tombini – Sc. = Supercompattato

| Tombino | Pk | TIPOLOGIA | DIMENSIONI | PF | Distanza PF - Intradosso (m) | q.s. sc. monte (m.s.m.) | "Lunghezza S." (m) | q.s. s.. valle (m.s.m.) | Pendenza tombino (m/m) |
|-------------|-----------|-----------|------------|-------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| IN08 | 7+014.884 | scatolare | 2.00x2.00 | 22.08 | 1.42 | 18.38 | 11.10 | 18.22 | 1.5% |
| IN11 | 9+320.595 | scatolare | 2.00x2.00 | 31.63 | 3.05 | 26.29 | 11.80 | 26.11 | 1.5% |

Tabella 5 – Verifiche idrauliche dei tombini - GR = Grado di riempimento, v = velocità

| Tombino | Pk | TIPOLOGIA | DIMENSIONI | VERIFICA MOTO PERMANENTE | | |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------------------|-----------------|------------|
| | | | | GR monte (%) | GR valle (%) | v (m/s) |
| IN08 | 7+014.884 | scatolare | 2.00x2.00 | 58% | 49% | 3.95 |
| IN11 | 9+320.595 | scatolare | 2.00x2.00 | 30% | 16% | 5.8 |

10.INTERFERENZE E SISTEMAZIONI IDRAULICHE PRINCIPALI

IN08 -Tombino idraulico al km 7+014,884

L'attuale tombino è a forma di arco ribassato di altezza 2 m e base 2 m, il tombino in progetto è uno scatolare 2X2 m. È previsto un gradino di altezza 50 cm a monte con conseguente sezione a U in cls fino all'imbocco del tombino in progetto e una sistemazione a valle in cls di collegamento al tombino a valle.

IN11 - Tombino idraulico al km 9+320,595

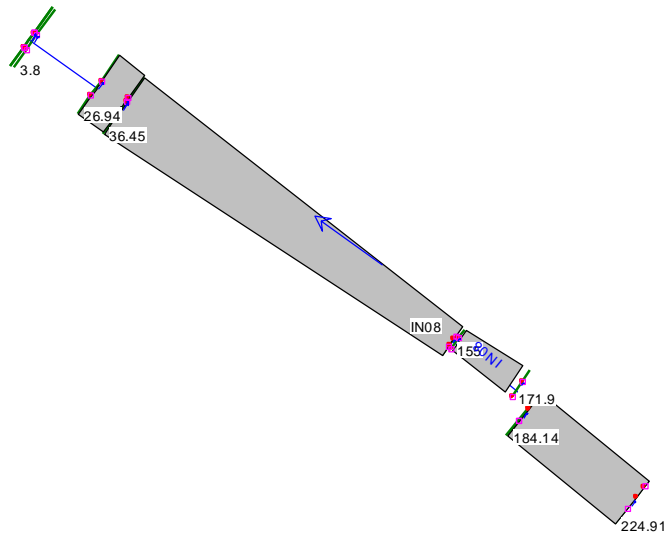
L'attuale tombino è a forma di arco di dimensione 1.5X3m mentre il tombino in progetto è uno scatolare 2X2. È prevista a monte una sistemazione di tutto il canale con 2 salti da 1 m e una sistemazione del canale con una sezione forma trapezoidale a base minore 1.50 m rivestita in massi. A valle, analogamente, è prevista una sistemazione in massi con sezione a forma trapezoidale

Relazione Idraulica Attraversamenti Minori Principali

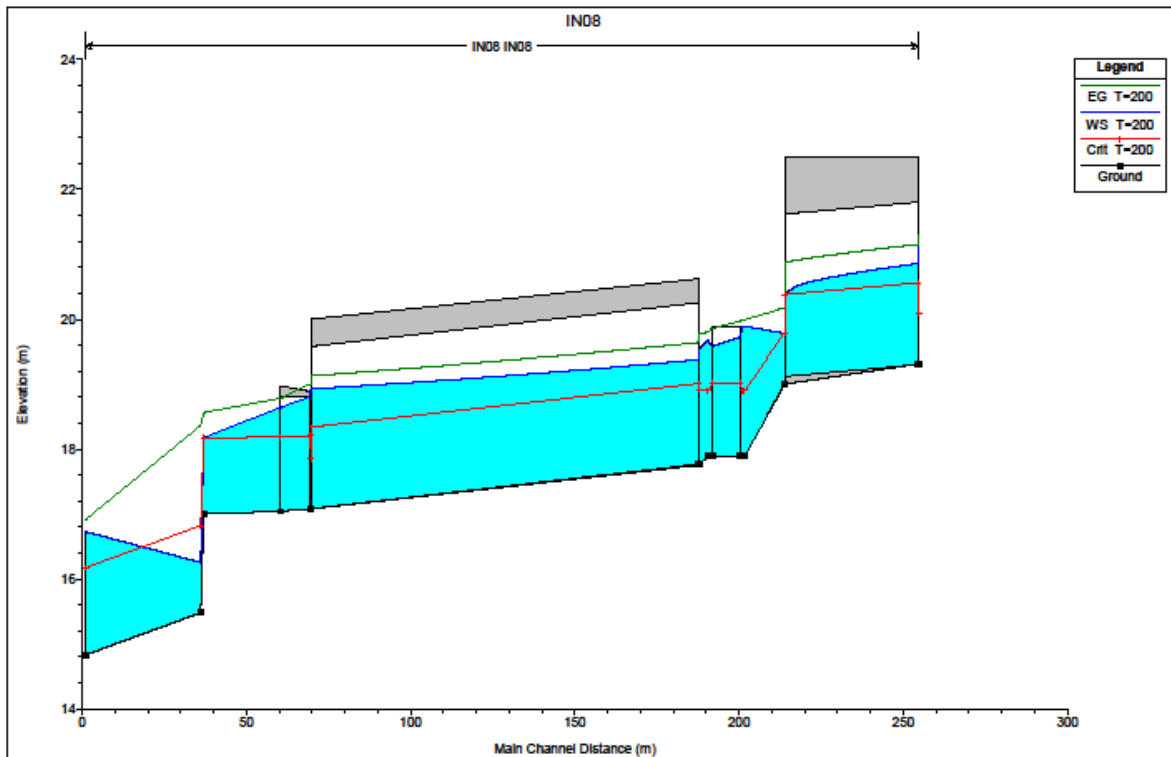
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|----------|
| IA4S | 02 D 29 | RI | ID0002 001 | A | 19 di 47 |

