

PROGETTO DEFINITIVO

CUP: H91J12000770005

CIG: 9524700F13

TRANVIA DI FIRENZE

LINEA 4.2

LE PIAGGE - CAMPI BISENZIO



OPERE CIVILI PUNTUALI OPERE SECONDARIE DI PROGETTO PARTE GENERALE

Relazione idraulica corsi d'acqua interferenti minori

| | | |
|--|--|-----------------------------|
| STAZIONE APPALTANTE – COMUNE DI FIRENZE | | |
| DIRETTORE DEL SETTORE Ing. Michele Priore | RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. Filippo Martinelli | DEC Ing. Andrea Adinolfi |

| APPALTATORE | GRUPPO DI PROGETTAZIONE | |
|---|---|---|
| MANDATARIA  | MANDATARIA  | |
| MANDANTI    | MANDANTI        | |
| | Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche  Ing. Filippo Busola | Progettista  Ing. A. Cacciatori |

| Commessa | | | | Fase | Origine | Ambito | | Disciplina | | Attività | | Parte d'opera | | | Tipologia | | Progressivo | | Rev. | Scala |
|-----------|---|---------|---|-----------------------------------|---------|--------|---|------------|---|-----------|---|---------------|---|----------|-----------|---------------|-------------|---|------|-------|
| F | L | 4 | 2 | D | T | C | I | O | S | O | O | O | O | 8 | R | T | O | 1 | C | - |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REVISIONE | | DATA | | DESCRIZIONE | | | | | | SOCIETÀ | | REDATTO | | VISTO | | APPROVATO | | | | |
| REV A | | 03/2024 | | PRIMA EMISSIONE | | | | | | TECHNITAL | | G. Massera | | I. Sorio | | A. Cacciatori | | | | |
| REV B | | 09/2024 | | Emissione a seguito procedura PAU | | | | | | TECHNITAL | | G. Massera | | I. Sorio | | A. Cacciatori | | | | |
| REV C | | 12/2024 | | Revisione per CdS | | | | | | TECHNITAL | | G. Da Roit | | I. Sorio | | A. Cacciatori | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

OPERE CIVILI PUNTUALI
OPERE SECONDARIE DI PROGETTO
PARTE GENERALE
Relazione idraulica corsi d'acqua minori interferenti

Dicembre 2024

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA..... | 3 |
| 2 | INQUADRAMENTO | 4 |
| 2.1 | LE STRATEGIE PER IL POTENZIAMENTO DELLA RETE TRANVIARIA DI FIRENZE..... | 4 |
| 2.2 | DESCRIZIONE DEL CONTESTO | 6 |
| 2.3 | SINTESI DELLA LINEA TRANVIARIA..... | 6 |
| 3 | INQUADRAMENTO NORMATIVO..... | 8 |
| 3.1 | L.R. 79/2012 E RD 523/1904 | 8 |
| 3.2 | NTC 2018..... | 8 |
| 3.2.1 | Compatibilità idraulica | 8 |
| 4 | INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO E INFRASTRUTTURA IDRICA | 10 |
| 4.1 | FOSSO DEL PRUNAIA | 12 |
| 4.1.1 | Stato di fatto..... | 12 |
| 4.1.2 | Stato di progetto..... | 13 |
| 4.2 | FOSSO REALE | 14 |
| 4.2.1 | Stato di fatto..... | 14 |
| 4.2.2 | Stato di progetto..... | 14 |
| 4.3 | COLLETTORE PRINCIPALE ACQUE BASSE..... | 17 |
| 4.3.1 | Stato di fatto..... | 17 |
| 4.3.2 | Stato di progetto..... | 17 |
| 4.4 | CANALE MACINANTE | 20 |
| 4.4.1 | Stato di fatto..... | 20 |
| 4.4.2 | Stato di progetto..... | 20 |
| 4.5 | CANALE DI SAN DONNINO | 23 |
| 4.5.1 | Stato di fatto..... | 23 |
| 4.5.2 | Stato di progetto..... | 23 |
| 5 | MODELLAZIONE NUMERICA MONODIMENSIONALE..... | 25 |
| 5.1 | COLATORE DESTRO FOSSO REALE | 28 |
| 5.1.1 | Stato di fatto..... | 28 |
| 5.1.2 | Stato di progetto..... | 29 |
| 5.2 | COLATORE SINISTRO FOSSO REALE | 32 |
| 5.2.1 | Stato di fatto..... | 33 |
| 5.2.2 | Stato di progetto..... | 34 |
| 5.3 | CANALE DI SAN DONNINO | 37 |
| 5.4 | CONCLUSIONI DELLE MODELLAZIONI MONODIMENSIONALI | 49 |
| 5.4.1 | Colatori Fosso Reale | 49 |
| 5.4.2 | Canale San Donnino..... | 49 |
| 6 | CONCLUSIONI..... | 50 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|--|----|
| Figura 2-1. Corografia sistema tramviario fiorentino | 5 |
| Figura 4-1. Reticolo di gestione LR 79/2012, con interferenze in evidenza. | 10 |
| Figura 4-2. Inquadramento planimetrico del Fosso del Prunaia, con focus sull'attraversamento esistente.. | 12 |
| Figura 4-3. Vista prospettica dell'attraversamento esistente in corrispondenza del Fosso del Prunaia | 12 |
| Figura 4-4. Individuazione planimetrica del nuovo ponte Fosso del Prunaia | 13 |
| Figura 4-5. Prospetto del ponte in progetto sul Fosso del Prunaia | 13 |
| Figura 4-6. Ponte esistente che ospita vile liberto roti, in corrispondenza del Fosso Reale | 14 |
| Figura 4-7. Individuazione planimetrica del nuovo ponte sul Fosso Reale | 15 |
| Figura 4-8. Prospetto del ponte in progetto in corrispondenza del Fosso Reale | 16 |
| Figura 4-9. Prospetto del ponte in progetto in corrispondenza del Colatore Sinistro | 16 |
| Figura 4-10. Prospetto del ponte in progetto in corrispondenza del Colatore destro | 16 |
| Figura 4-11. Ponte esistente che ospita vile liberto roti, in corrispondenza del Collettore Principale Acque Basse | 17 |
| Figura 4-12. Individuazione planimetrica del nuovo ponte sul Collettore Principale Acque Basse | 18 |
| Figura 4-13. Prospetto del ponte in progetto sul Collettore Principale Acque Basse | 18 |
| Figura 4-14. Ponte stradale esistente in corrispondenza del Canale Macinante | 20 |
| Figura 4-15. Individuazione planimetrica del nuovo ponte sul Canale Macinante | 21 |
| Figura 4-16. Opera di scavalco esistente, in corrispondenza del Canale Macinante, vista da Sud | 21 |
| Figura 4-17. Prospetto del ponte in progetto sul Canale Macinante | 22 |
| Figura 4-18. Opera di scavalco esistente vista da Sud | 23 |
| Figura 4-19. Individuazione planimetrica dell'infrastruttura tramviaria in corrispondenza del fosso San Donnino | 23 |
| Figura 4-20. Nodo di imbocco dello scatolare in corrispondenza del fosso San Donnino | 24 |
| Figura 5-1 Grandezze presenti nell'equazione dell'energia. | 26 |
| Figura 5-2. Sezione a monte del tratto di intervento per lo stato di fatto | 28 |
| Figura 5-3. Sezione a valle del tratto di intervento per lo stato di fatto | 29 |
| Figura 5-4. profilo dello stato di fatto | 29 |
| Figura 5-5. Sezione a monte del tratto di intervento per lo stato di progetto | 30 |
| Figura 5-6. manufatto in progetto - Sezione di inizio del tratto di transizione a monte | 30 |
| Figura 5-7. manufatto in progetto - Sezione di fine del tratto di transizione a monte | 30 |
| Figura 5-8. manufatto in progetto - Sezione di inizio del tratto di transizione a valle | 31 |
| Figura 5-9. manufatto in progetto - Sezione di fine del tratto di transizione a valle | 31 |
| Figura 5-10. Sezione a valle del tratto di intervento per lo stato di progetto | 31 |
| Figura 5-11. profilo dello stato di progetto | 32 |
| Figura 5-12. Sezione a monte del tratto di intervento per lo stato di fatto | 33 |
| Figura 5-13. Sezione a valle del tratto di intervento per lo stato di fatto | 33 |
| Figura 5-14. Profilo dello stato di fatto | 34 |
| Figura 5-15. Sezione a monte del tratto di intervento per lo stato di fatto | 34 |
| Figura 5-16. manufatto in progetto - Sezione di inizio del tratto di transizione a monte | 35 |
| Figura 5-17. manufatto in progetto - Sezione di fine del tratto di transizione a monte | 35 |
| Figura 5-18. manufatto in progetto - Sezione di inizio del tratto di transizione a valle | 35 |
| Figura 5-19. manufatto in progetto - Sezione di fine del tratto di transizione a valle | 36 |
| Figura 5-20. Sezione a valle del tratto di intervento per lo stato di fatto | 36 |
| Figura 5-21. Profilo dello stato di progetto | 36 |

1 PREMESSA

La presente relazione è redatta, quale documento facente parte del Progetto Definitivo, ai sensi del DPR 207/2010, i cui contenuti sono disciplinati all'art. 25 del medesimo Decreto.

L'oggetto del progetto definitivo è la Tranvia di Firenze – Linea 4.2 – Le Piagge-Campi Bisenzio che dal punto di vista amministrativo ha seguito i seguenti principali passaggi formali:

- con Deliberazione di Giunta n. 666 del 20 dicembre 2022, veniva **approvato il Progetto di Fattibilità Tecnica Economica "rafforzato" della Linea tramviaria 4.2 le Piagge - Campi Bisenzio**;
- con Determinazione Dirigenziale DD/2022/10209 del 22/12/2022, della Direzione Sistema Tranviario Metropolitano, Servizio Gestione Tramvia, ai sensi dell'art. 32, c.2, del D.Lgs. 50/2016, è stato disposto di procedere all'avvio, ai sensi dell'art. 48 c.5 del D.L. 77/2021 alla procedura ristretta di cui all'art. 3 c.1 e art. 61 del D.Lgs 50/2016 per **l'affidamento congiunto della progettazione definitiva ed esecutiva, revisione del piano della sicurezza e coordinamento, fornitura del materiale rotabile e lavori per la realizzazione della Linea Tramviaria 4.2 Tratta Le Piagge Campi Bisenzio** con il criterio del miglior rapporto qualità/prezzo ai sensi dell'art. 95 c.2 del D. Lgs 50/2016;
- il bando di gara è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea il 28/12/2022, sul profilo di committente della stazione appaltante, sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana e, per estratto, su quattro quotidiani, due a diffusione nazionale e due a diffusione locale;
- con Determinazione Dirigenziale n. DD/2023 /05448 del 28.06.2023, della Direzione Sistema Tranviario Metropolitano, Servizio Gestione Tramvia, venivano approvati i verbali di gara e l'appalto in oggetto veniva aggiudicato, fatto salvo l'esito positivo dei controlli, al RTI costituito con mandataria C.M.B. Società Cooperativa Muratori e Braccianti di Carpi e Alstom Ferroviaria, AMPLIA Infrastructures, HITACHI RAIL STS e COM.NET. (tutte mandanti), il quale fin dalla fase di gara ha indicato come progettisti i soci del RTP Technital (mandataria) e SDA Progetti, ETS, Archlandstudio, Studio Mattioli, Cooperativa Archeologia, IRIDE e STEER (tutte mandanti);
- con Ordine di Servizio del RUP n.1 del 09/11/2023, la Stazione Appaltante dava l'Avvio della Progettazione Definitiva a far data dal 13/11/2023, tenendo conto di quanto indicato nella consegna del contratto in via d'urgenza ai sensi degli artt. 8 e 13 del D.Lgs. 50/2016 come da verbale trasmesso con prot. 302302 del 25/09/2023, nell'art. 20, c. 1 del CSA e nell'art. 25, c. 3 del CSA.

Nei capitoli seguenti i vari aspetti progettuali che costituiscono l'intervento vengono descritti per temi specifici e con gli opportuni rimandi agli elaborati specialistici, grafici e descrittivi del tema in argomento.

2 INQUADRAMENTO

2.1 LE STRATEGIE PER IL POTENZIAMENTO DELLA RETE TRANVIARIA DI FIRENZE

Il sistema tranviario di Firenze attualmente in esercizio è composto dalle linee T1 e T2 che, incrociandosi nell'area della stazione ferroviaria di Santa Maria Novella, servono il bacino del quadrante nord-ovest captando gran parte dell'utenza al di fuori dell'area centrale, da sempre critica per la mobilità del capoluogo toscano.

LA LINEA T1: LEONARDO

La Linea T1 collega il Comune di Scandicci con il Polo Universitario Ospedaliero di Careggi, transitando per la stazione di Santa Maria Novella a Firenze. La lunghezza del percorso è di 11,5 km con n. 26 fermate.

La Linea T1 è nata riunendo la Linea 1: Scandicci - Stazione FS di Santa Maria Novella (in esercizio dal 14 febbraio 2010 con 15 fermate lungo un tracciato di 7,7 km) e la Linea 3.1: Stazione FS di S. Maria Novella - Ospedale Careggi - (in esercizio dal 16 luglio 2018 con 11 fermate lungo un tracciato di 5,5 km).



LA LINEA T2: VESPUCCI

La Linea T2 collega il capolinea Aeroporto "Vespucci" di Peretola con Stazione FS di Santa Maria Novella ove si interscambia con la Linea T1, per terminare al capolinea di piazza dell'Unità d'Italia; la linea è in esercizio dal 2018.

Si tratta di una linea fondamentale per il sistema tranviario della città di Firenze in quanto interessa la zona di maggior sviluppo dell'area metropolitana (Novoli), collega l'Aeroporto di Peretola con la nuova stazione ferroviaria dell'Alta Velocità di Belfiore, ed infine serve i nuovi insediamenti per l'Università e il Palazzo di Giustizia nell'area di Novoli. La lunghezza del percorso è 5,3 km, con n. 12 fermate



Il capolinea di piazza dell'Unità d'Italia è provvisorio, fino alla realizzazione della tratta di collegamento denominata VACS "Variante Centro Storico 2° lotto" che collegherà Piazza dell'Unità d'Italia con Piazza San Marco percorrendo viale Strozzi - viale Lavagnini e Piazza della Libertà; la sub-tratta è in fase avanzata di costruzione ed è prevista l'entrata in esercizio nel 2024.

Con Accordo di Programma fra Regione Toscana ed i Comuni di Firenze, Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio e Bagno a Ripoli sono stati definiti il programma di interventi ed i reciproci impegni per il completamento dell'estensione del sistema tranviario, fra cui l'estensione della Linea 3 a Bagno a Ripoli (Linea 3.2.1) e Rovezzano (Linea 3.2.2) e le estensioni delle Linee tramviarie verso Campi Bisenzio (Linea 4) e Sesto Fiorentino (Linea 2..2 che collegherà l'aeroporto di Peretola con il centro di Sesto Fiorentino):

LA LINEA T4

La linea 4 è composta dalle tratte 4.1 e 4.2 ed è prevista la realizzazione in regime di appalto integrato.

La prima tratta: **Linea 4.1 “Leopolda - Le Piagge”** (di cui è stato approvato il progetto definitivo) si sviluppa tra la zona di Porta al Prato e l'area delle Piagge, costituendo il collegamento tra la città di Firenze e il centro abitato di Campi Bisenzio. Il tracciato si interconnette con la Linea 1 in corrispondenza della fermata “Porta al Prato – Leopolda” e giunge alla fermata “Le Piagge” correndo in parte sulla ex linea ferroviaria Firenze-Empoli (già dismessa da RFI) e in parte su nuova sede. La lunghezza della Linea 4.1 è di 6,370 km con n. 13 fermate (compreso capolinea Le Piagge).

La seconda tratta: **Linea 4.2 “Le Piagge – Campi Bisenzio”** (di cui è stato approvato il PFTE “rafforzato”) riprende il tracciato dalla fermata Le Piagge e termina a Campi Bisenzio, consentendo così al sistema tranviario fiorentino di innestarsi nell'agglomerato urbano di Campi Bisenzio. La lunghezza della Linea 4.2 è di 5,360 km con n. 11 fermate (escluso capolinea Le Piagge).

La presente relazione riferisce sui contenuti del progetto definitivo della linea tramviaria 4.2 che costituisce il collegamento con la zona sud-est della città di Firenze dalla stazione Le Piagge, in Comune di Firenze, fino al capolinea di Campi Bisenzio, rappresentando di fatto il prolungamento della Linea 4.1 “Leopolda-Piagge”.

Nella figura seguente è riportato il quadro complessivo del sistema tranviario di Firenze (immagine tratta dal sito https://mobilita.comune.fi.it/tramvia/sistema_tranviario).