11.ALLEGATO 1 – MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE IN08

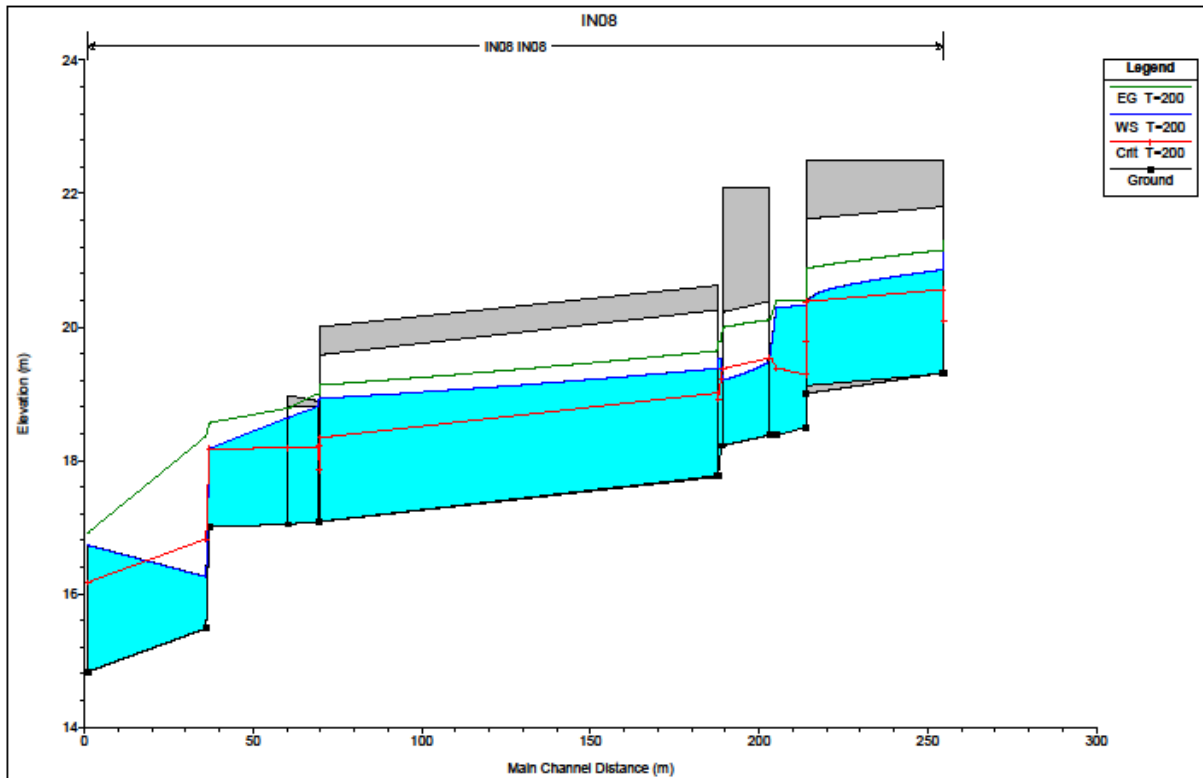
11.1 Schema planimetrico sezioni



11.2 Profilo Idraulico ante operam Tr 200 anni



11.3 Profilo Idraulico post operam Tr200 anni



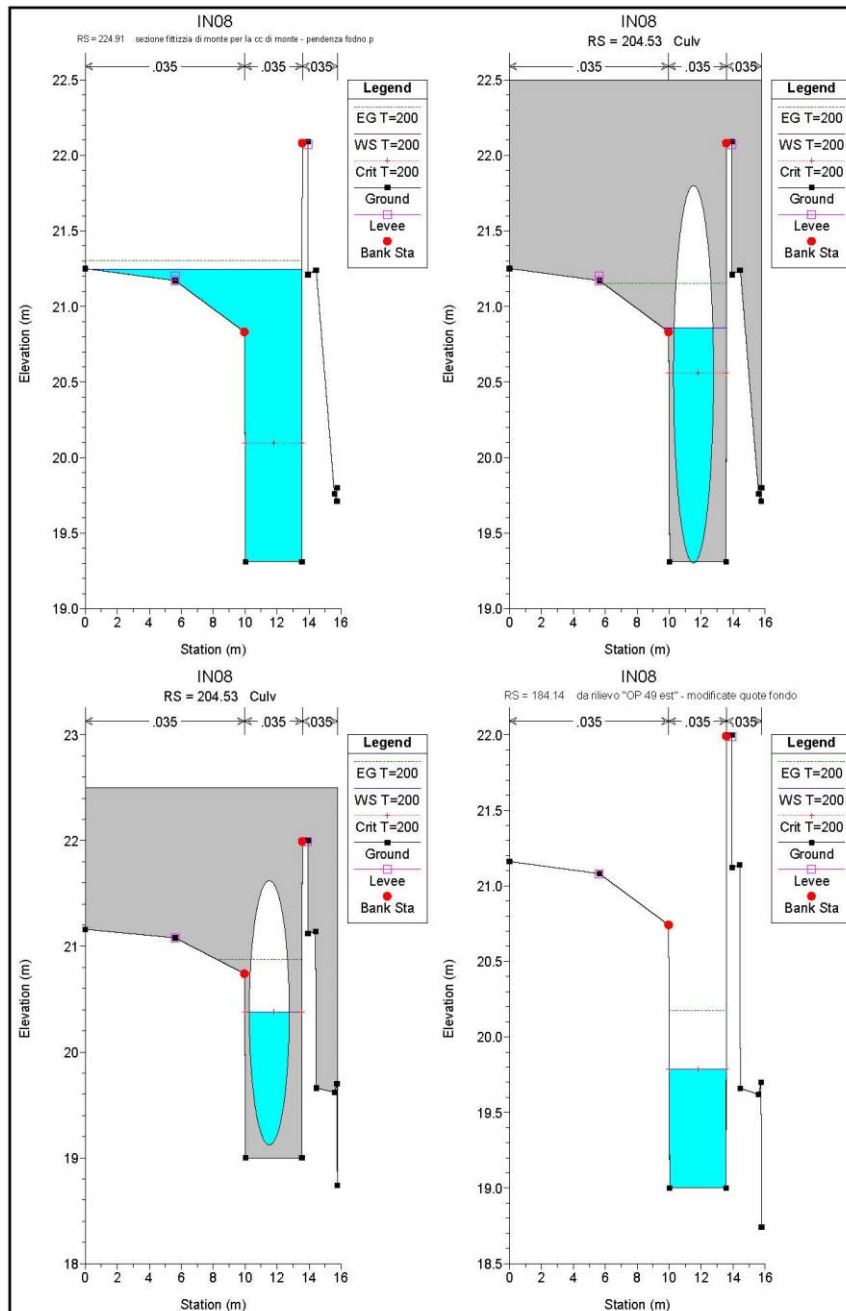
11.4 Tabella riassuntiva ante operam Tr200 anni

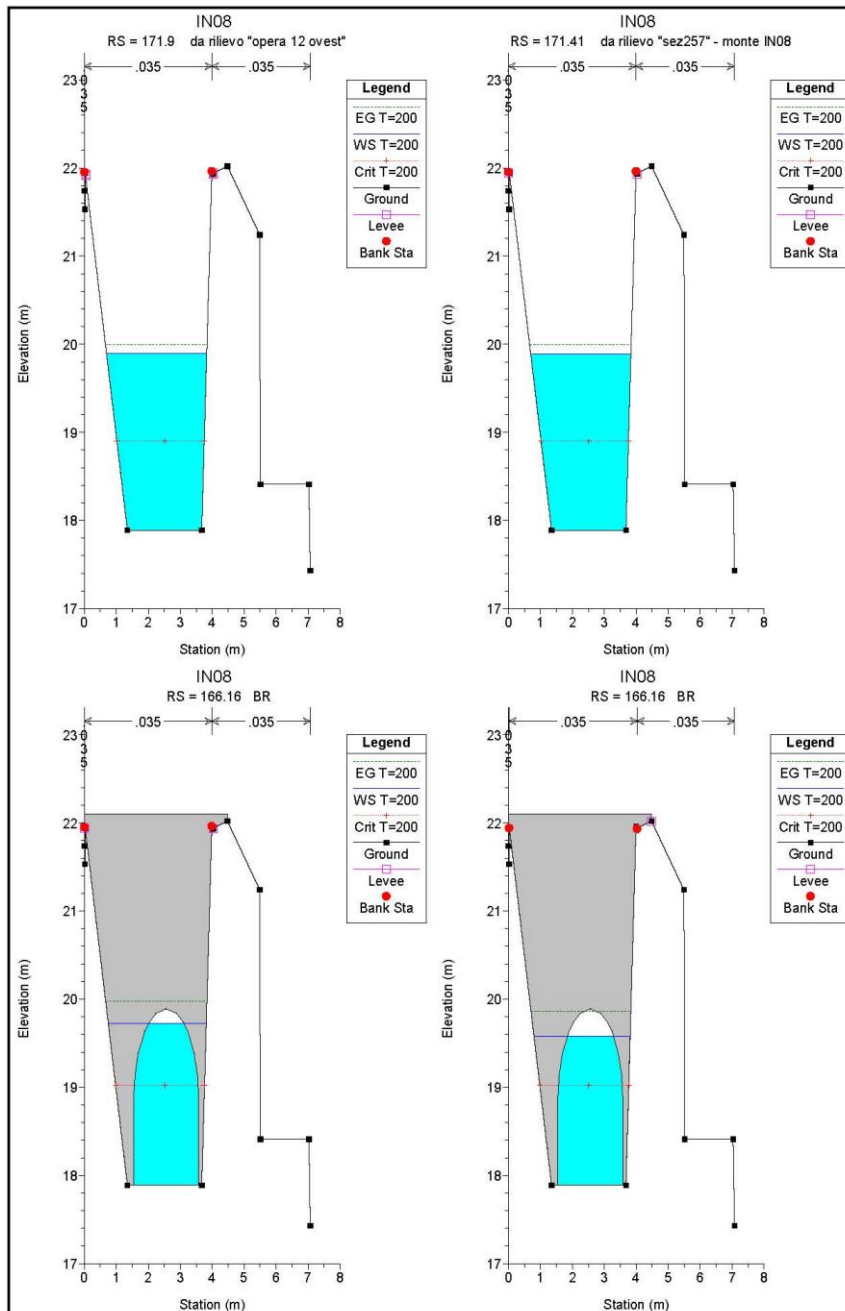
| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # C |
|-------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------|
| IN08 | 224.91 | T=200 | 7.73 | 19.31 | 21.25 | 20.1 | 21.3 | 0.001405 | 1.06 | 8.22 | 13.39 | 0.25 |
| IN08 | 204.53 | | Culvert | | | | | | | | | |
| IN08 | 184.14 | T=200 | 7.73 | 19 | 20.28 | 19.79 | 20.42 | 0.005221 | 1.7 | 4.55 | 3.59 | 0.48 |
| IN08 | 184 | T=200 | 7.73 | 18.5 | 20.33 | 19.29 | 20.4 | 0.000352 | 1.18 | 6.59 | 4.75 | 0.28 |
| IN08 | 171.9 | T=200 | 7.73 | 18.38 | 20.28 | 19.38 | 20.39 | 0.000613 | 1.47 | 5.26 | 3.2 | 0.37 |
| IN08 | 166.16 | | Culvert | | | | | | | | | |
| IN08 | 155 | T=200 | 7.73 | 18.22 | 19.53 | 19.22 | 19.78 | 0.005271 | 2.25 | 3.43 | 2.93 | 0.66 |
| IN08 | 154.57 | T=200 | 7.73 | 17.77 | 19.53 | 18.92 | 19.78 | 0.005492 | 2.2 | 3.52 | 2 | 0.53 |
| IN08 | 92.55 | | Culvert | | | | | | | | | |
| IN08 | 36.45 | T=200 | 7.73 | 17.08 | 18.93 | 17.85 | 19 | 0.000934 | 1.15 | 6.71 | 3.63 | 0.27 |
| IN08 | 36.15 | T=200 | 7.73 | 17.08 | 18.91 | 18.21 | 18.99 | 0.001181 | 1.28 | 6.05 | 5.33 | 0.38 |
| IN08 | 31.55 | | Bridge | | | | | | | | | |
| IN08 | 26.94 | T=200 | 7.73 | 17.04 | 18.63 | 18.19 | 18.78 | 0.004736 | 1.68 | 4.59 | 4.49 | 0.53 |
| IN08 | 3.8 | T=200 | 7.73 | 17 | 18.17 | 18.17 | 18.56 | 0.017904 | 2.77 | 2.79 | 3.57 | 1 |
| IN08 | 3.7 | T=200 | 7.73 | 15.48 | 16.25 | 16.82 | 18.35 | 0.164404 | 6.42 | 1.2 | 2.05 | 2.67 |
| IN08 | 1 | T=200 | 7.73 | 14.83 | 16.73 | 16.17 | 16.9 | 0.006001 | 1.85 | 4.18 | 3.24 | 0.52 |

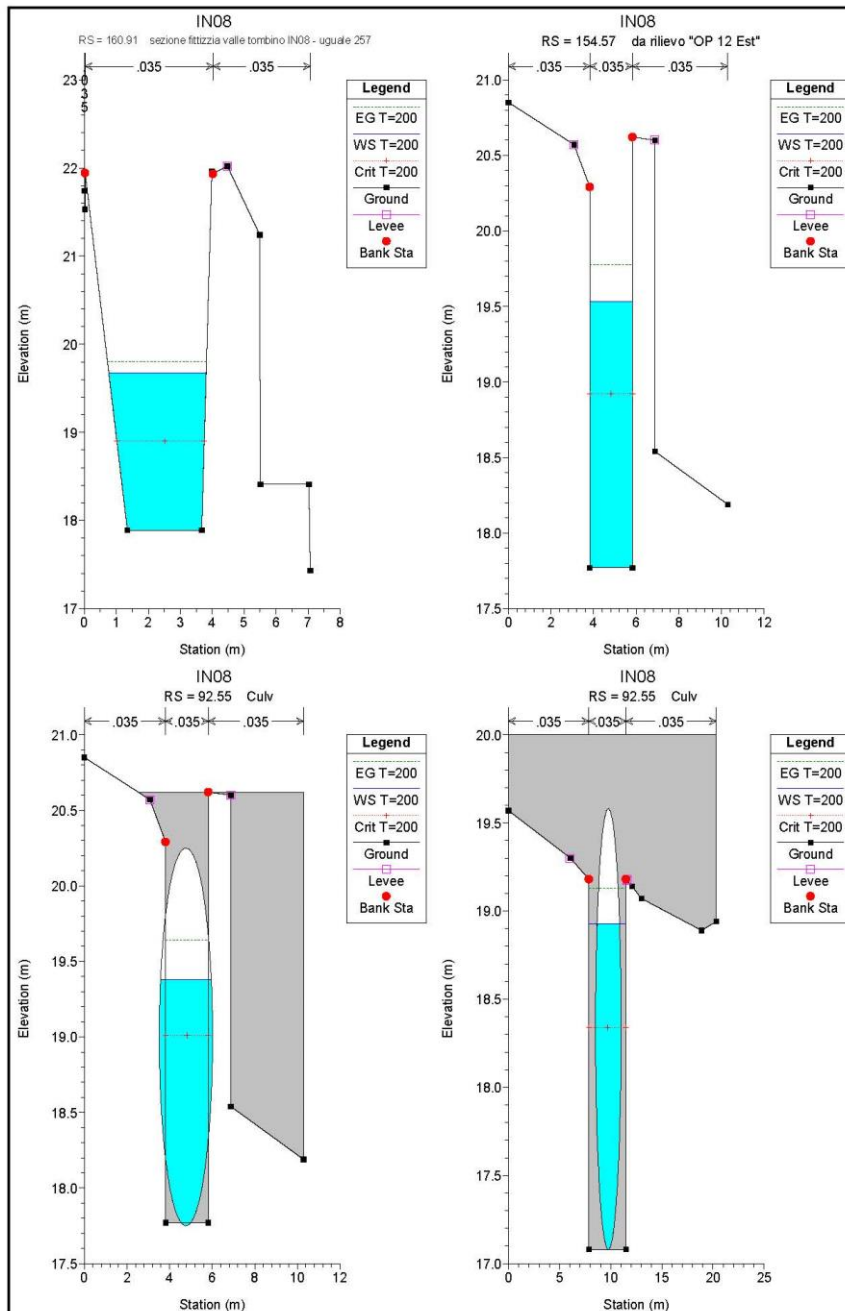
11.5 Tabella riassuntiva post operam Tr200 anni