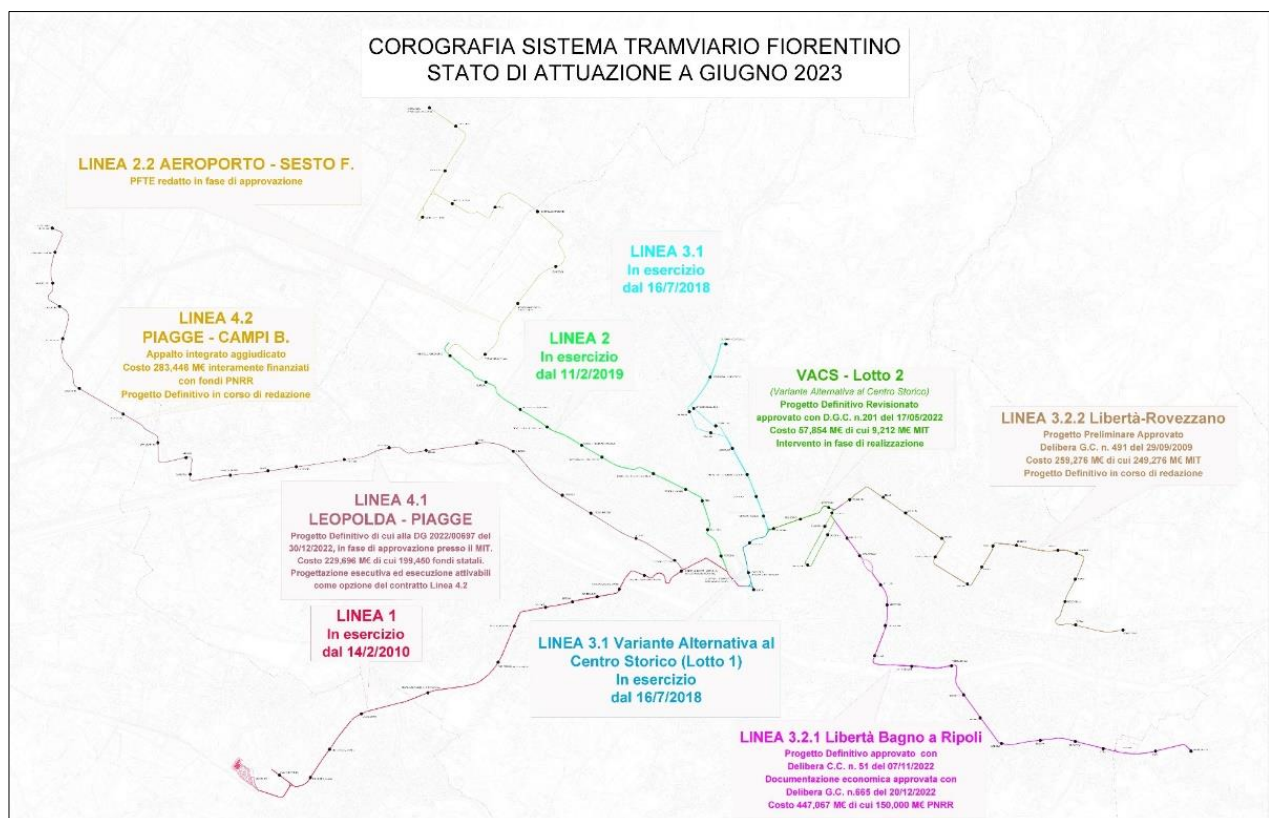


FIGURA 2-1. COROGRAFIA SISTEMA TRAMVIARIO FIORENTINO

2.2 DESCRIZIONE DEL CONTESTO

La linea 4.2 insiste sui territori dei Comuni di Firenze e Campi Bisenzio con uno sviluppo complessivo di circa km 3+350 m, sviluppandosi sulla direttrice Sud/Est verso Nord/Ovest. Per gran parte del suo sviluppo, il tracciato si affianca alle direttrici principali di traffico lasciando la sede stradale attuale a svolgere la sua funzione con le medesime caratteristiche presenti, senza cioè alterarne la sezione e l'organizzazione stradale.

Il territorio attraversato si presenta parzialmente urbanizzato, con tratti ove l'antropizzazione si concretizza in abitati tipici della periferia a tratti di campagna quali zone cuscinetto agricolo tra gli agglomerati urbani.

La zona nel Comune di Firenze presenta edifici multipiano a scopo abitativo con ampie aree a verde che spostandosi verso ovest assume sempre più una prevalenza di aree verdi rispetto alle aree antropizzate.

Superata l'autostrada A1 ci si muove verso nord, verso la SR "Pistoiese" entrando nel territorio comunale di Campi Bisenzio: il contesto presenta alternativamente aree costruite ed aree verdi, le prime conseguenza dell'urbanizzazione tipica dei contesti periferici che si sono sviluppati attorno alle principali direttrici di traffico, nello specifico la via Pistoiese, fin da epoche remote: questa zona è stata abitata fin dall'epoca romana e ha una lunga storia di agricoltura e attività manifatturiere fino ai giorni nostri.

La realizzazione della nuova SR "Pistoiese" ha spostato l'infrastruttura principale al di fuori o ai limiti degli agglomerati urbani, ma negli anni lo sviluppo edilizio ha creato un grande borgo senza soluzione di continuità.

Si incontrano in successione da est verso ovest il Canale Macinante con a fianco il fosso S. Donnino, il fosso o collettore Acque Basse-Gavine, il Fosso Reale con i suoi colatori laterali ed infine il fosso Prunaia. La geomorfologia del territorio presenta una piana solcata da un "pettine" di corpi idrici che confluiscono nel fiume Bisenzio a sua volta immissario del più ampio bacino del fiume Arno.

Un elemento caratterizzante che si trova in questo contesto sono i bacini o casse di espansione delle incisioni idrografiche che attraversano il territorio con andamento prevalente nord-sud. Questi elementi appartengono anche all'area ZSC-ZPS IT5140011 "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese" caratterizzata da depressioni che in caso di piene della rete idrografica, direttamente o per rigurgito, tendono ad essere sommerse con la creazione di zone umide.

Spostandosi verso nord ovest fino a raggiungere il centro del Comune di Campi Bisenzio, il contesto assume nuovamente una prevalenza di insediamenti antropici (nuclei abitati, zone commerciali, infrastrutture per la mobilità) seppur la valenza ambientale rimanga un elemento caratterizzante del paesaggio: ampie distese coltivate o parchi pubblici si alternano lasciando spazio all'edificazione intensa solo nell'intorno del centro abitato comunale.

2.3 SINTESI DELLA LINEA TRANVIARIA

La linea tramviaria 4.2, quale naturale proseguimento della linea 4.1 Leopolda - Le Piagge (non oggetto del presente progetto definitivo), si sviluppa dalla fermata Le Piagge (compresa nel progetto e lavori della linea 4.1) all'abitato di San Donnino e da questo fino al centro di Campi Bisenzio: l'intera linea 4 costituisce un'opera di importanza strategica che si inserisce nel sistema tranviario fiorentino e che fa parte di un sistema intercomunale che collega il comune di Firenze con il comune di Campi Bisenzio, interconnettendosi alla linea 1 in corrispondenza della stazione Leopolda Porta al Prato. Obiettivo principale della progettazione è il miglioramento dell'offerta di mobilità pubblica da e verso il capoluogo fiorentino lungo la direttrice nord ovest, attualmente molto trafficata e facente capo alla SR "Pistoiese", lungo la quale si sviluppano anche le linee di trasporto pubblico urbano ed extraurbano: si tratta di mettere a servizio delle comunità locali un sistema di trasporto alternativo a quello su gomma, al fine di ridurre il traffico veicolare che insiste su tutta l'area ed il centro del capoluogo.

La linea 4.2 ha uno sviluppo complessivo di circa km 5+360 m dalla fermata Le Piagge al capolinea Rucellai in Piazza Aldo Moro a Campi Bisenzio. Il tracciato presenta sempre due binari tranviari in direzioni di marcia opposte.

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

Lungo il suo sviluppo sono previste n. 11 fermate di cui n. 4 nel comune di Firenze (Nave di Brozzi, Campania, Abruzzi, San Donnino) e n. 7 nel comune di Campi Bisenzio (Pistoiese, Castagno, Repubblica, Racchio, Palagetta, Giordano Bruno, Rucellai).

Per l'esercizio tranviario è previsto anche una zona cosiddetta "Deposito" dove rovano ubicazione le strutture per il rimessaggio e la manutenzione dei mezzi: la sua collocazione sul territorio è prevista in Comune di Firenze ed in adiacenza all'Autostrada A1 sul lato ovest, a sud dell'abitato del quartiere di San Donnino.

Per favorire la massima attrattività della linea tranviaria nei confronti dell'utenza, lungo il tracciato sono state individuate delle aree da destinarsi a parcheggi, per favorire lo scambio intermodale tra il traffico privato e il trasporto pubblico. I parcheggi prendono il nome dalle località e sono ubicati in prossimità di fermate della tranvia:

1. Parcheggio Campania
2. Parcheggio Castagno
3. Parcheggio S. Donnino
4. Parcheggio Pistoiese

L'intersezione con i corsi d'acqua prevede che la linea tranviaria si sviluppi su idonei manufatti di scavalco: i 4 principali attraversamenti con ponti sono nell'ordine da ovest verso est:

- Ponte sul Canale Macinante;
- Ponte sul fosso o collettore Acque Basse-Gavine;
- Viadotto sul Fosso Reale e i colatori laterali
- Ponte sul fosso Prunaia

Nel tratto che si affianca alla SR "Pistoiese" sono previsti degli interventi strutturali per il prolungamento dei sottopassi stradali di via S. Jacopo e Via dei Manderi e la realizzazione di un nuovo sottopasso pedonale in corrispondenza del previsto parcheggio e fermata "Pistoiese".

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

3.1 L.R. 79/2012 E RD 523/1904

Il reticolo di gestione è soggetto al R.D. n. 523 del 25/07/1904 rappresenta il Testo Unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

Gli interventi in alveo o nelle pertinenze di un corso d'acqua dichiarato pubblico o su superfici appartenenti al demanio idrico catastalmente definite, ovvero che per qualsiasi altro motivo intendano occupare, temporaneamente o in modo permanente, anche in subalveo o in proiezione, superfici appartenenti al demanio idrico sono soggetti ad autorizzazione idraulica ai sensi del R.D. 523/1904. A titolo esemplificativo e non esaustivo, sono opere ed interventi la cui realizzazione è subordinata al rilascio dell'autorizzazione idraulica ai sensi del R.D. 523/1904:

- ponti carrabili, ferroviari, passerelle pedonali;
- attraversamenti dell'alveo con tubazioni e condotte interrato, sospese o aggraffate ad altri manufatti di attraversamento;
- attraversamenti dell'alveo con linee aeree elettriche, telefoniche o di altri impianti di telecomunicazione;
- tubazioni aggraffate ai muri d'argine che occupino l'alveo in proiezione orizzontale;
- muri d'argine ed altre opere di protezione delle sponde;
- opere di regimazione e di difesa idraulica;
- opere di derivazione e di restituzione e scarico di qualsiasi natura;
- scavi e demolizioni.

Valgono inoltre i seguenti disposti:

Art. 93: Nessuno può fare opere nell'alveo dei fiumi, torrenti, rivi, scolatoi pubblici e canali di proprietà demaniale, cioè nello spazio compreso fra le sponde fisse dei medesimi, senza il permesso dell'autorità amministrativa. Formano parte degli alvei i rami o canali, o diversivi dei fiumi, torrenti, rivi e scolatoi pubblici, ancorché in alcuni tempi dell'anno rimangano asciutti.

Art. 96: Sono lavori ed atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti: [...]

f) Le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi;

g) Qualunque opera o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso, a cui sono destinati gli argini e loro accessori come sopra, e manufatti attinenti;

h) Le variazioni ed alterazioni ai ripari di difesa delle sponde dei fiumi, torrenti, rivi, canali e scolatoi pubblici tanto arginati come non arginati, e ad ogni altra sorta di manufatti attinenti; [...]

3.2 NTC 2018

Con Decreto del 17/01/2018 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha provveduto all'Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

3.2.1 Compatibilità idraulica

Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto deve essere corredato da uno studio di compatibilità idraulica costituito da una relazione idrologica e da una relazione idraulica riguardante

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

le scelte progettuali, la costruzione e l'esercizio del ponte. L'ampiezza e l'approfondimento dello studio e delle indagini che ne costituiscono la base devono essere commisurati all'importanza del problema e al livello di progettazione. Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni ($T_r=200$). Coerentemente al livello di progettazione, lo studio di compatibilità idraulica deve riportare:

- l'analisi idrologica degli eventi di massima piena e stima della loro frequenza probabile;
- la definizione dei mesi dell'anno durante i quali siano da attendersi eventi di piena, con riferimento alla prevista successione delle fasi costruttive;
- la definizione della scala delle portate nelle condizioni attuali, di progetto, e nelle diverse fasi costruttive previste, corredata dal calcolo del profilo di rigurgito indotto dalla presenza delle opere in alveo, tenendo conto della possibile formazione di ammassi di detriti galleggianti;
- la valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme ed alle dimensioni di pile, spalle e relative fondazioni, nonché di altre opere in alveo provvisoriale e definitive, tenendo conto della possibile formazione di ammassi di detriti galleggianti oltre che dei fenomeni erosivi generalizzati conseguenti al restringimento d'alveo;
- l'esame delle conseguenze di urti e abrasioni dovuti alla presenza di natanti e corpi flottanti.

Il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d'acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali. Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente.

Per i ponti esistenti, eventualmente interessati da luci nette di misura inferiore, è ammesso l'allargamento della piattaforma, a patto che questo non comporti modifiche dimensionali delle pile, delle spalle o della pianta delle fondazioni di queste, e nel rispetto del franco idraulico come nel seguito precisato. In tutti gli altri casi deve essere richiesta l'autorizzazione all'Autorità competente, che si esprime previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nel caso di pile e/o spalle in alveo, cura particolare è da dedicare al problema delle escavazioni in corrispondenza delle fondazioni e alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle tenuto anche conto del materiale galleggiante che il corso d'acqua può trasportare. In tali situazioni, una stima anche speditiva dello scalzamento è da sviluppare fin dai primi livelli di progettazione.

Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m. Il franco idraulico necessario non può essere ottenuto con il sollevamento del ponte durante la piena. Nelle successive fasi progettuali dovrà essere svolto uno studio specifico ai sensi della NTC 2018.

4 INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO E INFRASTRUTTURA IDRICA

Il tracciato tramviario presenta una serie interferenze con il complesso reticolo idrografico che caratterizza la piana Toscana, oggetto dell'intervento analizzato e studiato nel presente progetto. I corsi d'acqua facenti parte del reticolo idrografico di gestione individuato dalla Regione Toscana, secondo quanto disposto dalla Legge Regionale 79/2012, vengono riportati qui di seguito:

- Fosso del Prunaia;
- Fosso Reale;
- Collettore Principale Acque Basse;
- Canale Macinante;
- Fosso San Donnino.



FIGURA 4-1. RETICOLO DI GESTIONE LR 79/2012, CON INTERFERENZE IN EVIDENZA.

Per ognuno dei canali/fossi sopra indicati, si riportano le indicazioni trasmesse dagli Enti relativamente alle **quote** ed ai **franchi minimi** da garantire. In accordo con le caratteristiche geometriche delle sezioni che caratterizzano i corsi d'acqua qui citati, il franco minimo sarà garantito prendendo a riferimento la distanza tra la quota del ciglio spondale o della sommità arginale e la quota dell'intradosso degli impalcati dei ponti in progetto:

- **Fosso del Prunaia:** Il canale in oggetto non risulta arginato. Si è quindi proceduto alla verifica della quota effettiva del ciglio sponda, considerando di dover garantire un franco minimo di 1 metro;

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

- **Fosso Reale.** Il fosso in oggetto risulta essere arginato. Si è quindi proceduto alla verifica della quota effettiva del ciglio sponda, considerando di dover garantire un franco minimo di 1.50 metro;
- **Collettore Principale Acque Basse.** Il canale in oggetto non risulta arginato. Si è quindi proceduto alla verifica della quota effettiva del ciglio sponda, considerando di dover garantire un franco minimo di 1 metro;
- **Canale Macinante.** Il fosso in oggetto risulta essere arginato e la competenza del corpo idrico risulta essere in capo al Comune di Firenze, Ente di riferimento per l'assegnazione del franco idoneo, definito pari ad 1 metro rispetto alla quota arginale. Nel paragrafo 4.4 sono esposti ulteriori approfondimenti in merito al tema in oggetto;
- **Fosso San Donnino.** Il manufatto presente in corrispondenza del nodo analizzato corrisponde ad uno scatolare 4.15 x 2.55 m, seguito da un collettore di sezione circolare in CLS DN2400. Tale manufatto non necessita di prolungamento o verifica di specifici vincoli in quanto compatibile con l'opera di attraversamento in progetto.

Per tutti i canali sopra citati, a meno del fosso San Donnino (non modificato nel progetto in oggetto), è stato previsto un rivestimento spondale in CLS gettato in opera, con spessore 20cm e armato con rete elettrosaldata 20x20 ϕ 10. Tale rivestimento è stato previsto in corrispondenza dell'attraversamento stesso e per un tratto pari a 6 metri sia a monte che a valle dello stesso.

4.1 FOSSO DEL PRUNAIA

4.1.1 Stato di fatto

Allo stato attuale, il Fosso Prunaia prende origine all'intersezione del braccio est della rotatoria della Circonvallazione Sud fra via S.Giusto e via Palagetta con un sotto attraversamento realizzato con una tubazione in cls DN1000 senza un bacino proprio a monte, in quanto disconnesso dal sistema di drenaggio esistente. Procedendo verso valle lungo l'asta del Fosso del Prunaia è presente l'effettivo attraversamento esistente (Figura 4-2) realizzato con un'opera d'arte su cui è posta via Liberto Roti. Tale impalcato permette al Prunaia di raggiungere ed immettersi lateralmente nel colatore destro del Fosso Reale.



FIGURA 4-2. INQUADRAMENTO PLANIMETRICO DEL FOSSO DEL PRUNAIA, CON FOCUS SULL'ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE



FIGURA 4-3. VISTA PROSPETTICA DELL'ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE IN CORRISPONDENZA DEL FOSSO DEL PRUNAIA

4.1.2 Stato di progetto

Il ponte in progetto è previsto come gettato in opera in c.a., ed è situato a monte del ponte stradale esistente. Si riportano qui di seguito le principali caratteristiche strutturali:

- $L = 16.50$ m;
- $H_{\text{solettone}} = 1.20$ m;
- $H_{\text{soletta}} = 0.30$ m
- $H_{\text{armamento}} = 0.35$ m

Aggiungendo 0.10 m al Piano del Ferro, si ottiene una altezza totale $H_{\text{tot}} = 1.65$ m. La struttura inoltre è dotata di 8 pali di fondazione $\phi 1200$ con $L=20$ m.

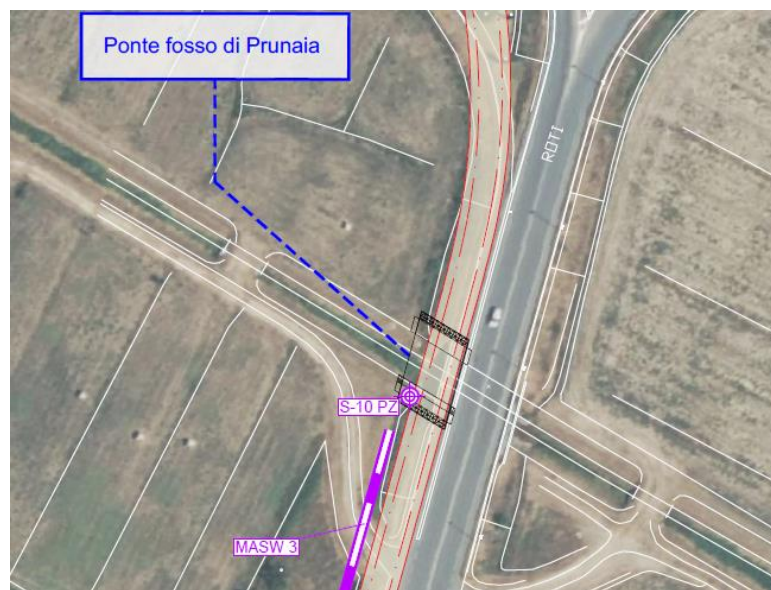


FIGURA 4-4. INDIVIDUAZIONE PLANIMETRICA DEL NUOVO PONTE FOSSO DEL PRUNAIA

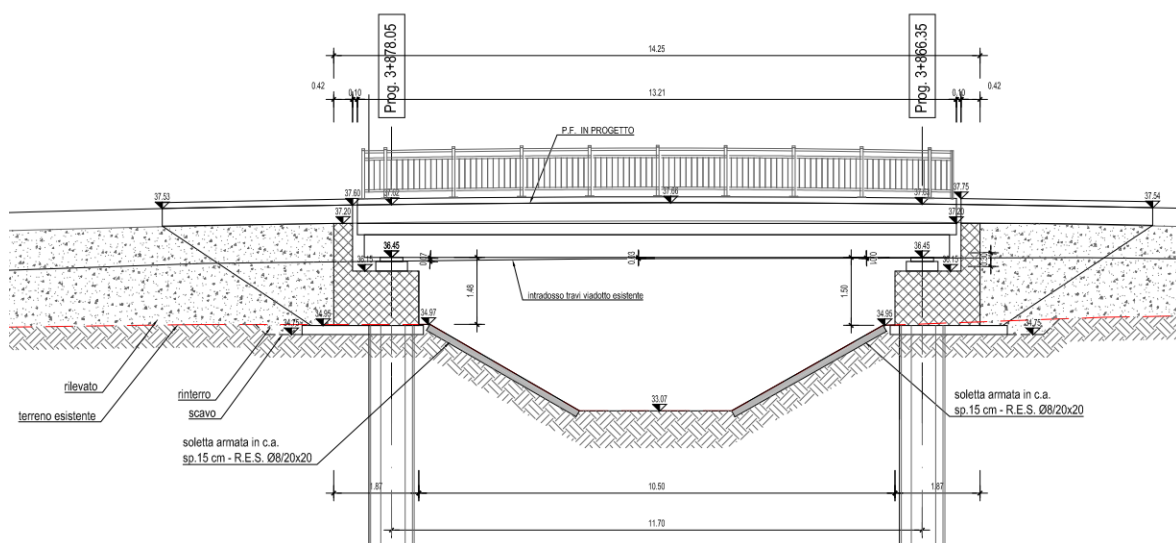


FIGURA 4-5. PROSPETTO DEL PONTE IN PROGETTO SUL FOSSO DEL PRUNAIA

Nel caso in oggetto, il fosso non risulta essere arginato. Si è quindi proceduto alla verifica della quota effettiva di riferimento del ciglio di sponda che risulta essere pari a 34.97 m s.l.m.. Il **franco minimo** indicato dagli Enti risulta essere pari ad 1 m, mentre quello **garantito** in fase di Progetto Definitivo pari ad 1.50 m. La quota dell'intradosso dell'impalcato in progetto è infatti 36.47 m s.l.m.

All'estremità di monte del fosso stesso viene mantenuto in essere e prolungato verso valle il tombino esistente in cls DN1000 che come ricordato nel paragrafo precedente, rappresenta il sotto attraversamento del braccio est della rotatoria della Circonvallazione Sud.

4.2 FOSSO REALE

4.2.1 Stato di fatto

Allo stato attuale, sul Fosso Reale è presente un attraversamento esistente che ospita Viale Liberto Roti, come mostrato in Figura 4-6.



FIGURA 4-6. PONTE ESISTENTE CHE OSPITA VILE LIBERTO ROTI, IN CORRISPONDENZA DEL FOSSO REALE

4.2.2 Stato di progetto

La linea tramviaria, non attraverserà il Fosso Reale in adiacenza al ponte stradale esistente, ma presenterà un certo scostamento dallo stesso come mostrato in Figura 4-7. La struttura non interesserà le arginature, così come richiesto espressamente dagli Enti, di modo da non comprometterne la stabilità. Il ponte previsto sarà del tipo “a cavalletto” metallico con opere poste a tergo dei due argini (Figura 4-8), traslando leggermente i due colatori laterali (Figura 4-9 e Figura 4-10).

Il ponte in progetto è situato a monte del ponte stradale esistente. Si riportano qui di seguito le principali caratteristiche strutturali:

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

- $L = 137.50$ m, con 5 travi in acciaio;
- Cassone in acciaio $H = 2.40$ m;
- $H_{\text{soletta}} = 0.30$ m;
- $H_{\text{armamento}} = 0.35$ m.

Aggiungendo 0.10 m al Piano del Ferro, si ottiene una altezza totale $H_{\text{tot}} = 3.15$ m. La struttura inoltre è dotata di 12 pali di fondazione in corrispondenza delle spalle e 6 in corrispondenza delle pile $\phi 1200$ con $L = 23$ m (Figura 4-8, Figura 4-9, Figura 4-10).

Nel caso in oggetto, il fosso risulta essere arginato. Si è quindi proceduto alla verifica della quota effettiva di riferimento della sommità arginale che risulta essere pari a 39.55 m s.l.m.. Il **franco minimo** indicato dagli Enti risulta essere pari ad 1.50 m, coincidente con il minimo **garantito** in questa fase progettuale. La quota dell'intradosso dell'impalcato in progetto è infatti 41.05 m s.l.m.

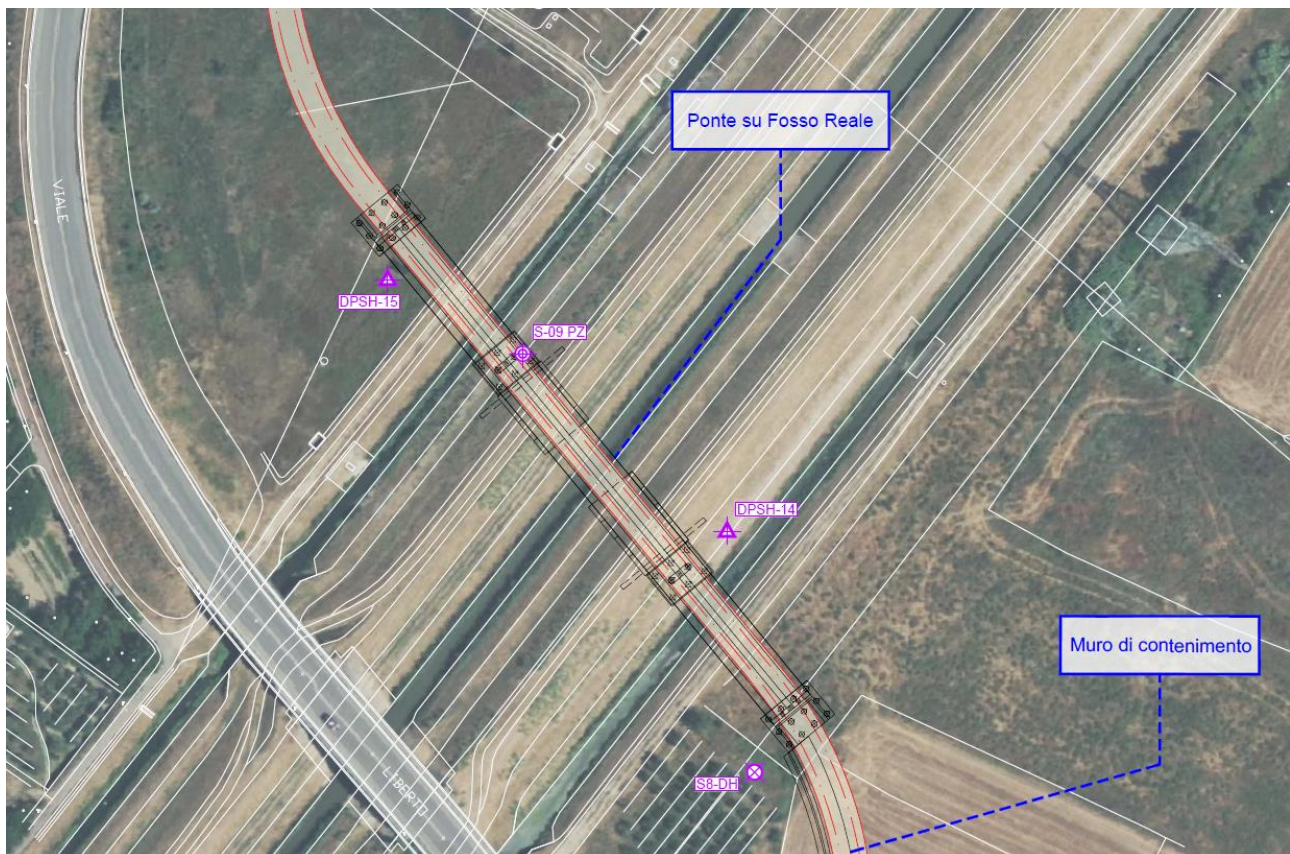


FIGURA 4-7. INDIVIDUAZIONE PLANIMETRICA DEL NUOVO PONTE SUL FOSSO REALE

TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO
PROGETTO DEFINITIVO

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

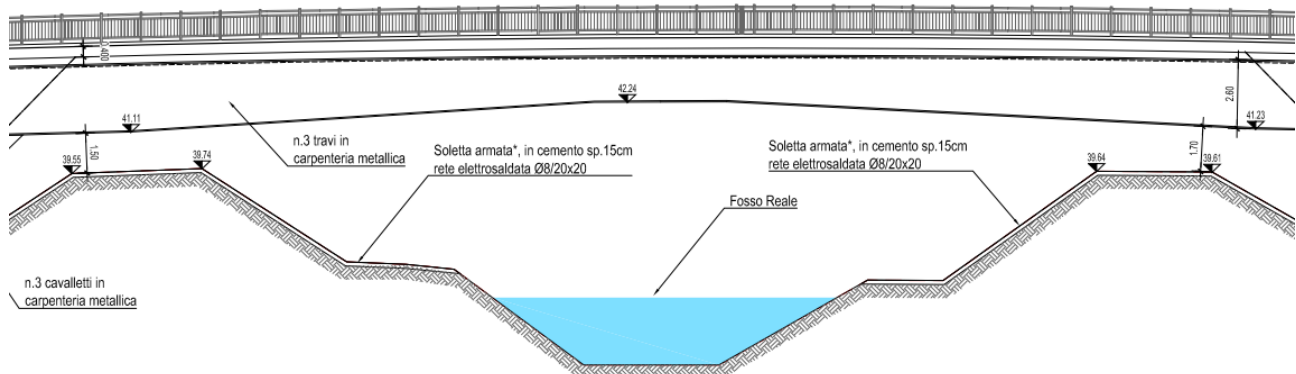


FIGURA 4-8. PROSPETTO DEL PONTE IN PROGETTO IN CORRISPONDENZA DEL FOSSE REALE

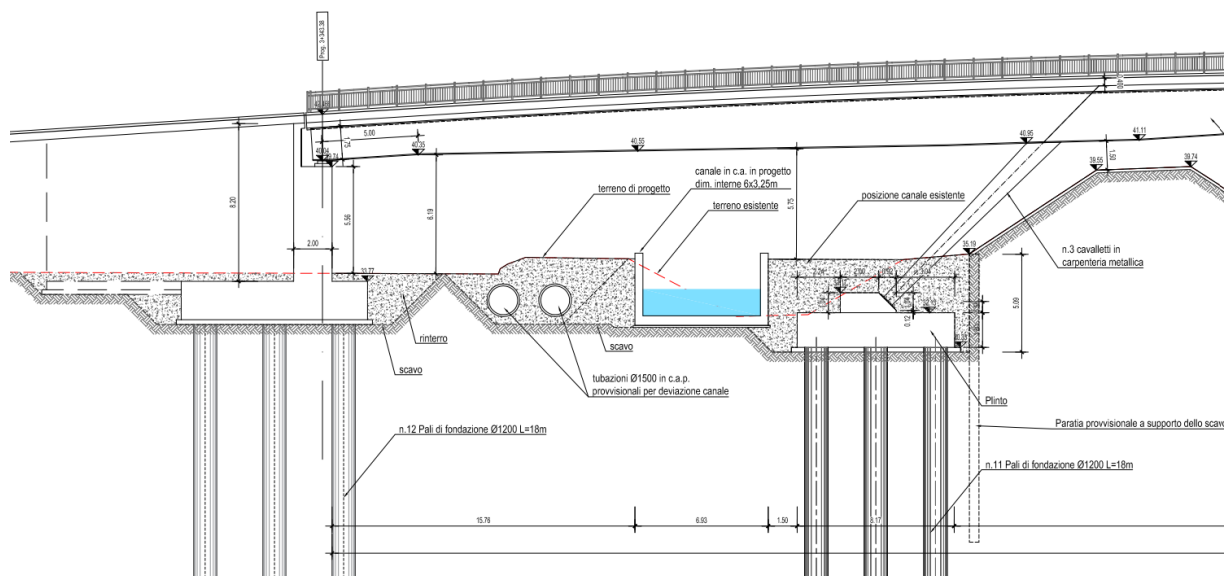


FIGURA 4-9. PROSPETTO DEL PONTE IN PROGETTO IN CORRISPONDENZA DEL COLATORE SINISTRO

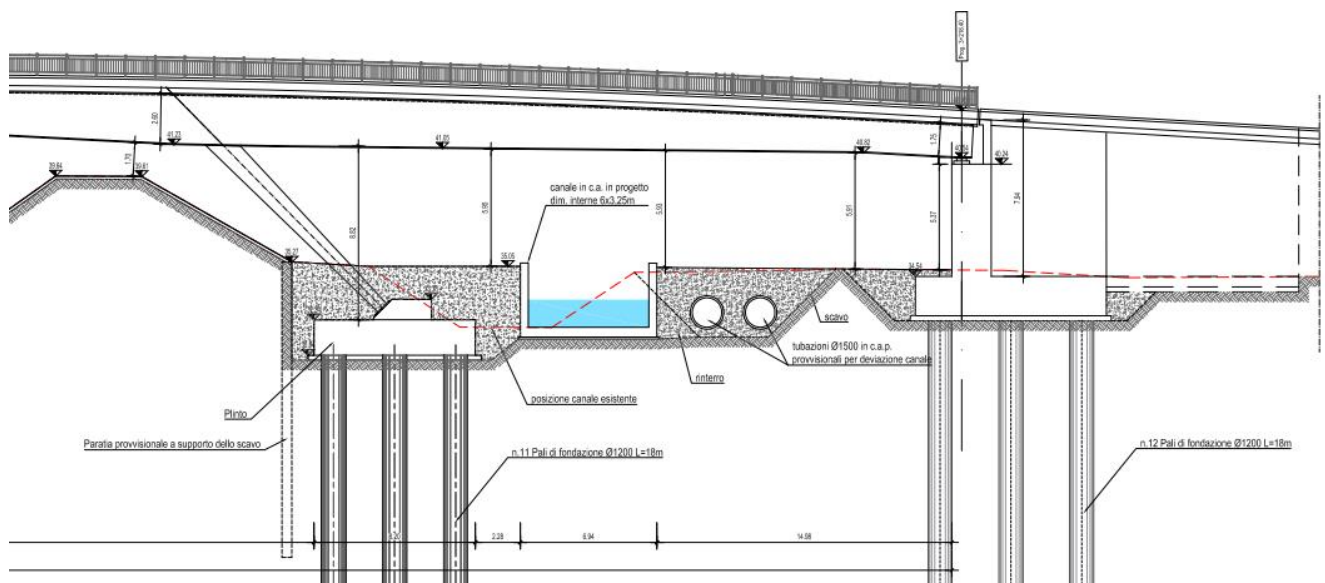


FIGURA 4-10. PROSPETTO DEL PONTE IN PROGETTO IN CORRISPONDENZA DEL COLATORE DESTRO

Nel capitolo 5 verranno presentate le modellazioni monodimensionali a supporto della progettazione dei manufatti previsti in corrispondenza dei colatori destro e sinistro in adiacenza al Fosso Reale.

4.3 COLLETTORE PRINCIPALE ACQUE BASSE

4.3.1 Stato di fatto

Allo stato attuale, sul Collettore Principale Acque Basse è presente un attraversamento stradale esistente, come mostrato in Figura 4-11.



FIGURA 4-11. PONTE ESISTENTE CHE OSPITA VILE LIBERTO ROTI, IN CORRISPONDENZA DEL COLLETTORE PRINCIPALE ACQUE BASSE

4.3.2 Stato di progetto

La linea tramviaria, attraverserà il Collettore Principale Acque Basse in adiacenza al ponte stradale esistente, come mostrato in Figura 4-12.