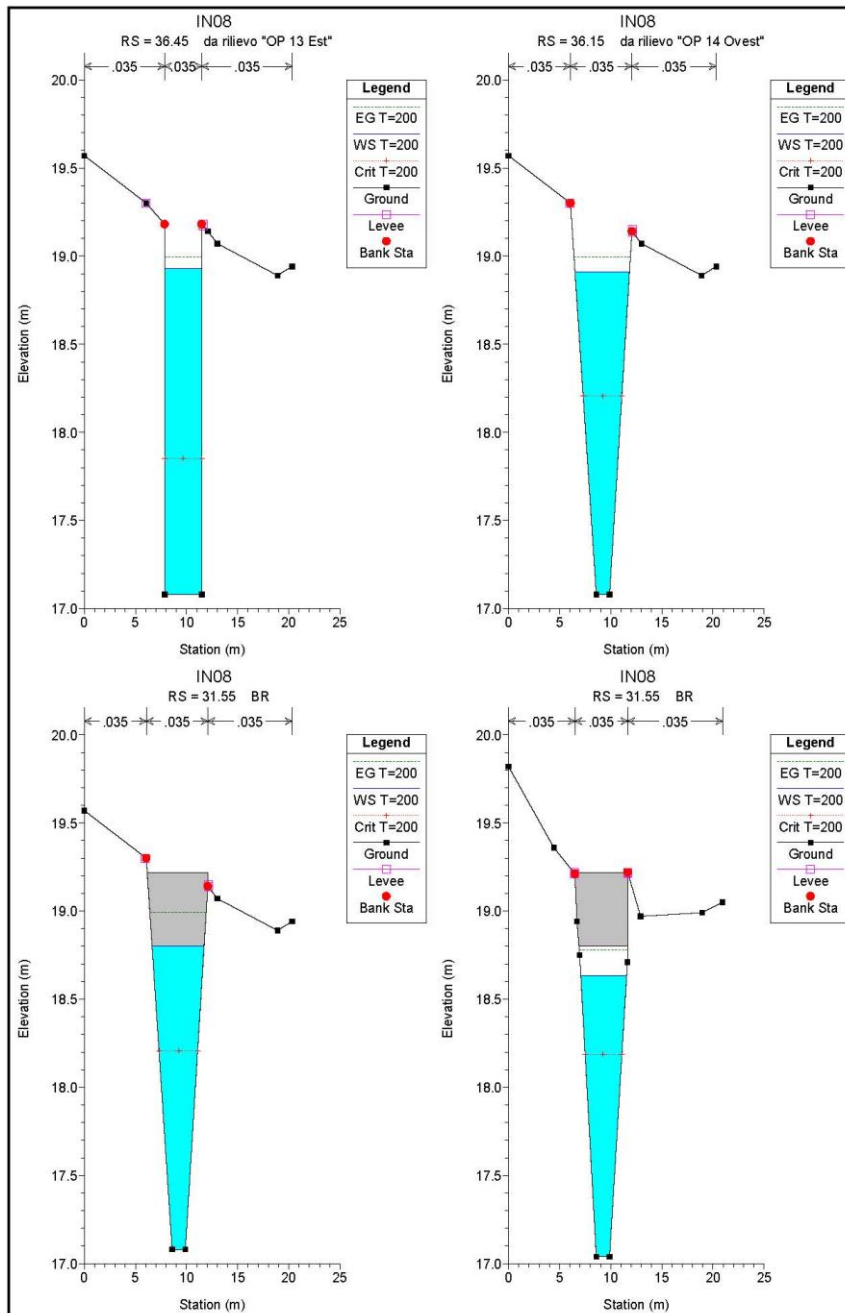
| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # C |
|-------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------|
| IN08 | 224.91 | T=200 | 7.73 | 19.31 | 21.25 | 20.1 | 21.3 | 0.001405 | 1.06 | 8.22 | 13.39 | 0.25 |
| IN08 | 204.53 | | Culvert | | | | | | | | | |
| IN08 | 184.14 | T=200 | 7.73 | 19 | 19.79 | 19.79 | 20.18 | 0.021048 | 2.77 | 2.79 | 3.57 | 1 |
| IN08 | 171.9 | T=200 | 7.73 | 17.89 | 19.89 | 18.9 | 19.99 | 0.00304 | 1.41 | 5.47 | 3.14 | 0.34 |
| IN08 | 171.41 | T=200 | 7.73 | 17.89 | 19.89 | 18.9 | 19.99 | 0.003048 | 1.41 | 5.47 | 3.13 | 0.34 |
| IN08 | 166.16 | | Bridge | | | | | | | | | |
| IN08 | 160.91 | T=200 | 7.73 | 17.89 | 19.67 | 18.9 | 19.81 | 0.00429 | 1.61 | 4.79 | 3.05 | 0.41 |
| IN08 | 154.57 | T=200 | 7.73 | 17.77 | 19.53 | 18.92 | 19.78 | 0.010762 | 2.2 | 3.52 | 2 | 0.53 |
| IN08 | 92.55 | | Culvert | | | | | | | | | |
| IN08 | 36.45 | T=200 | 7.73 | 17.08 | 18.93 | 17.85 | 19 | 0.00183 | 1.15 | 6.71 | 3.63 | 0.27 |
| IN08 | 36.15 | T=200 | 7.73 | 17.08 | 18.91 | 18.21 | 18.99 | 0.002314 | 1.28 | 6.05 | 5.33 | 0.38 |
| IN08 | 31.55 | | Bridge | | | | | | | | | |
| IN08 | 26.94 | T=200 | 7.73 | 17.04 | 18.63 | 18.19 | 18.78 | 0.004736 | 1.68 | 4.59 | 4.49 | 0.53 |
| IN08 | 3.8 | T=200 | 7.73 | 17 | 18.17 | 18.17 | 18.56 | 0.017904 | 2.77 | 2.79 | 3.57 | 1 |
| IN08 | 3.7 | T=200 | 7.73 | 15.48 | 16.25 | 16.82 | 18.35 | 0.164403 | 6.42 | 1.2 | 2.05 | 2.67 |
| IN08 | 1 | T=200 | 7.73 | 14.83 | 16.73 | 16.17 | 16.9 | 0.006001 | 1.85 | 4.18 | 3.24 | 0.52 |

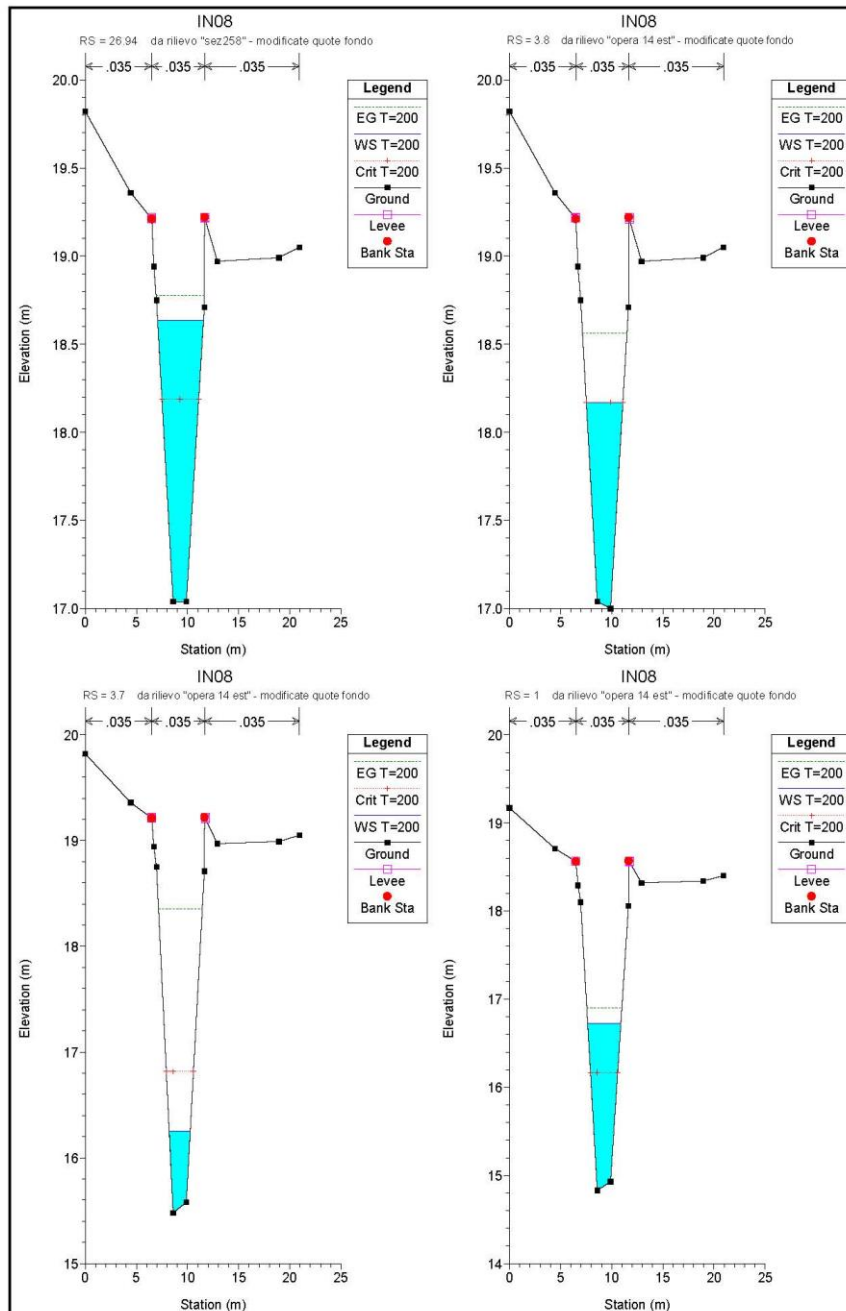
SEZIONI IN08

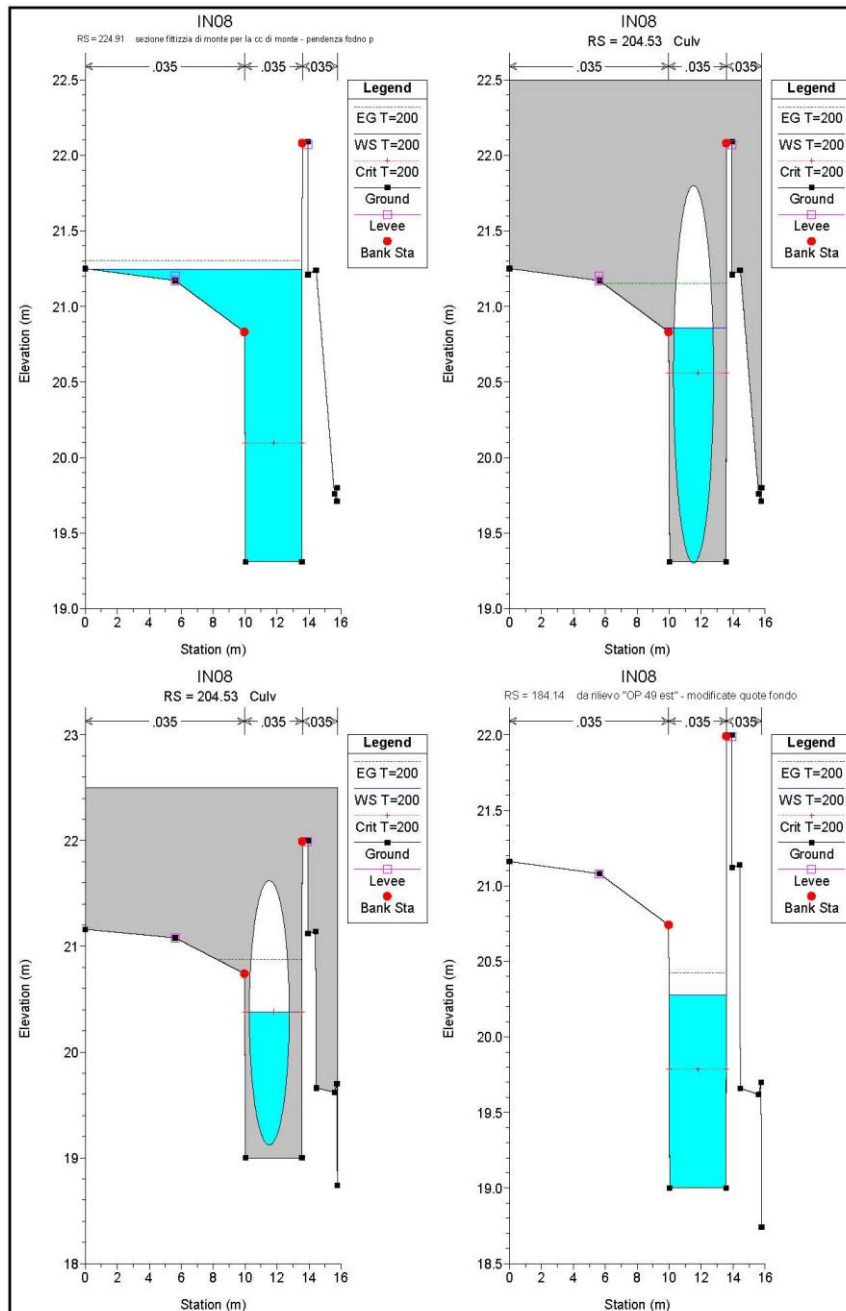


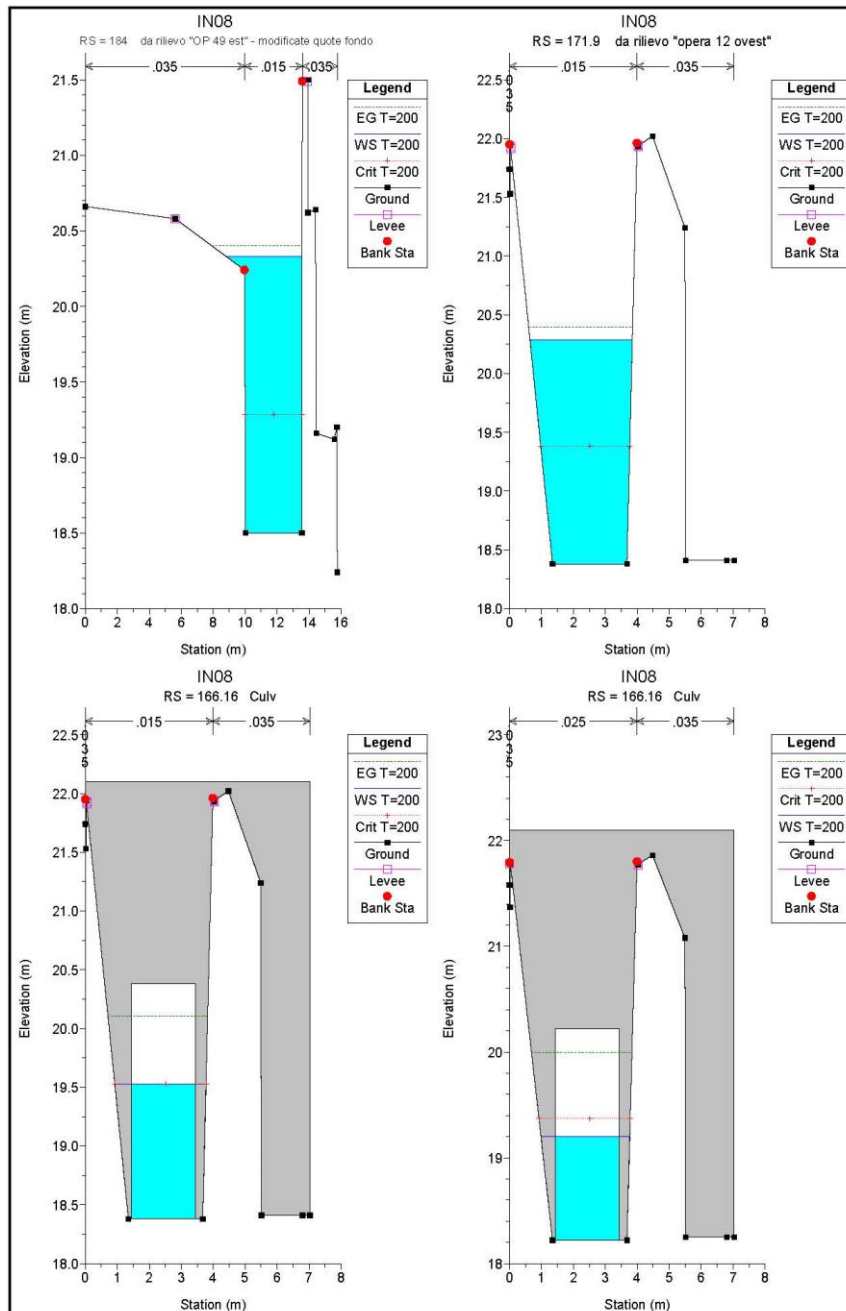


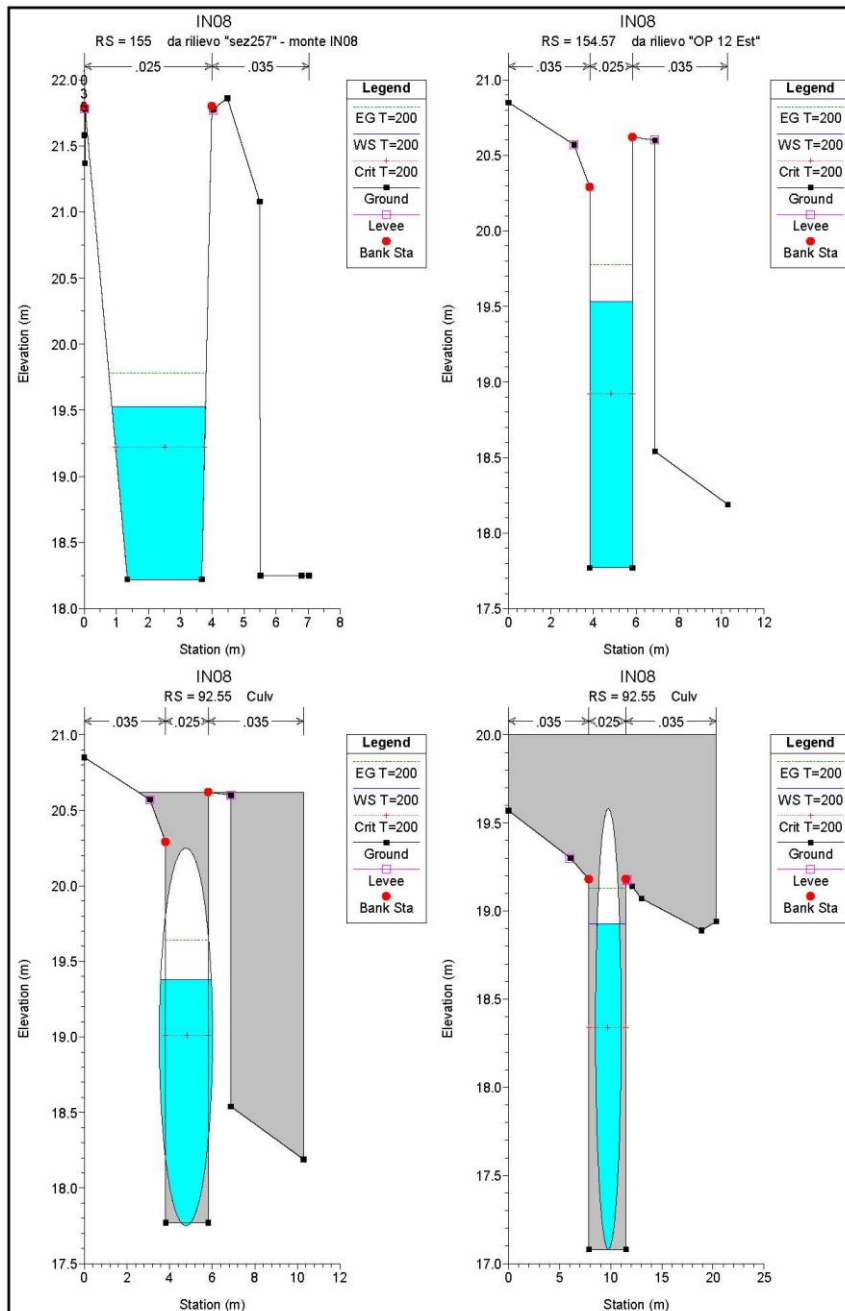


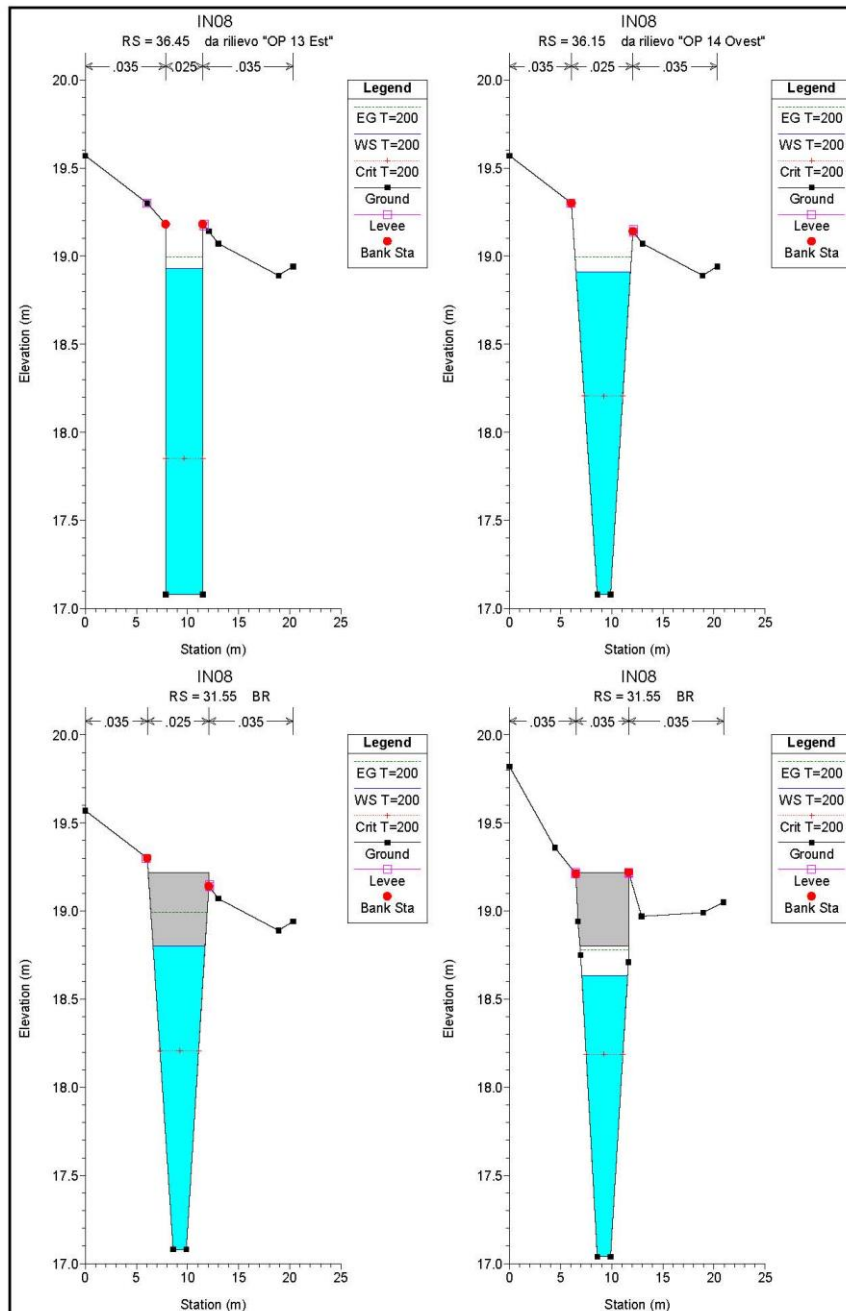


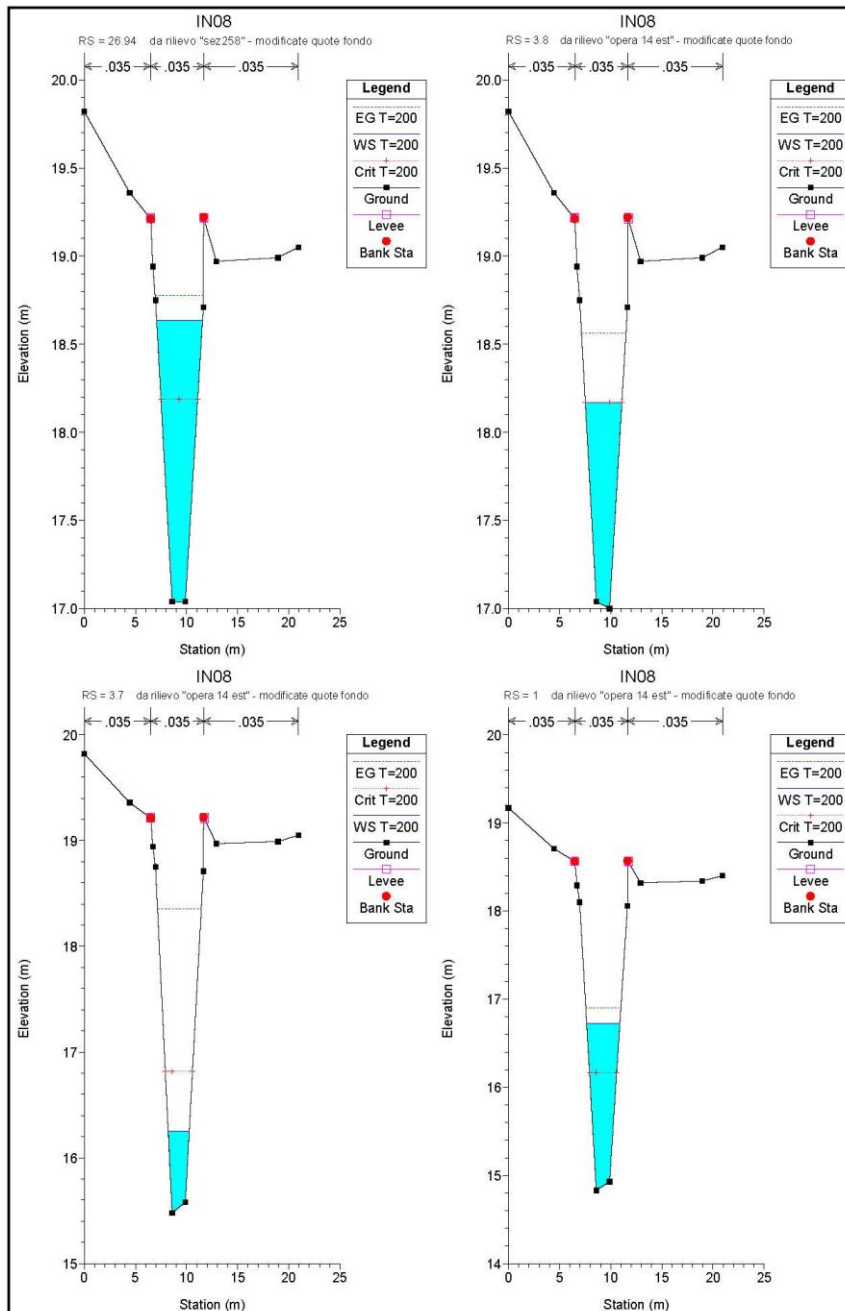






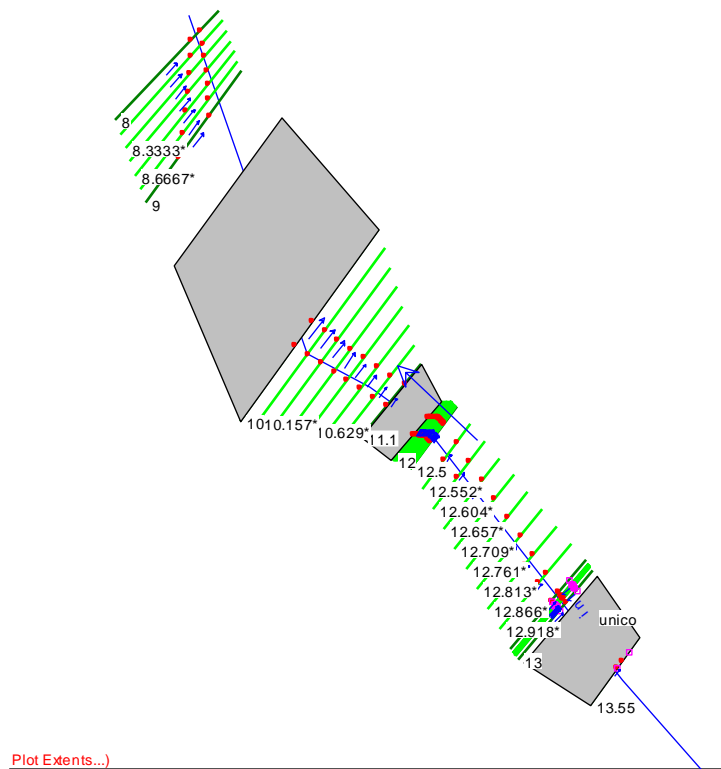




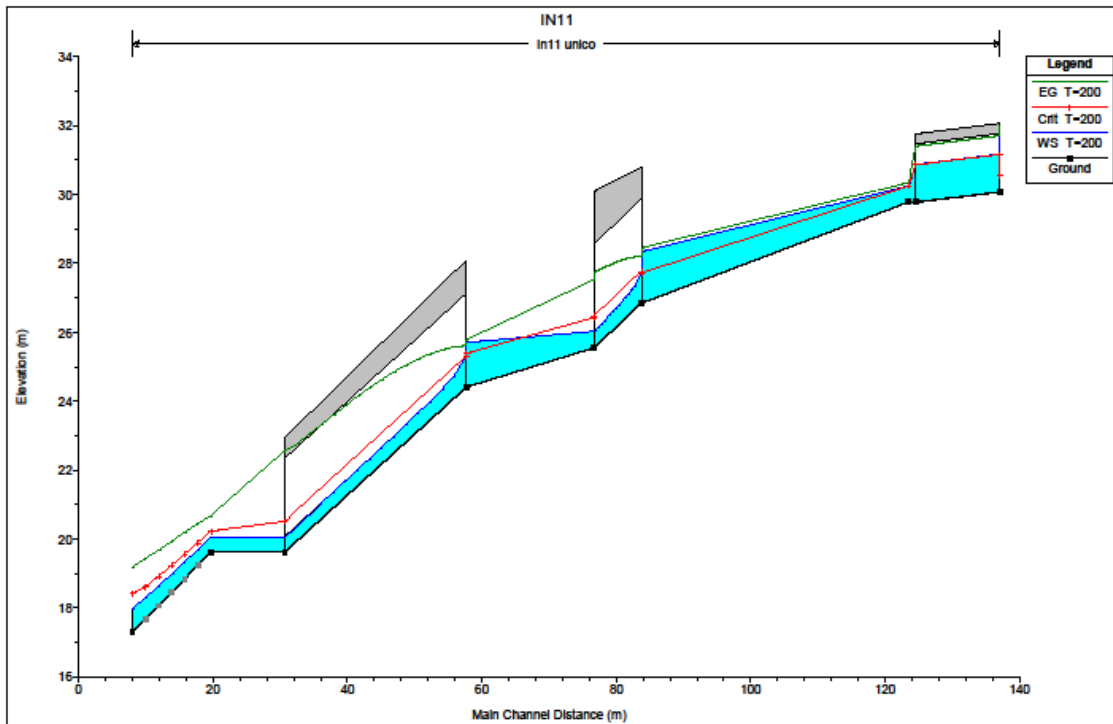


12.ALLEGATO 2- MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE IN11

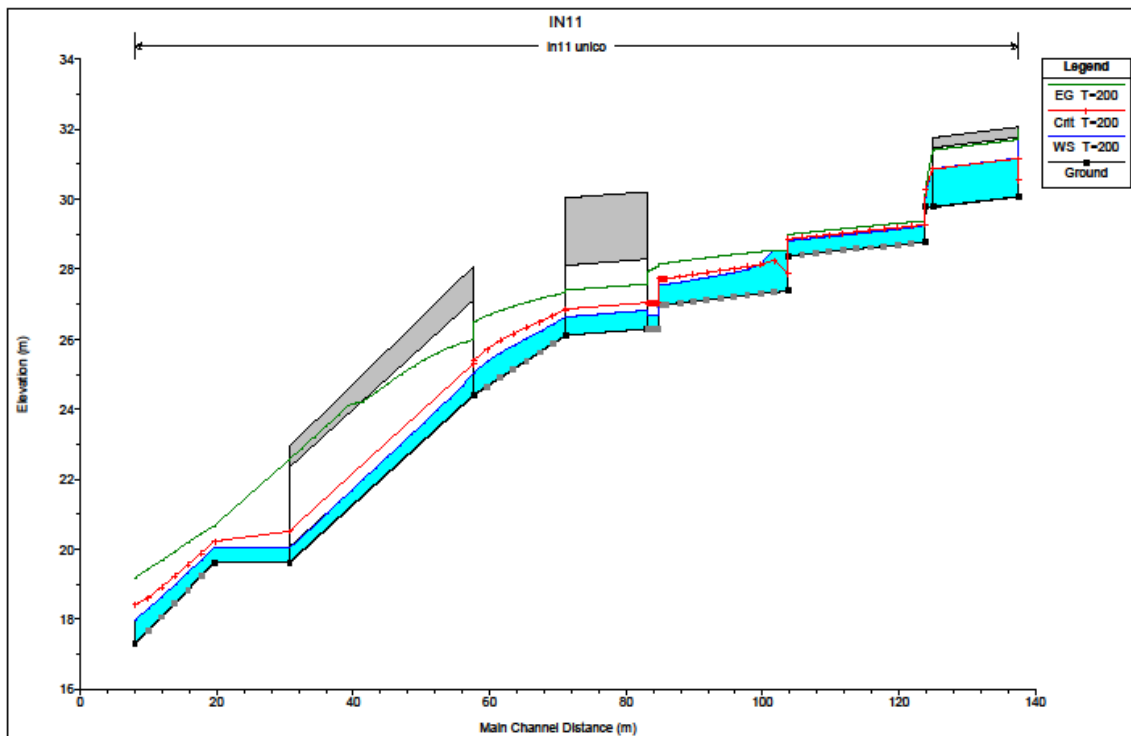
12.1 Schema planimetrico sezioni



12.2 Profilo Idraulico ante operam Tr 200 anni



12.3 Profilo Idraulico post operam Tr200 anni



12.4 Tabella riassuntiva ante operam Tr200 anni

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # C |
|-------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------|