Il ponte in progetto è previsto come gettato in opera in c.a., ed è situato a monte del ponte stradale esistente. Si riportano qui di seguito le principali caratteristiche strutturali:

- $L = 21.80$ m, con 5 travi in acciaio;
- $H_{trave} = 0.90$ m;
- $H_{soletta} = 0.30$ m;
- $H_{armamento} = 0.35$ m.

Aggiungendo 0.10 m al Piano del Ferro, si ottiene una altezza totale $H_{tot} = 1.65$ m. La struttura inoltre è dotata di 5 pali di fondazione $\phi 1200$ con $L = 30$ m (Figura 4-13).

Nel caso in oggetto, il canale in oggetto non risulta arginato. Si è quindi proceduto alla verifica della quota effettiva di riferimento del ciglio di sponda che risulta essere pari a 35.19 m s.l.m.. Il **franco minimo** indicato

dagli Enti risulta essere pari ad 1 m, mentre quello **garantito** in questa fase progettuale è pari ad 1.09 m. La quota dell'intradosso dell'impalcato in progetto è infatti 36.28 m s.l.m.

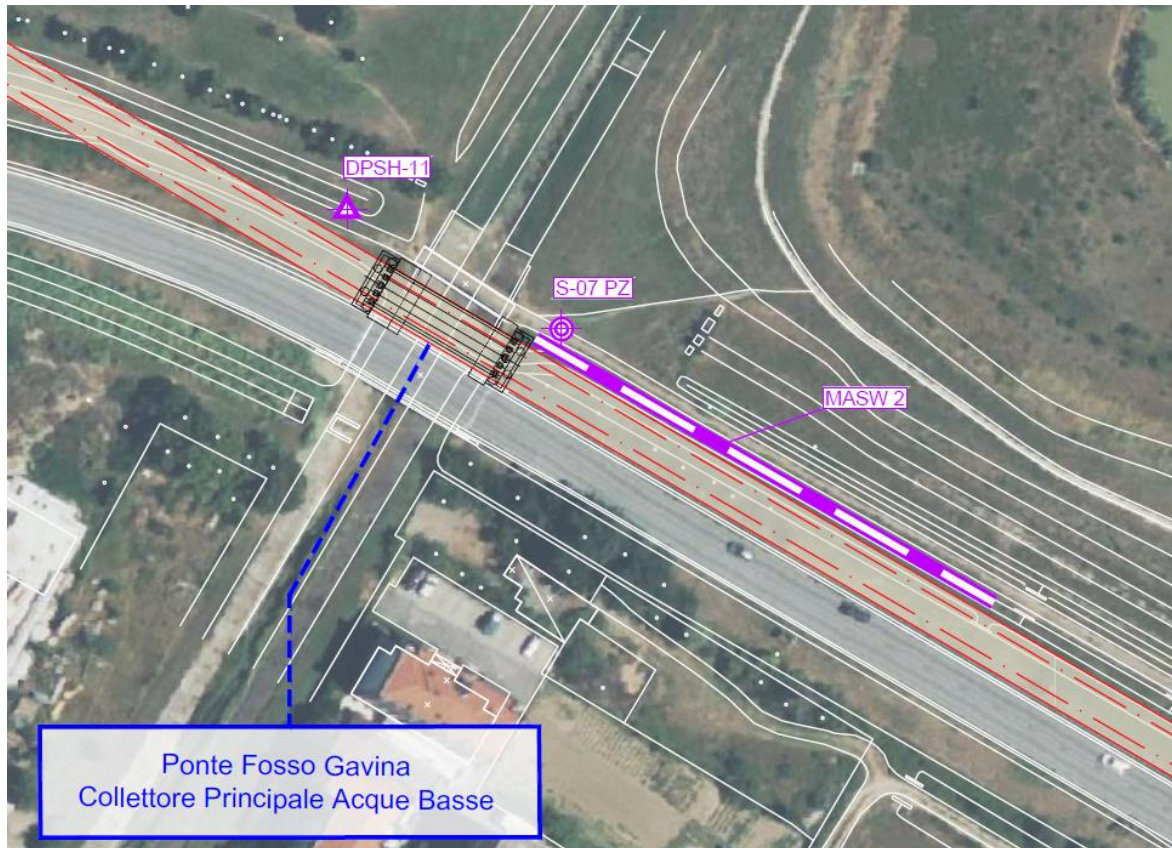


FIGURA 4-12. INDIVIDUAZIONE PLANIMETRICA DEL NUOVO PONTE SUL COLLETTORE PRINCIPALE ACQUE BASSE

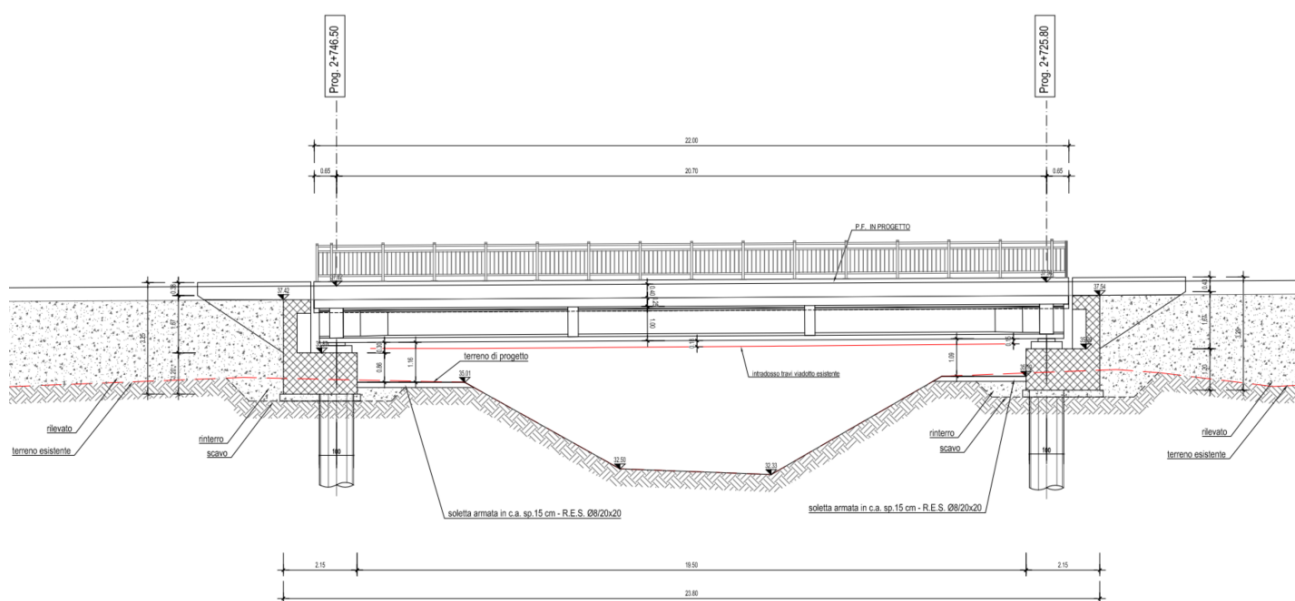


FIGURA 4-13. PROSPETTO DEL PONTE IN PROGETTO SUL COLLETTORE PRINCIPALE ACQUE BASSE

OPERE CIVILI PUNTUALI

*OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE
Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori*

4.4 CANALE MACINANTE

4.4.1 Stato di fatto

Allo stato attuale, sul Canale Macinante è presente un attraversamento stradale esistente, mostrato in Figura 4-14.



FIGURA 4-14. PONTE STRADALE ESISTENTE IN CORRISPONDENZA DEL CANALE MACINANTE

4.4.2 Stato di progetto

Il Canale Macinante è un corso d'acqua non facente parte del reticolo idrografico in gestione alla Regione Toscana (secondo quanto disposto dalla Legge Regionale 79/2012). La competenza in merito al corpo idrico appartiene alla Direzione Ambiente del Comune di Firenze, mentre di fatto la gestione è da attribuire al Consorzio di Bonifica del Medio-Valdarno.

In corrispondenza dell'intersezione con la SR66 "Strada Pistoiese" il Canale risulta non avere un bacino idrologico proprio. Le portate defluenti, infatti, hanno origine da scarichi di altri rii della città di Firenze. Pertanto, la somma di queste due condizioni fa sì che sia ragionevole considerare l'assenza di materiale flottante di grandi dimensioni, quali trochi o rami, tali da poter creare problematiche di ostruzione. Alla luce di tali considerazioni, per lo sviluppo dell'opera di scavalco è stato analizzato lo stato di fatto, essendo il ponte tramviario in progetto in adiacenza a quello stradale esistente. L'obiettivo, comune a tutti gli interventi in progetto, è di verificare che la condizione di progetto non sia in nessun modo limitante o peggiorativa delle condizioni attualmente presenti.

L'opera in progetto si collocherà a Nord rispetto all'esistente, come mostrato in Figura 4-15. In Figura 4-17 si mostra l'opera di scavalco esistente con vista da Sud.



FIGURA 4-15. INDIVIDUAZIONE PLANIMETRICA DEL NUOVO PONTE SUL CANALE MACINANTE

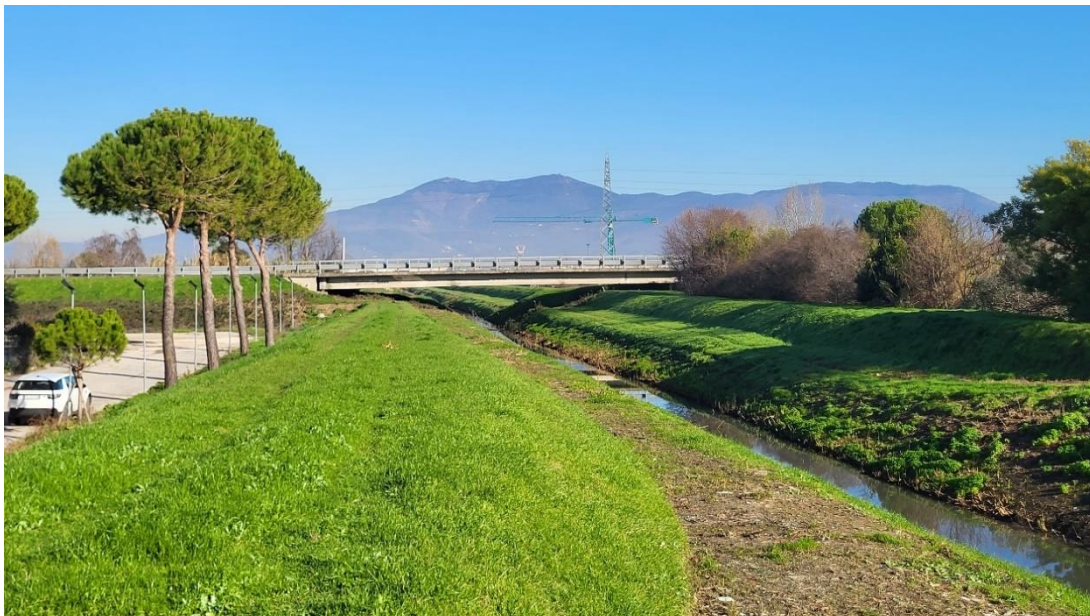


FIGURA 4-16. OPERA DI SCAVALCO ESISTENTE, IN CORRISPONDENZA DEL CANALE MACINANTE, VISTA DA SUD

Il ponte attuale presenta una sezione realizzata con impalcato in c.a. realizzato con la tecnica a cavi post tesi, con travi a formare un intradosso piano di altezza di circa 122 cm e cordolo laterale di ulteriori circa 30 cm. La soluzione per il progetto definitivo è stata quindi ipotizzata nel rispetto delle condizioni geometriche

dell'attuale scavalco, imponendo che la quota dell'intradosso non sia inferiore all'esistente e che le posizioni delle spalle non restringano la sezione attualmente disponibile.

Nella figura seguente sono indicate in rosso le posizioni dell'intradosso impalcato esistente e delle fondazioni del ponte esistente e della strada "Pistoiese".

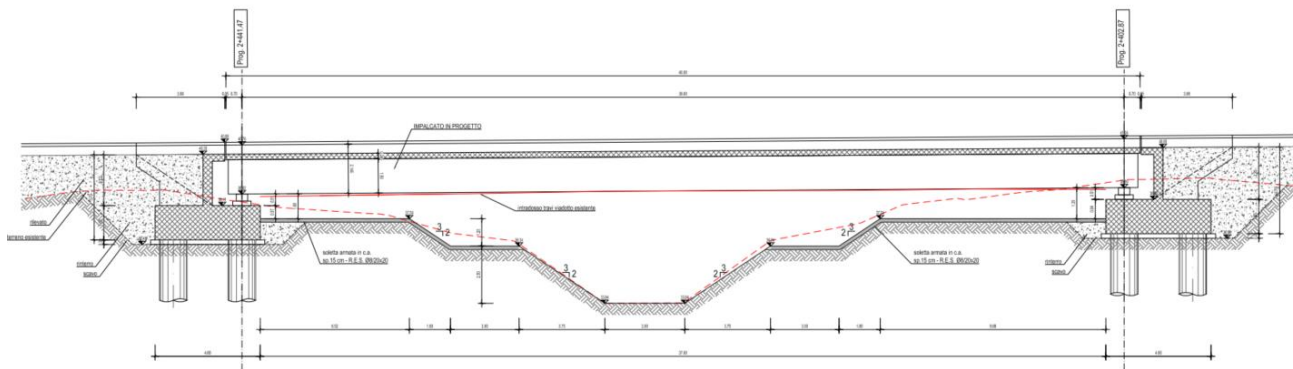


FIGURA 4-17. PROSPETTO DEL PONTE IN PROGETTO SUL CANALE MACINANTE

Si deduce come la nuova opera risulti **non peggiorativa delle condizioni di rischio attuali**, essendo la stessa dimensionata in modo che:

- le spalle del ponte sono posizionate nella medesima configurazione delle spalle dell'opera esistente senza determinare restrizioni geometriche nella sezione di attraversamento; la luce netta di calcolo asse appoggi risulta pari a 38.60 m;
- la quota del sotto trave dell'impalcato in progetto è stata posizionata a quote non inferiori a quelle dell'opera esistente, garantendo così un franco non inferiore a quello esistente. Dal rilievo topografico effettuato per la progettazione definitiva/esecutiva tale condizione determina un franco rispetto alla sommità arginale di circa 1.08 m.

Tali condizioni geometriche sono tali da scongiurare alterazioni del profilo idraulico di piena a causa della presenza del nuovo manufatto che si colloca a quote non inferiori all'esistente e ne conserva la luce netta.

La linea tramviaria, attraverserà il Canale Macinante in adiacenza al ponte stradale esistente, come mostrato in Figura 4-15.

Il ponte in progetto è previsto come gettato in opera in c.a., ed è situato a monte del ponte stradale esistente. Si riportano qui di seguito le principali caratteristiche strutturali:

- $L = 40$ m, con 5 travi in acciaio;
- $H_{trave} = 1.40$ m;
- $H_{soletta} = 0.30$ m
- $H_{armamento} = 0.35$ m

Aggiungendo 0.10 m al Piano del Ferro, si ottiene una altezza totale $H_{tot} = 2.15$ m. La struttura inoltre è dotata di 5 pali di fondazione $\phi 1200$ con $L = 30$ m (Figura 4-17).

Nel caso in oggetto, il canale in oggetto risulta arginato. Si è quindi proceduto alla verifica della quota effettiva di riferimento del ciglio di sponda che risulta essere pari a 37.54 m s.l.m.. Il **franco minimo** indicato dagli Enti risulta essere pari ad 1 m, mentre quello **garantito** in questa fase progettuale è pari ad 1.09 m. La quota dell'intradosso dell'impalcato in progetto è infatti 38.62 m s.l.m.

4.5 CANALE DI SAN DONNINO

4.5.1 Stato di fatto

Allo stato attuale, il Fosso San Donnino risulta essere tombato rispetto al ponte stradale esistente, così come mostrato in Figura 4-18. Il manufatto presente in corrispondenza del nodo analizzato ha sezione scatolare in CLS di dimensioni utili pari a 4.15 x 2.55 m. Tale manufatto è seguito da un collettore a sezione circolare in CLS DN2400. Per la modellazione relativa all'officiosità idraulica del canale in oggetto si rimanda al capitolo 5.



FIGURA 4-18. OPERA DI SCAVALCO ESISTENTE VISTA DA SUD

4.5.2 Stato di progetto

In fase di Progetto Definitivo, il nodo in corrispondenza del quale avviene il tombamento del Fosso San Donnino rimane inalterato rispetto allo stato di fatto. Infatti, il manufatto così come descritto precedentemente non necessita di prolungamento in quanto compatibile con l'opera di attraversamento in progetto.



FIGURA 4-19. INDIVIDUAZIONE PLANIMETRICA DELL'INFRASTRUTTURA TRAMVIARIA IN CORRISPONDENZA DEL FOSSO SAN DONNINO

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE
Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori



FIGURA 4-20. NODO DI IMBOCCO DELLO SCATOLARE IN CORRISPONDENZA DEL FOSSO SAN DONNINO

5 MODELLAZIONE NUMERICA MONODIMENSIONALE

Il codice di calcolo HEC-RAS 6.4.1 del U.S. Army Corps of Engineers consente di determinare il profilo idraulico, lungo un determinato tratto fluviale o canale artificiale, in condizioni di moto stazionario e gradualmente variato. Possono essere analizzate condizioni di moto subcritiche, condizioni di moto critiche e condizioni di regime misto. Il codice di calcolo permette di descrivere in maniera dettagliata la geometria delle singole sezioni idrauliche, tenendo conto di scabrezze differenti non solo in diversi tratti del corso d'acqua, ma anche all'interno della stessa sezione, ad esempio per differenziare le zone golenali e il canale principale.