| unico | 13.55 | T=200 | 4.1 | 30.08 | 31.97 | 30.54 | 31.97 | 0.000023 | 0.17 | 24.65 | 15.78 | 0.04 |
| unico | 13.5 | Culvert | | | | | | | | | | |
| unico | 13 | T=200 | 4.1 | 29.78 | 30.24 | 30.24 | 30.34 | 0.016385 | 1.74 | 3.03 | 13.05 | 0.85 |
| unico | 12 | T=200 | 4.1 | 26.85 | 28.34 | 27.72 | 28.45 | 0.00517 | 1.48 | 2.78 | 2.24 | 0.42 |
| unico | 11.5 | Culvert | | | | | | | | | | |
| unico | 11 | T=200 | 4.1 | 25.55 | 26.02 | 26.42 | 27.52 | 0.17378 | 5.42 | 0.76 | 1.7 | 2.59 |
| unico | 10 | T=200 | 4.1 | 24.41 | 25.7 | 25.38 | 25.78 | 0.003436 | 1.24 | 3.54 | 6.65 | 0.47 |
| unico | 9.5 | Culvert | | | | | | | | | | |
| unico | 9 | T=200 | 4.1 | 19.62 | 20.05 | 20.22 | 20.66 | 0.097088 | 3.45 | 1.19 | 4.94 | 2.23 |
| unico | 8 | T=200 | 4.1 | 17.28 | 17.96 | 18.41 | 19.16 | 0.12338 | 4.86 | 0.84 | 1.98 | 2.38 |

12.5 Tabella riassuntiva post operam Tr200

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # C |
|-------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------|
| unico | 13.55 | T=200 | 4.1 | 30.08 | 31.97 | 30.54 | 31.97 | 0.000023 | 0.17 | 24.65 | 15.78 | 0.04 |
| unico | 13.5 | | Culvert | | | | | | | | | |
| unico | 13 | T=200 | 4.1 | 29.78 | 30.27 | 30.27 | 30.37 | 0.009572 | 1.92 | 3.34 | 13.06 | 0.92 |
| unico | 12.99 | T=200 | 4.1 | 28.78 | 29.27 | 29.27 | 29.37 | 0.009583 | 1.92 | 3.33 | 13.06 | 0.92 |
| unico | 12.98 | T=200 | 4.1 | 28.38 | 28.81 | 28.86 | 29 | 0.01879 | 2.51 | 2.65 | 13.04 | 1.27 |
| unico | 12.97 | T=200 | 4.1 | 27.38 | 28.54 | 27.87 | 28.55 | 0.000146 | 0.43 | 13.15 | 15.72 | 0.13 |
| unico | 12.5 | T=200 | 4.1 | 27 | 27.57 | 27.73 | 28.17 | 0.026868 | 3.43 | 1.19 | 2.2 | 1.49 |
| unico | 12.35 | T=200 | 4.1 | 27 | 27.57 | 27.73 | 28.17 | 0.026697 | 3.42 | 1.2 | 2.21 | 1.49 |