Le ipotesi caratterizzanti il codice di calcolo sono:

- il moto della corrente è permanente e gradualmente variato;
- il deflusso della corrente è monodimensionale: le componenti della velocità nelle direzioni diverse da quella principale della corrente non vengono considerate. Le equazioni utilizzate assumono che il carico totale è lo stesso per tutti i punti appartenenti ad una generica sezione;
- la cadente è assunta costante tra due sezioni adiacenti;
- la geometria delle sezioni idrauliche è fissa.

Per quanto riguarda le simulazioni in moto permanente, il programma di calcolo opera integrando le equazioni generali del moto secondo il metodo denominato nella letteratura anglosassone "Standard Step Method". Il processo di calcolo si sviluppa a seconda delle caratteristiche della corrente, lenta o veloce, dalla sezione estrema di valle o dalla sezione estrema di monte, dove vengono assegnate dall'utente le condizioni al contorno, e procede verso l'altro estremo.

In corrispondenza dei ponti o di eventuali canali a sezione chiusa, dove i meccanismi caratterizzanti il fenomeno sono più complessi, vengono utilizzati metodi di calcolo specifici.

L'equazione differenziale fondamentale del moto permanente viene risolta nella seguente forma:

$$H_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = H_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \Delta E \quad (1)$$

dove (vedi fig. seguente):

- H_1, H_2 rappresentano le quote assolute della superficie della corrente alle sezioni 1 e 2;
- v_1, v_2 rappresentano le velocità medie della corrente (portata totale/area totale bagnata);
- α_1, α_2 sono i coefficienti di ragguglio della potenza cinetica (coefficienti di Coriolis). Moltiplicato con l'altezza cinetica ottenuta dalla velocità media V della corrente nella sezione permette di ottenere quella effettiva. Essa è definita come

$$\alpha = \frac{\int_A v^3 dA}{V^3 A}$$

e operativamente calcolata tra due sezioni in HEC-RAS come

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2};$$

- ΔE rappresenta la perdita di carico tra le sezioni 2 e 1.

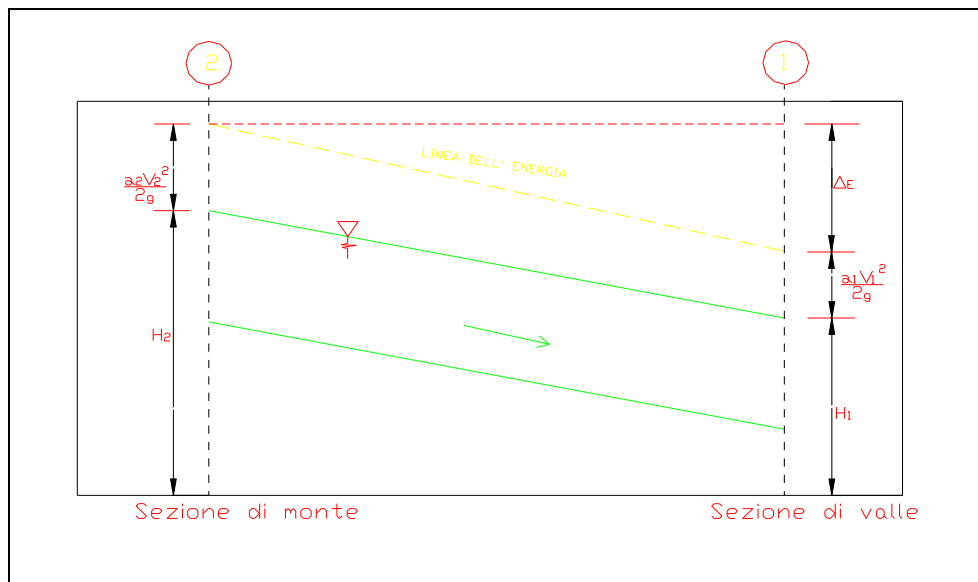


FIGURA 5-1 GRANDEZZE PRESENTI NELL'EQUAZIONE DELL'ENERGIA.

La perdita di carico tra due sezioni è data dalla somma delle perdite distribuite lungo il tratto d'alveo compreso tra le due sezioni e le eventuali perdite dovute alla contrazione o alla espansione della corrente. L'espressione che permette il calcolo della perdita di carico risulta:

$$\Delta E = LJ + C \left(\alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (2)$$

dove:

- L è la lunghezza del tratto d'alveo in esame;
- J è la cadente piezometrica;
- C è il coefficiente che tiene conto dei fenomeni di contrazione ed espansione della corrente (sempre $C \leq 1$). I valori sono definiti in funzione del tipo di moto:

| | Contrazione | Espansione |
|----------------------|-------------|------------|
| Sezione costante | 0 | 0 |
| Transizione graduale | 0.1 | 0.3 |
| Sezioni di ponti | 0.3 | 0.5 |
| Transizione brusca | 0.6 | 0.8 |

TABELLA 1 VALORI DEL COEFFICIENTE C PER CORRENTI LENTE (SUBCRITICAL)

Si evidenziano valori più bassi nel caso di correnti veloci, in cui l'influenza della variazione di ampiezza della sezione è minore:

| | Contrazione | Espansione |
|----------------------|-------------|------------|
| Sezione costante | 0 | 0 |
| Transizione graduale | 0.01 | 0.03 |
| Transizione brusca | 0.05 | 0.2 |

TABELLA 2 VALORI DEL COEFFICIENTE C PER CORRENTI VELOCI (SUPERCRITICAL)

La distanza L tra due successive sezioni viene valutata con la seguente espressione:

$$L = \frac{L_{gs}Q_{qs} + L_c Q_c + L_{gd}Q_{qd}}{Q_{qs} + Q_c + Q_{qd}} \quad (3)$$

dove:

- L_{gs} , L_{gd} , L_c rappresentano rispettivamente la distanza percorsa dalla corrente in golena sinistra, destra e nel canale principale;
- Q_{gs} , Q_{gd} , Q_c rappresentano le portate rispettivamente defluite alla sezione terminale in golena sinistra, destra e nel canale principale.

La cadente piezometrica può essere ricavata attraverso la seguente espressione:

$$J = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{k_1 + k_2} \right)^2 \quad (4)$$

essendo:

- Q_1 , Q_2 rispettivamente la portata transitata alla sezione 1 e alla sezione 2;
- k_1 , k_2 la capacità di deflusso (conveyance) totale rispettivamente associata alla sezione 1 e alla sezione 2.

La capacità di deflusso è calcolabile attraverso la seguente espressione:

$$k = \frac{1}{n} A R^{2/3} \quad (5)$$

essendo:

- n = coefficiente di Manning;
- A = area bagnata;
- R = raggio idraulico.

5.1 COLATORE DESTRO FOSSO REALE

Il colatore destro del Fosso Reale è caratterizzato da una sezione trapezia pressoché costante. Lo sviluppo del tratto considerato è pari circa a 141 m, ed è caratterizzato da una pendenza pressoché costante pari a 0.2%. La modellazione monodimensionale in oggetto è stata eseguita considerando la condizione più cautelativa, ovvero definendo una portata a piene rive, date le caratteristiche geometriche del colatore in oggetto. Nel presente caso la portata di progetto Q_p risulta essere pari $34.98 \text{ m}^3/\text{s}$.

In progetto è stato previsto un manufatto in cls a sezione rettangolare aperta (BxH 6.8mx3.25m), con due tratti di transizione sia a monte che a valle, per permettere un raccordo graduale senza perdite brusche, con l'alveo esistente. Gli sviluppi dei tratti di transizione sono definiti al fine di contenere il rigurgito atteso, così come verrà descritto nel seguito. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relative tavole di carpenteria.

La scabrezza n di Manning è stata posta pari a $0.033 \text{ s/m}^{1/3}$ per il terreno e $0.016 \text{ s/m}^{1/3}$ per il calcestruzzo, in accordo con i valori tipici definiti da Chow V. T. [1959].

Per risolvere le equazioni che governano il moto per correnti monodimensionali occorre impostare una condizione al contorno di monte e di valle. Come condizioni al contorno del modello idraulico si sono fatte le seguenti assunzioni:

- In corrispondenza della sezione di monte è stata impostata l'altezza di moto uniforme in quanto questa rappresenta la condizione più cautelativa, in termini di tirante idrico, in condizione di regime di corrente lenta, analogo a quello instauratosi nell'alveo in questione;
- In corrispondenza della sezione di valle è stata impostata un'altezza pari a quella di moto uniforme corrispondente ad una pendenza pari alla pendenza d'alveo a valle dell'intervento di riprofilatura dello stesso, in quanto la corrente lenta che si stabilisce a valle del tratto in oggetto raggiunge questa altezza idrica.

5.1.1 Stato di fatto

Qui di seguito si presentano i risultati della modellazione dello stato di fatto per il tratto interessato dall'inserimento del manufatto oggetto della presente modellazione. In particolare, nel seguito verranno mostrate le sezioni ed il profilo che caratterizzano lo stato di fatto ed il tirante che si instaura al loro interno, considerando una portata di progetto a "piene rive".

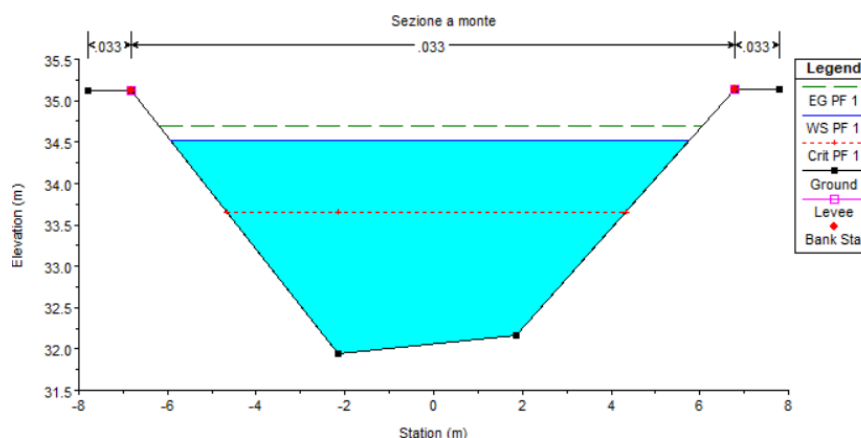


FIGURA 5-2. SEZIONE A MONTE DEL TRATTO DI INTERVENTO PER LO STATO DI FATTO

TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO
PROGETTO DEFINITIVO

OPERE CIVILI PUNTUALI
OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE
Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

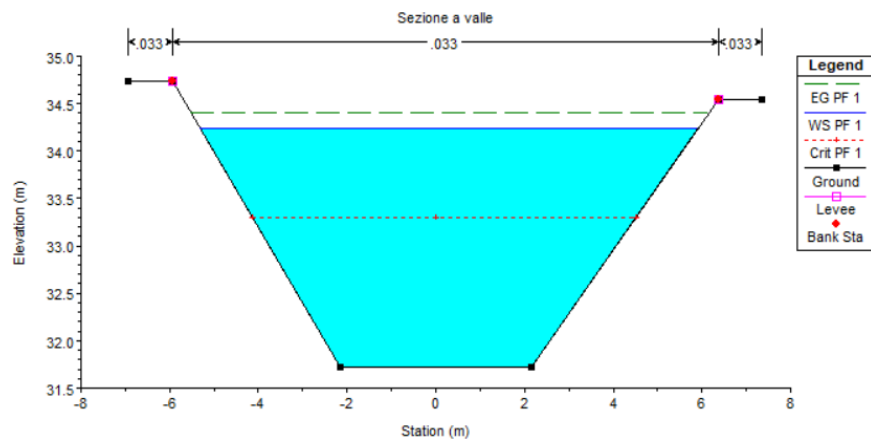


FIGURA 5-3. SEZIONE A VALLE DEL TRATTO DI INTERVENTO PER LO STATO DI FATTO

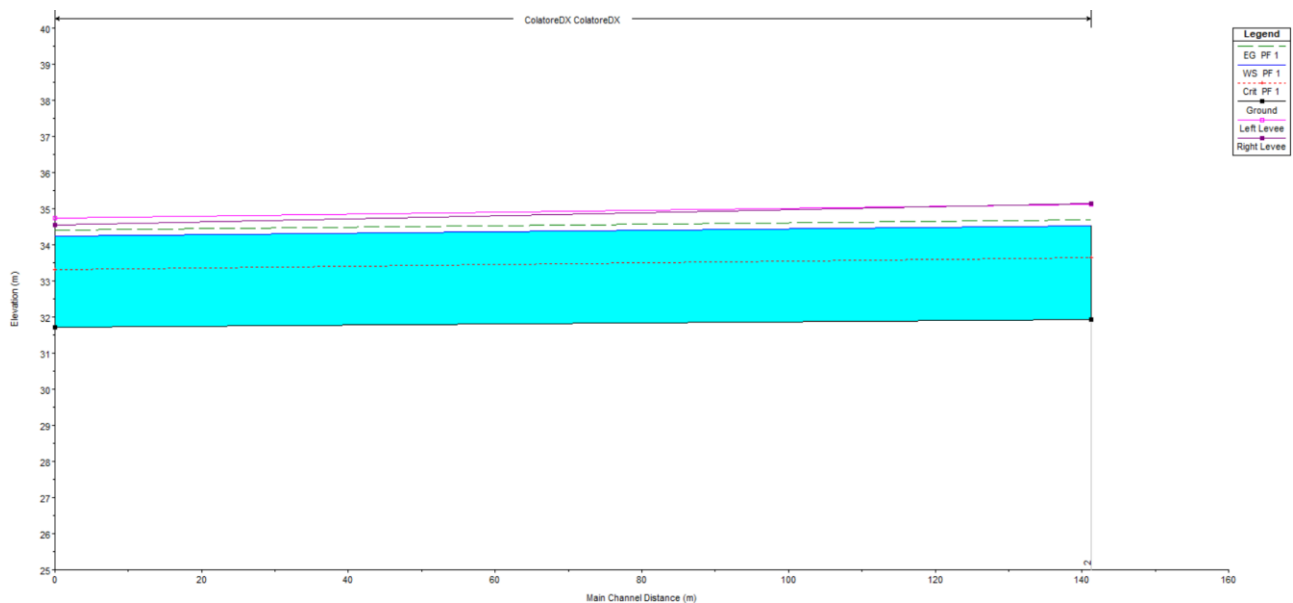


FIGURA 5-4. PROFILO DELLO STATO DI FATTO

TABELLA 3. RISULTATI DELLA MODELLAZIONE 1D DELLO STATO DI FATTO

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m ³ /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 (m ²) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------|-----------|---------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| ColatoreDX | 2 | PF 1 | 34.98 | 31.94 | 34.52 | 33.65 | 34.69 | 0.002100 | 1.80 | 19.43 | 11.70 | 0.45 |
| ColatoreDX | 1 | PF 1 | 34.98 | 31.72 | 34.24 | 33.30 | 34.40 | 0.002004 | 1.79 | 19.52 | 11.22 | 0.43 |

5.1.2 Stato di progetto

Qui di seguito si presentano i risultati della modellazione dello stato di progetto per il tratto interessato dall'inserimento del manufatto oggetto della presente modellazione. In particolare, nel seguito verranno mostrate le sezioni ed il profilo che caratterizzano lo stato di fatto ed il tirante che si instaura al loro interno, considerando una portata di progetto a piene rive.

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

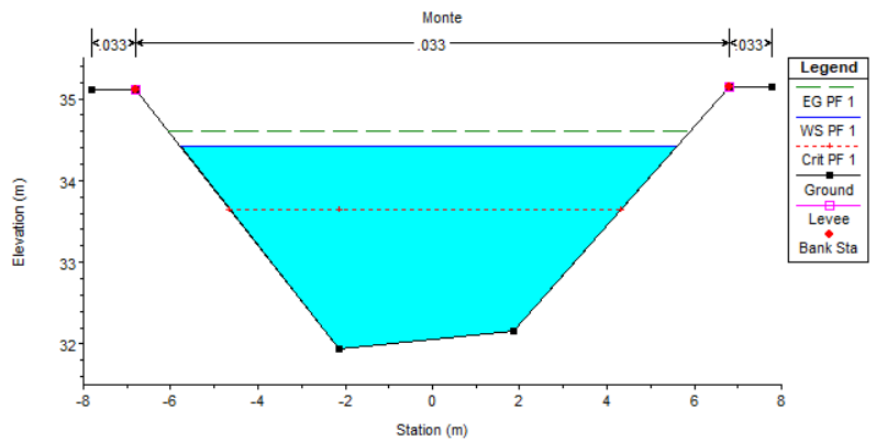


FIGURA 5-5. SEZIONE A MONTE DEL TRATTO DI INTERVENTO PER LO STATO DI PROGETTO

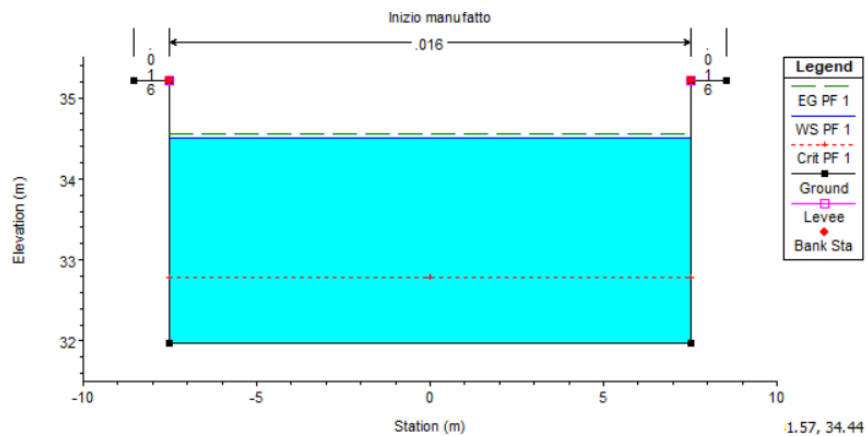


FIGURA 5-6. MANUFATTO IN PROGETTO - SEZIONE DI INIZIO DEL TRATTO DI TRANSIZIONE A MONTE

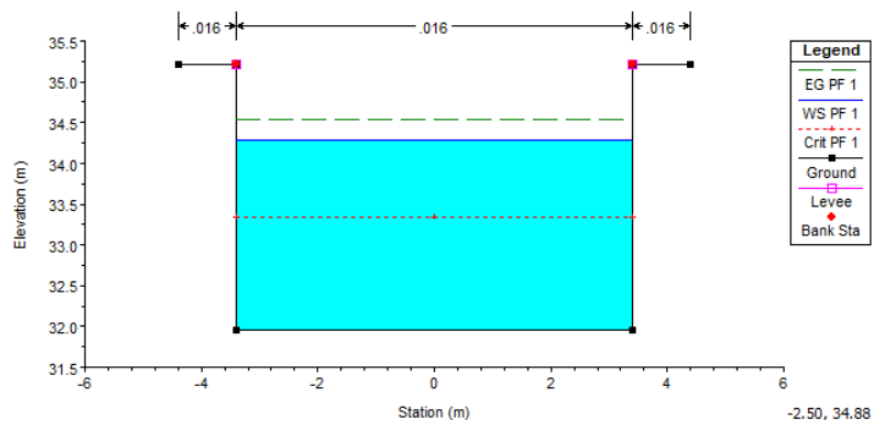


FIGURA 5-7. MANUFATTO IN PROGETTO - SEZIONE DI FINE DEL TRATTO DI TRANSIZIONE A MONTE

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

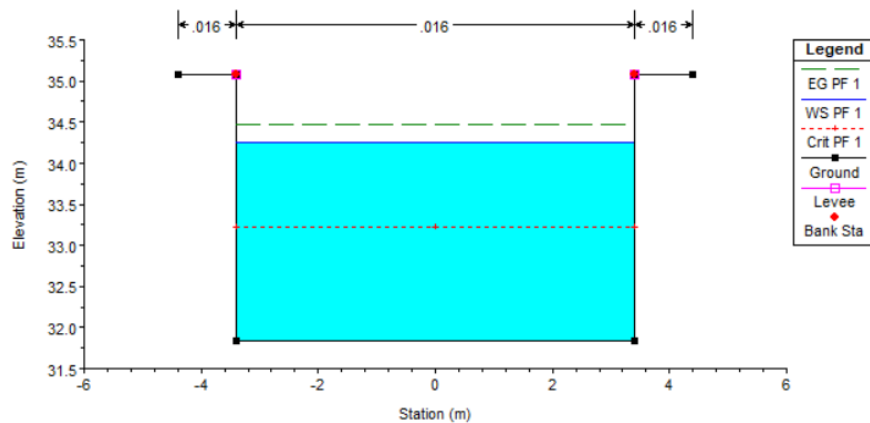


FIGURA 5-8. MANUFATTO IN PROGETTO - SEZIONE DI INIZIO DEL TRATTO DI TRANSIZIONE A VALLE

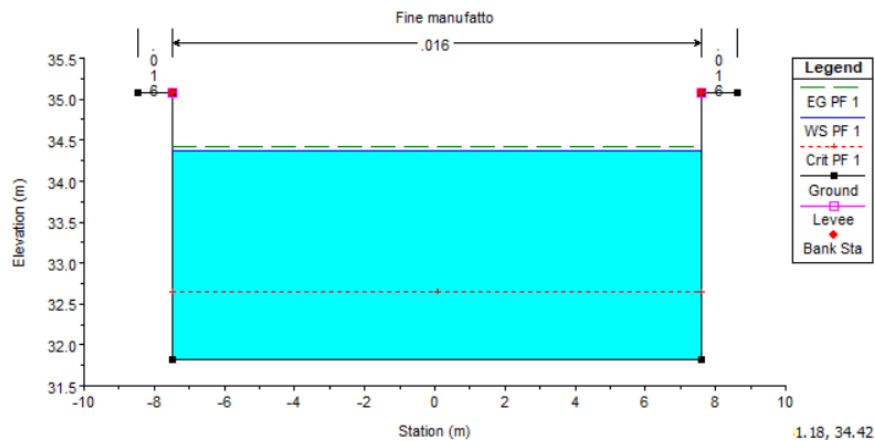


FIGURA 5-9. MANUFATTO IN PROGETTO - SEZIONE DI FINE DEL TRATTO DI TRANSIZIONE A VALLE

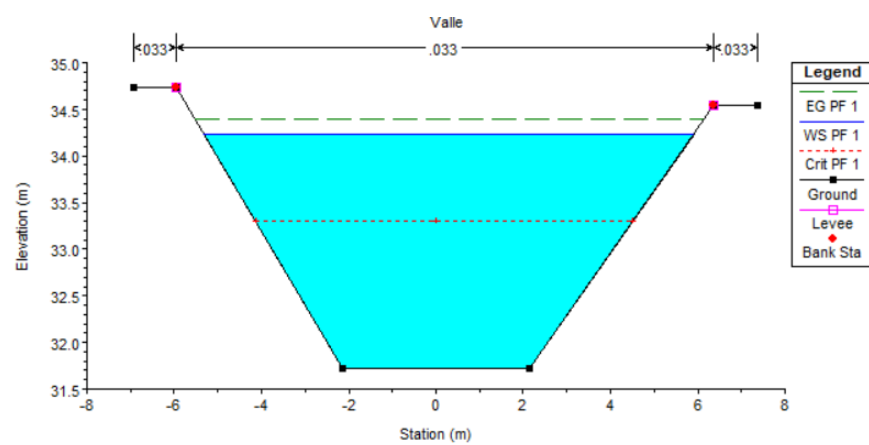


FIGURA 5-10. SEZIONE A VALLE DEL TRATTO DI INTERVENTO PER LO STATO DI PROGETTO

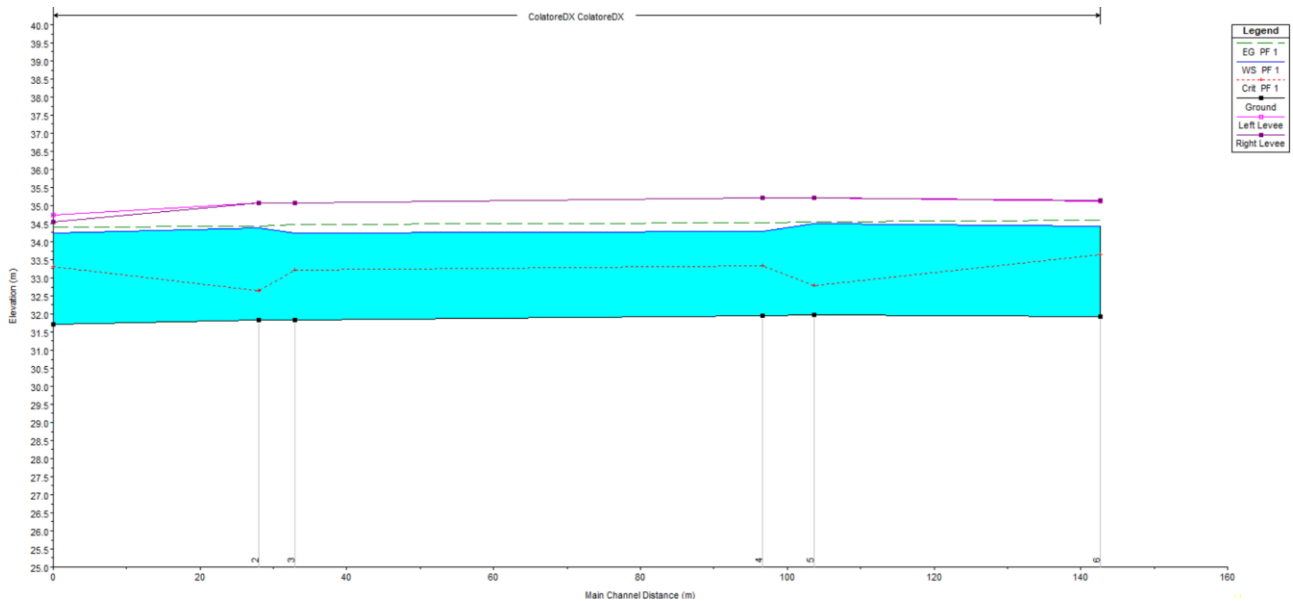


FIGURA 5-11. PROFILO DELLO STATO DI PROGETTO

TABELLA 4. RISULTATI DELLA MODELLAZIONE 1D DELLO STATO DI PROGETTO

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m ³ /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 (m ²) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| ColatoreDX 6 | | PF 1 | 34.99 | 31.94 | 34.42 | 33.65 | 34.61 | 0.002502 | 1.92 | 18.22 | 11.37 | 0.48 |
| ColatoreDX 5 | | PF 1 | 34.99 | 31.97 | 34.51 | 32.79 | 34.55 | 0.000091 | 0.91 | 38.30 | 15.08 | 0.18 |
| ColatoreDX 4 | | PF 1 | 34.99 | 31.95 | 34.28 | 33.34 | 34.53 | 0.000814 | 2.21 | 15.82 | 6.80 | 0.46 |
| ColatoreDX 3 | | PF 1 | 34.99 | 31.83 | 34.24 | 33.22 | 34.48 | 0.000734 | 2.13 | 16.42 | 6.80 | 0.44 |
| ColatoreDX 2 | | PF 1 | 34.99 | 31.83 | 34.38 | 32.64 | 34.42 | 0.000090 | 0.91 | 38.46 | 15.08 | 0.18 |
| ColatoreDX 1 | | PF 1 | 34.99 | 31.72 | 34.24 | 33.30 | 34.40 | 0.002004 | 1.79 | 19.53 | 11.22 | 0.43 |

5.2 COLATORE SINISTRO FOSSO REALE

Il colatore sinistro del Fosso Reale è caratterizzato da una sezione trapezia pressoché costante. Lo sviluppo del tratto considerato è pari circa a 115 m, ed è caratterizzato da una pendenza pressoché costante pari a 0.06%. La modellazione monodimensionale in oggetto è stata eseguita considerando la condizione più cautelativa, ovvero definendo una portata a piene rive, date le caratteristiche geometriche del colatore in oggetto. Nel presente caso la portata di progetto Q_p risulta essere pari 22.78 m³/s.

In progetto è stato previsto un manufatto in cls a sezione rettangolare aperta (BxH 6.8mx3.25m), con due tratti di transizione sia a monte che a valle, per permettere un raccordo graduale senza perdite brusche, con l'alveo esistente. Gli sviluppi dei tratti di transizione sono definiti al fine di contenere il rigurgito atteso, così come verrà descritto nel seguito. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relative tavole di carpenteria.

La scabrezza n di Manning è stata posta pari a 0.033 s/m^{1/3} per il terreno e 0.016 s/m^{1/3} per il calcestruzzo, in accordo con i valori tipici definiti da Chow V. T. [1959].

Per risolvere le equazioni che governano il moto per correnti monodimensionali occorre impostare una condizione al contorno di monte e di valle. Come condizioni al contorno del modello idraulico si sono fatte le seguenti assunzioni:

- In corrispondenza della sezione di monte è stata impostata l'altezza di moto uniforme in quanto questa rappresenta la condizione più cautelativa, in termini di tirante idrico, in condizione di regime di corrente lenta, analogo a quello instauratosi nell'alveo in questione;
- In corrispondenza della sezione di valle è stata impostata un'altezza pari a quella di moto uniforme corrispondente ad una pendenza pari alla pendenza d'alveo a valle dell'intervento di riprofilatura dello stesso, in quanto la corrente lenta che si stabilisce a valle del tratto in oggetto raggiunge questa altezza idrica.

5.2.1 Stato di fatto

Qui di seguito si presentano i risultati della modellazione dello stato di fatto per il tratto interessato dall'inserimento del manufatto oggetto della presente modellazione. In particolare, nel seguito verranno mostrate le sezioni ed il profilo che caratterizzano lo stato di fatto ed il tirante che si instaura al loro interno, considerando una portata di progetto a "piene rive".

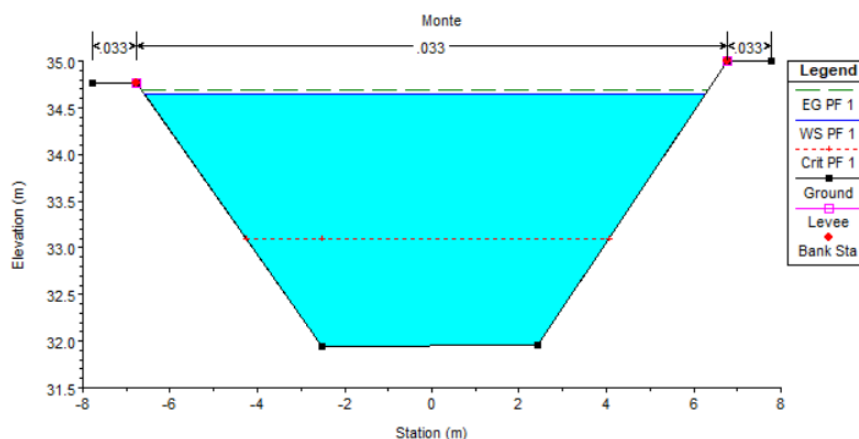


FIGURA 5-12. SEZIONE A MONTE DEL TRATTO DI INTERVENTO PER LO STATO DI FATTO

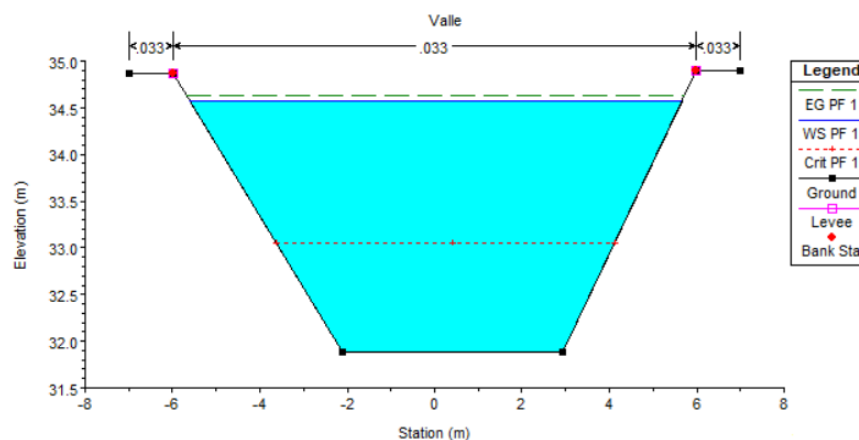


FIGURA 5-13. SEZIONE A VALLE DEL TRATTO DI INTERVENTO PER LO STATO DI FATTO

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

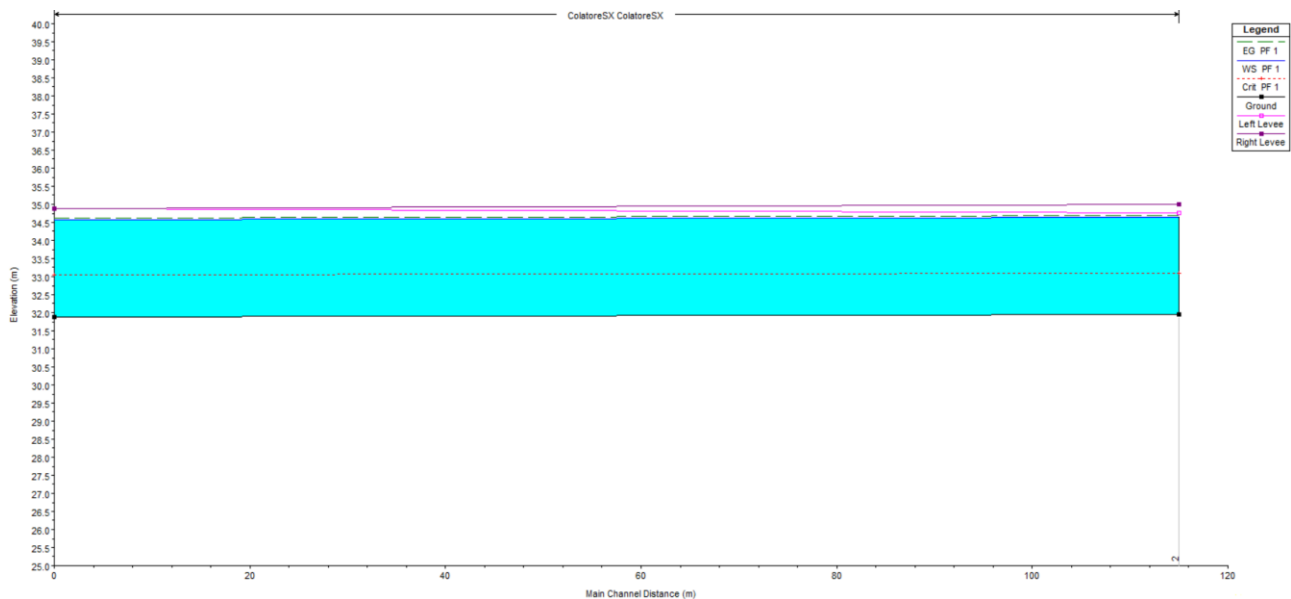


FIGURA 5-14. PROFILO DELLO STATO DI FATTO

TABELLA 5. RISULTATI DELLA MODELLAZIONE 1D DELLO STATO DI FATTO

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m ³ /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 (m ²) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| ColatoreSX 2 | | PF 1 | 22.78 | 31.95 | 34.65 | 33.10 | 34.69 | 0.000507 | 0.95 | 23.93 | 12.85 | 0.22 |
| ColatoreSX 1 | | PF 1 | 22.78 | 31.88 | 34.57 | 33.04 | 34.63 | 0.000600 | 1.04 | 21.96 | 11.28 | 0.24 |

5.2.2 Stato di progetto

Qui di seguito si presentano i risultati della modellazione dello stato di progetto per il tratto interessato dall'inserimento del manufatto oggetto della presente modellazione. In particolare, nel seguito verranno mostrate le sezioni ed il profilo che caratterizzano lo stato di fatto ed il tirante che si instaura al loro interno, considerando una portata di progetto a piene rive.