| unico | 12.3 | T=200 | 4.1 | 26.3 | 26.68 | 27.03 | 28.08 | 0.092848 | 5.24 | 0.78 | 2.13 | 2.77 |
| unico | 12.28 | T=200 | 4.1 | 26.3 | 26.69 | 27.03 | 28.02 | 0.086464 | 5.12 | 0.8 | 2.14 | 2.67 |
| unico | 12 | T=200 | 4.1 | 26.29 | 26.69 | 27.02 | 27.92 | 0.076723 | 4.92 | 0.83 | 2.16 | 2.53 |
| unico | 11.5 | | Culvert | | | | | | | | | |
| unico | 11.1 | T=200 | 4.1 | 26.11 | 26.64 | 26.84 | 27.33 | 0.032674 | 3.67 | 1.12 | 2.21 | 1.65 |
| unico | 10 | T=200 | 4.1 | 24.41 | 25.04 | 25.38 | 26.49 | 0.097971 | 5.34 | 0.77 | 2.45 | 3.05 |
| unico | 9.5 | | Culvert | | | | | | | | | |
| unico | 9 | T=200 | 4.1 | 19.62 | 20.05 | 20.22 | 20.66 | 0.097088 | 3.45 | 1.19 | 4.94 | 2.23 |
| unico | 8 | T=200 | 4.1 | 17.28 | 17.96 | 18.41 | 19.16 | 0.12338 | 4.86 | 0.84 | 1.98 | 2.38 |

SEZIONI IN11