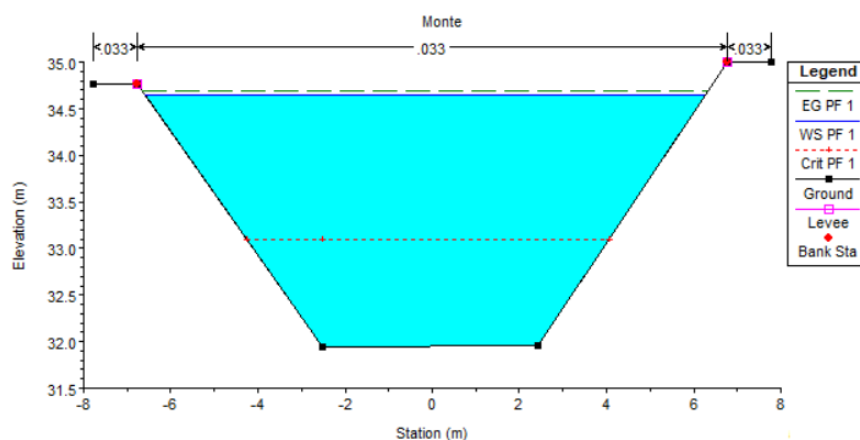


FIGURA 5-15. SEZIONE A MONTE DEL TRATTO DI INTERVENTO PER LO STATO DI FATTO

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

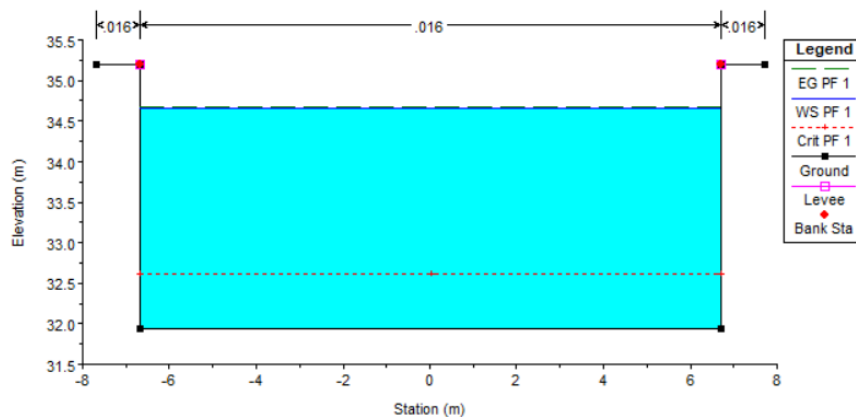


FIGURA 5-16. MANUFATTO IN PROGETTO - SEZIONE DI INIZIO DEL TRATTO DI TRANSIZIONE A MONTE

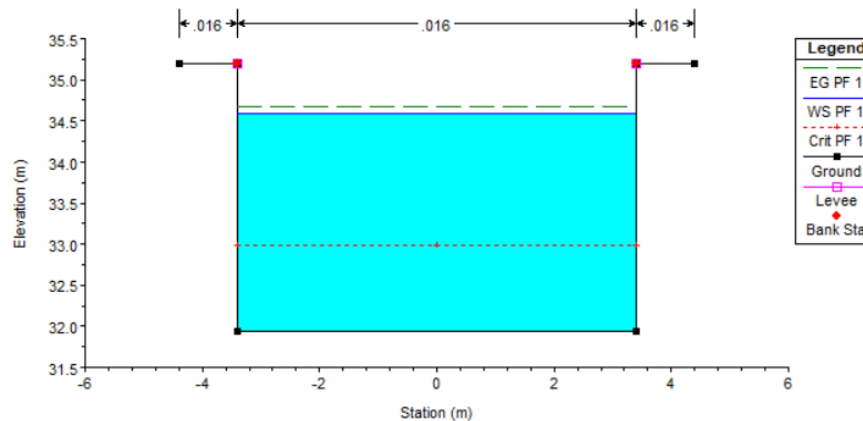


FIGURA 5-17. MANUFATTO IN PROGETTO - SEZIONE DI FINE DEL TRATTO DI TRANSIZIONE A MONTE

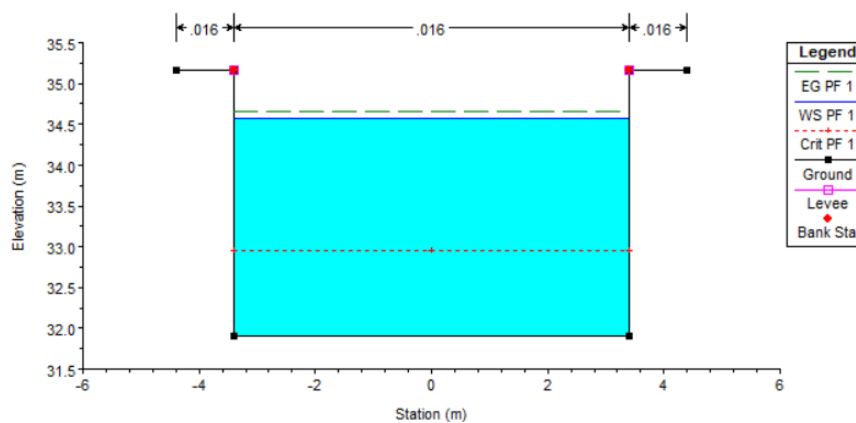


FIGURA 5-18. MANUFATTO IN PROGETTO - SEZIONE DI INIZIO DEL TRATTO DI TRANSIZIONE A VALLE

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

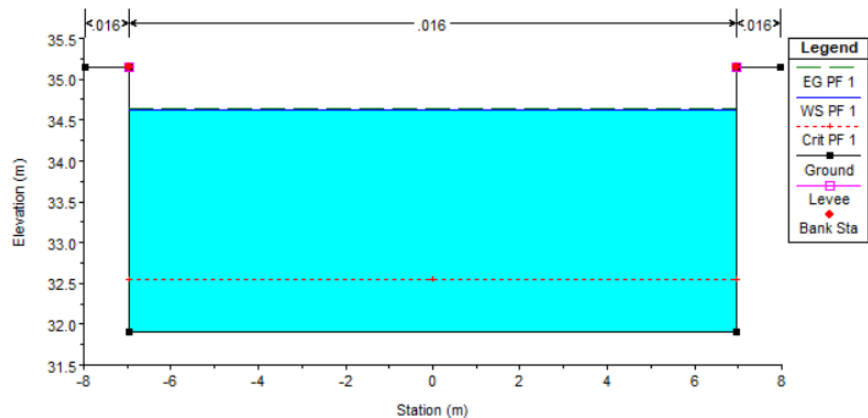


FIGURA 5-19. MANUFATTO IN PROGETTO - SEZIONE DI FINE DEL TRATTO DI TRANSIZIONE A VALLE

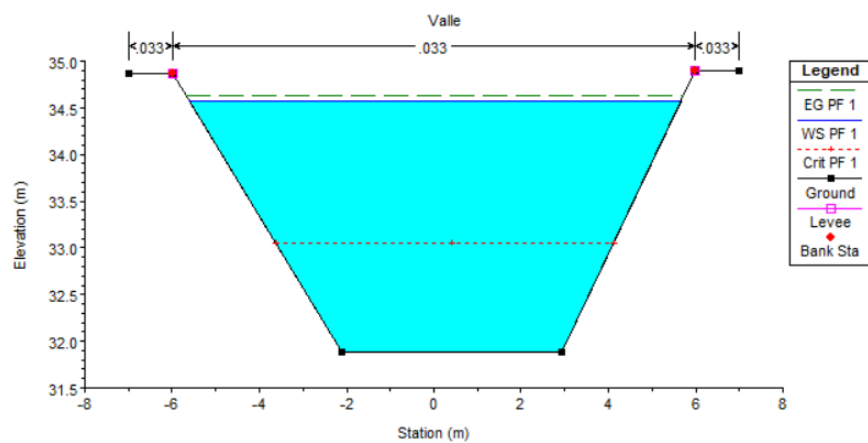


FIGURA 5-20. SEZIONE A VALLE DEL TRATTO DI INTERVENTO PER LO STATO DI FATTO

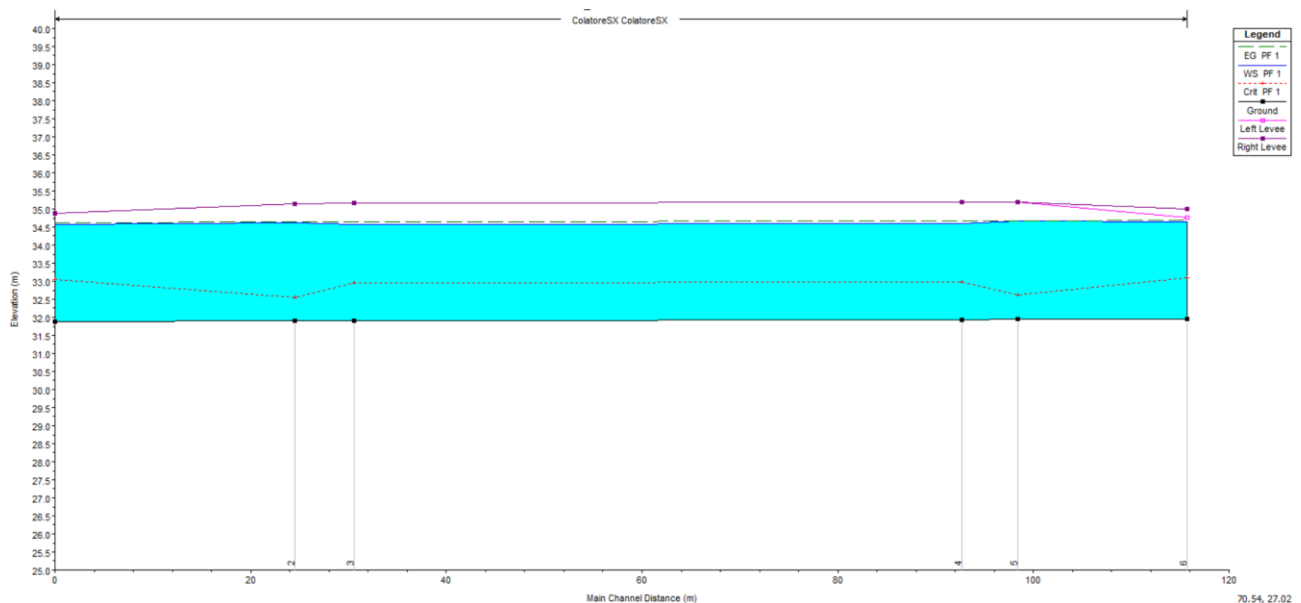


FIGURA 5-21. PROFILO DELLO STATO DI PROGETTO

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE
 Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

TABELLA 6. RISULTATI DELLA MODELLAZIONE 1D DELLO STATO DI PROGETTO

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m ³ /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 (m ²) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| ColatoreSX 6 | | PF 1 | 22.78 | 31.95 | 34.64 | 33.10 | 34.68 | 0.000512 | 0.96 | 23.82 | 12.82 | 0.22 |
| ColatoreSX 5 | | PF 1 | 22.78 | 31.94 | 34.66 | 32.61 | 34.68 | 0.000042 | 0.63 | 36.33 | 13.41 | 0.12 |
| ColatoreSX 4 | | PF 1 | 22.78 | 31.94 | 34.59 | 32.98 | 34.67 | 0.000241 | 1.27 | 18.00 | 6.80 | 0.25 |
| ColatoreSX 3 | | PF 1 | 22.78 | 31.90 | 34.57 | 32.95 | 34.65 | 0.000236 | 1.26 | 18.14 | 6.80 | 0.25 |
| ColatoreSX 2 | | PF 1 | 22.78 | 31.90 | 34.62 | 32.55 | 34.63 | 0.000038 | 0.60 | 37.83 | 13.93 | 0.12 |
| ColatoreSX 1 | | PF 1 | 22.78 | 31.88 | 34.57 | 33.04 | 34.63 | 0.000600 | 1.04 | 21.96 | 11.28 | 0.24 |

5.3 CANALE DI SAN DONNINO

Il canale San Donnino, prevalentemente a sezione trapezia, è caratterizzato da una serie di tombamenti di diversa natura lungo il suo sviluppo al fine di renderlo compatibile con le infrastrutture lineari che attraversano il territorio in oggetto.

Il modello dello stato di fatto, che rimane invariato nella configurazione di progetto, è stato numericamente simulato considerando la parte del canale che si trova in corrispondenza della futura linea tramviaria.

Lo sviluppo in oggetto è pari a circa 1022 m ed è caratterizzato da diverse pendenze appartenenti ad un range che va da circo lo 0.001 e lo 0.005.



TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO
PROGETTO DEFINITIVO

OPERE CIVILI PUNTUALI

OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE

Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

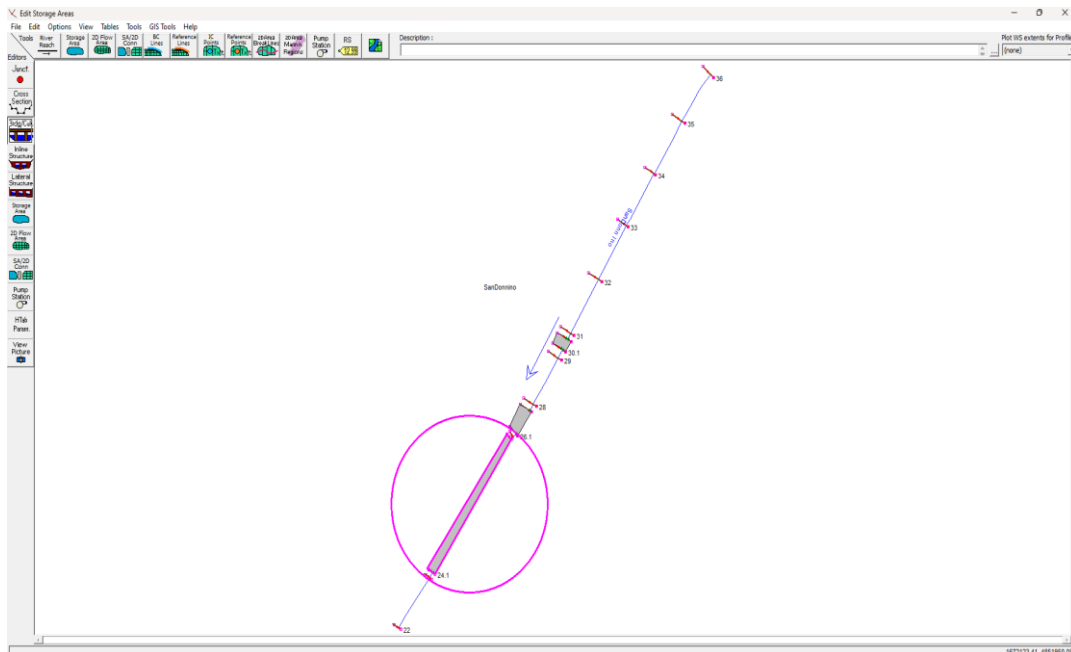
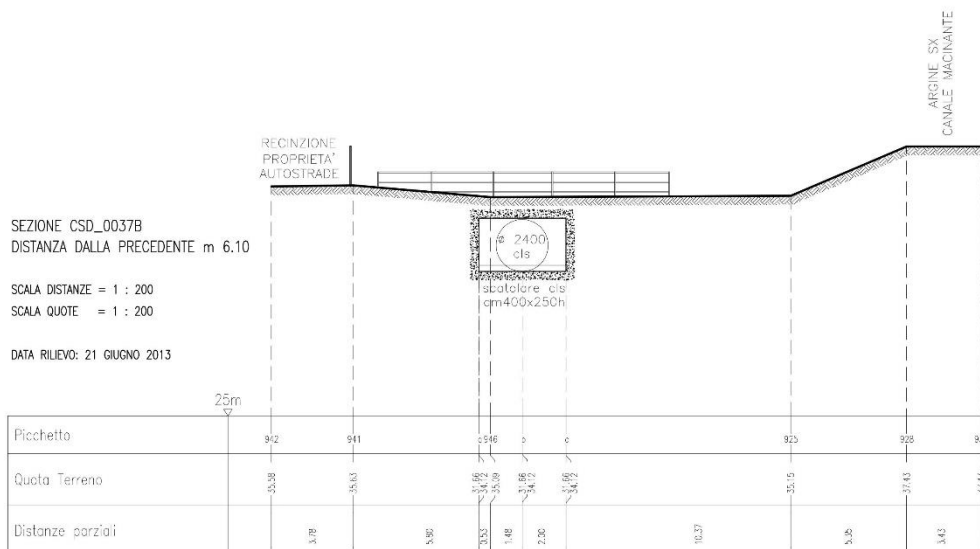


FIGURA 5-22. PLANIMETRIA DEL MODELLO STATO DI FATTO/PROGETTO CANALE SAN DONNINO

L'efficienza idraulica del canale in oggetto è stata valutata considerando come portata di verifica quella transitabile, a moto uniforme, con grado di riempimento pari a 1 nel manufatto di attraversamento autostradale a monte del canale in oggetto. Le principali caratteristiche del tombino circolare in oggetto sono riportate qui di seguito:

- Diametro nominale $D = 2.4$ m;
- Pendenza $i = 0.00047$;
- Materiale cls e quindi coefficiente di scabrezza Gauckler – Strickler $k_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

CANALE SAN DONNINO
SEZIONE 37B – PROGRESSIVA m 2132.82



Dalle analisi svolte, la portata che comporta un grado di riempimento pari ad 1 risulta essere pari a **4.19 m³/s**.

All'interno del modello sono state riprodotte le caratteristiche e gli elementi costituenti il canale.

La scabrezza n di Manning è stata posta pari 0.035 m^{1/3} s⁻¹ per il terreno e 0.017 m^{1/3} s⁻¹ per il calcestruzzo, in accordo con i valori tipici definiti da Chow V. T. [1959]. Per risolvere le equazioni che governano il moto per correnti monodimensionali occorre impostare una condizione al contorno di monte e di valle. Come condizioni al contorno del modello idraulico si sono fatte le seguenti assunzioni:

- In corrispondenza della sezione di monte è stata impostata l'altezza di moto uniforme in quanto questa rappresenta la condizione più cautelativa, in termini di tirante idrico, in condizione di regime di corrente lenta, analogo a quello instauratosi nell'alveo in questione;
- In corrispondenza della sezione di valle è stata impostata un'altezza pari a quella di moto uniforme corrispondente ad una pendenza pari alla pendenza d'alveo a valle dell'intervento di riprofilatura dello stesso, in quanto la corrente lenta che si stabilisce a valle del tratto in oggetto raggiunge questa altezza idrica.

Di seguito si riportano i risultati della modellazione sia in forma tabellare che in termini di evoluzione di profilo e sezioni, dove è possibile avere evidenza del tirante idrico che si instaura a seguito della propagazione della portata di riferimento.

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m ³ /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 (m ²) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|------------|-----------|---------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| SanDonnino | 36 | PF 1 | 4.19 | 31.47 | 33.28 | 32.13 | 33.29 | 0.000224 | 0.43 | 9.70 | 8.62 | 0.13 |
| SanDonnino | 35 | PF 1 | 4.19 | 31.45 | 33.27 | 32.01 | 33.27 | 0.000187 | 0.41 | 10.24 | 8.54 | 0.12 |
| SanDonnino | 34 | PF 1 | 4.19 | 31.56 | 33.24 | 32.04 | 33.26 | 0.000143 | 0.51 | 8.18 | 5.99 | 0.14 |
| SanDonnino | 33 | PF 1 | 4.19 | 32.14 | 33.20 | 32.61 | 33.23 | 0.000528 | 0.85 | 4.91 | 5.41 | 0.29 |
| SanDonnino | 32 | PF 1 | 4.19 | 31.46 | 33.18 | 32.09 | 33.19 | 0.000263 | 0.46 | 9.17 | 8.50 | 0.14 |
| SanDonnino | 31 | PF 1 | 4.19 | 31.44 | 33.15 | 32.08 | 33.16 | 0.000292 | 0.48 | 8.79 | 8.26 | 0.15 |
| SanDonnino | 30.3 | PF 1 | 4.19 | 31.54 | 33.14 | 32.07 | 33.16 | 0.000094 | 0.63 | 6.62 | 8.80 | 0.16 |
| SanDonnino | 30.2 | | Culvert | | | | | | | | | |
| SanDonnino | 30.1 | PF 1 | 4.19 | 31.45 | 33.12 | 32.00 | 33.14 | 0.000087 | 0.61 | 6.83 | 8.57 | 0.16 |
| SanDonnino | 29 | PF 1 | 4.19 | 31.37 | 33.13 | 31.96 | 33.14 | 0.000243 | 0.45 | 9.38 | 8.39 | 0.13 |
| SanDonnino | 28 | PF 1 | 4.19 | 31.72 | 33.10 | 32.27 | 33.12 | 0.000177 | 0.61 | 6.87 | 6.99 | 0.20 |
| SanDonnino | 27.3 | PF 1 | 4.19 | 31.50 | 33.05 | 32.18 | 33.11 | 0.000285 | 1.13 | 3.71 | 4.16 | 0.29 |
| SanDonnino | 27.2 | | Culvert | | | | | | | | | |
| SanDonnino | 26.1 | PF 1 | 4.19 | 31.54 | 32.84 | 32.22 | 32.93 | 0.000511 | 1.34 | 3.12 | 4.06 | 0.38 |
| SanDonnino | 25.3 | PF 1 | 4.19 | 31.29 | 32.88 | 31.79 | 32.91 | 0.000228 | 0.69 | 6.09 | 3.83 | 0.17 |
| SanDonnino | 25.2 | PF 1 | 4.19 | 31.54 | 32.87 | 32.02 | 32.91 | 0.000246 | 0.78 | 5.34 | 4.00 | 0.22 |
| SanDonnino | 25.1 | | Bridge | | | | | | | | | |
| SanDonnino | 24.1 | PF 1 | 4.19 | 31.59 | 32.78 | 32.09 | 32.82 | 0.000478 | 0.89 | 4.69 | 4.01 | 0.26 |
| SanDonnino | 23 | PF 1 | 4.19 | 31.58 | 32.77 | 32.09 | 32.82 | 0.000498 | 0.91 | 4.61 | 3.93 | 0.27 |
| SanDonnino | 22 | PF 1 | 4.19 | 31.53 | 32.73 | 32.04 | 32.77 | 0.000500 | 0.91 | 4.60 | 3.94 | 0.27 |

FIGURA 5-23. RISULTATI DELLA MODELLAZIONE 1D

TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO
 PROGETTO DEFINITIVO

OPERE CIVILI PUNTUALI
 OPERE SECONDARIE DI PROGETTO – PARTE GENERALE
 Relazione Idraulica dei corsi d'acqua interferenti minori

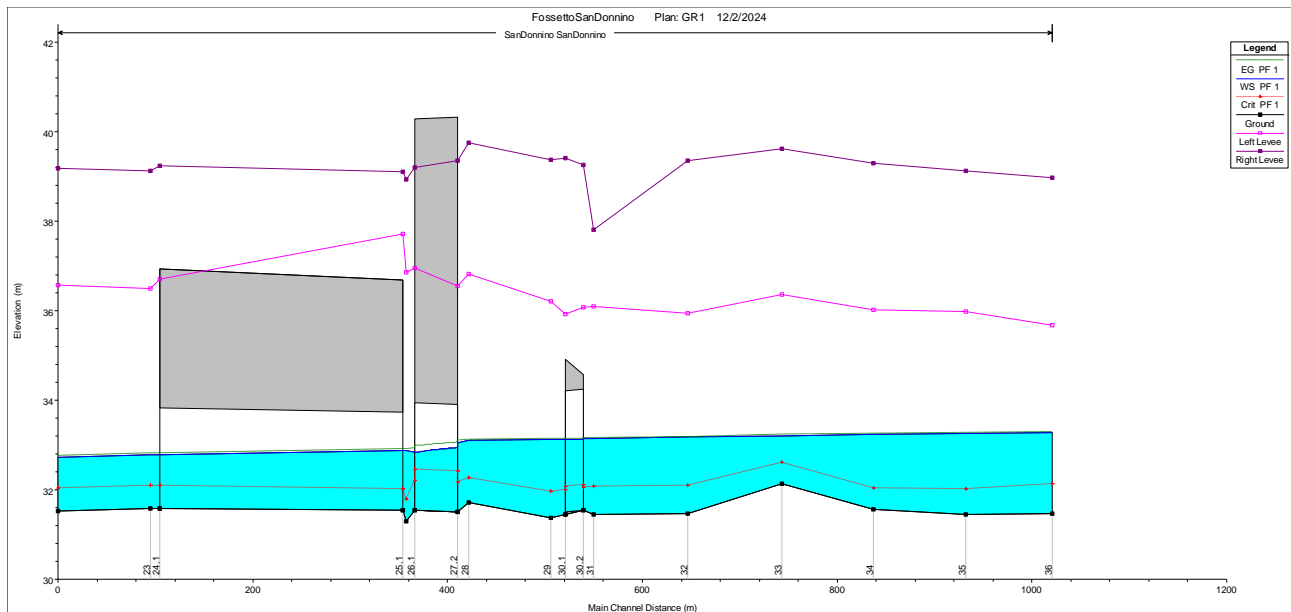


FIGURA 5-24. PROFILO CANALE SAN DONNINO

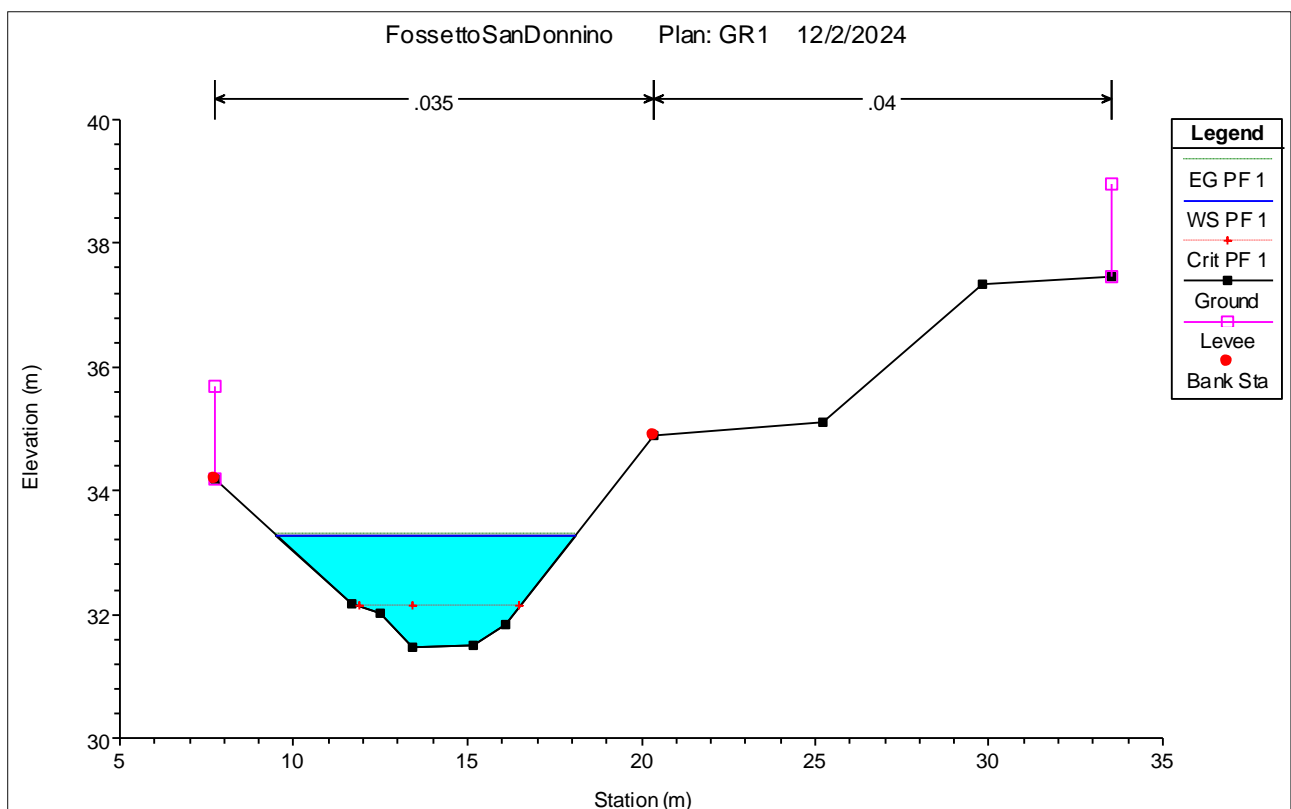


FIGURA 5-25. SEZIONE 36

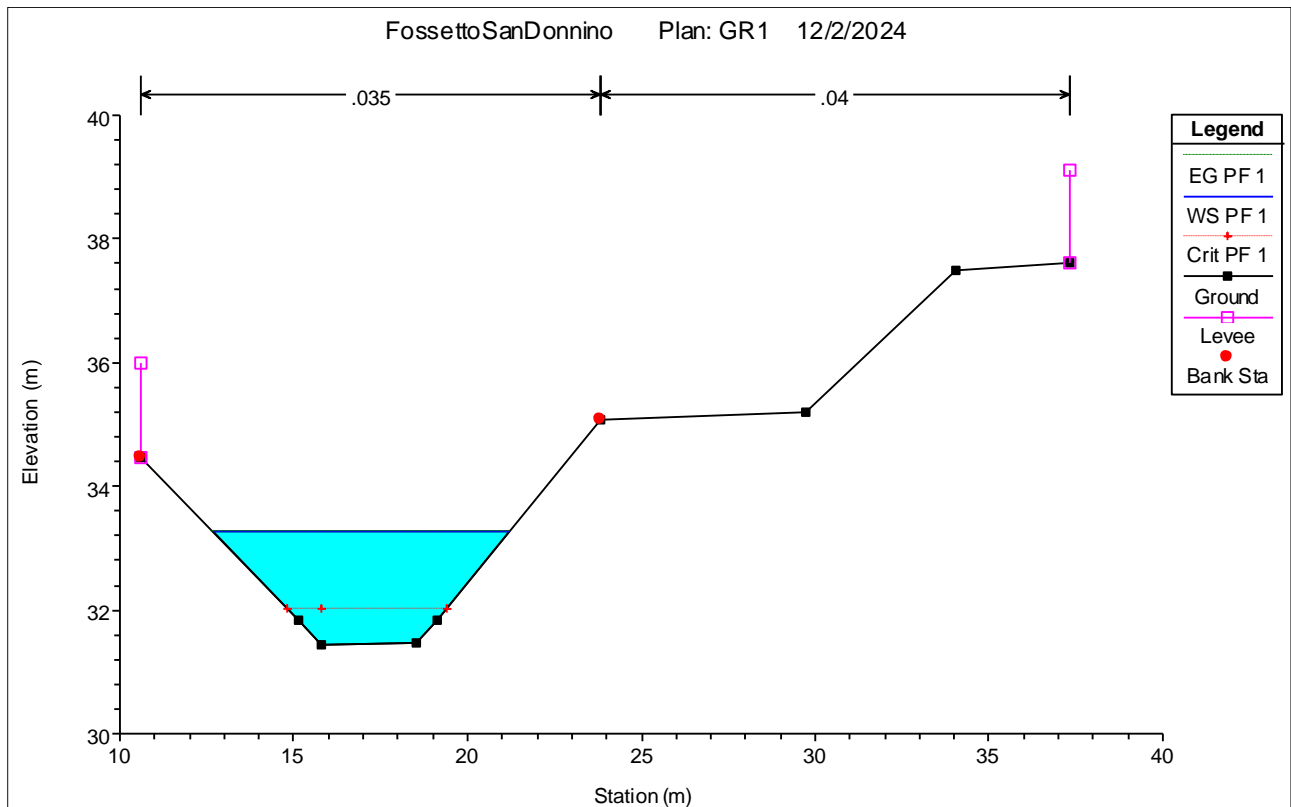


FIGURA 5-26. SEZIONE 35

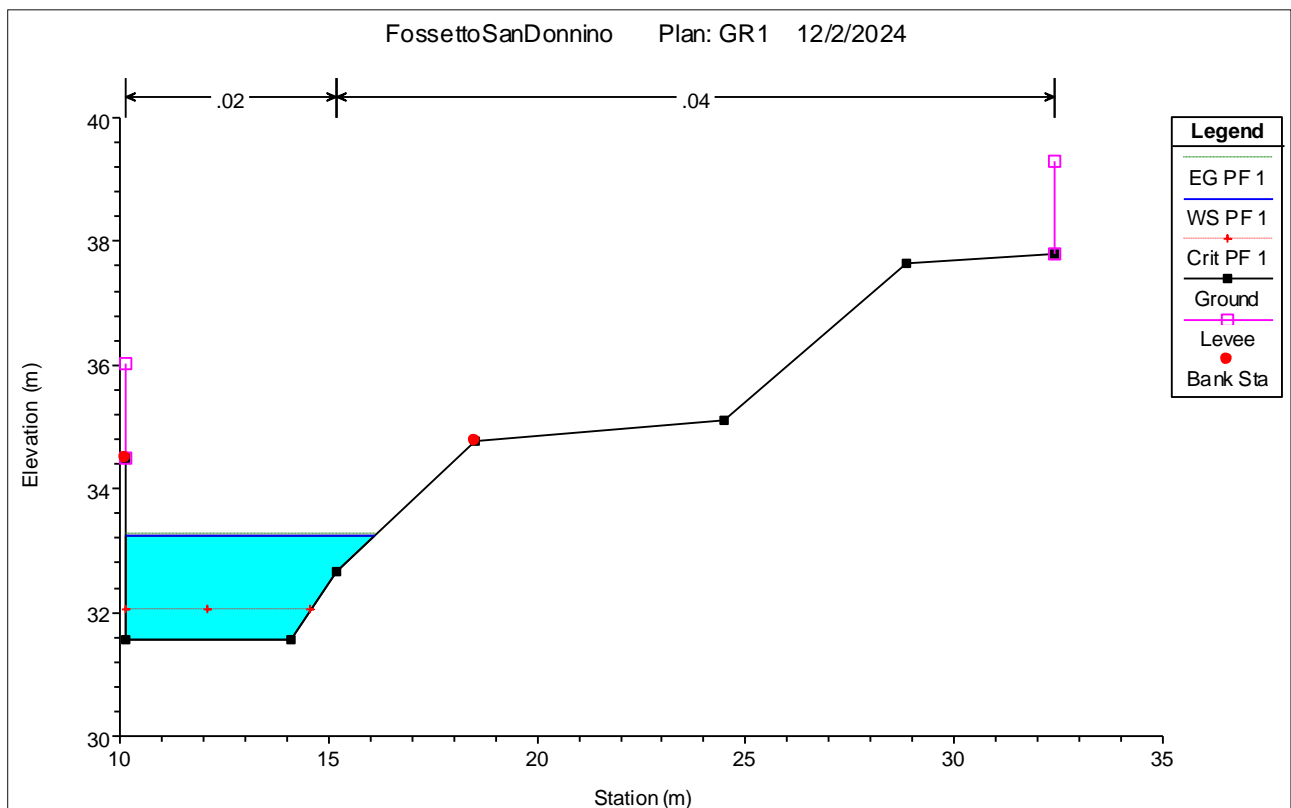


FIGURA 5-27. SEZIONE 34

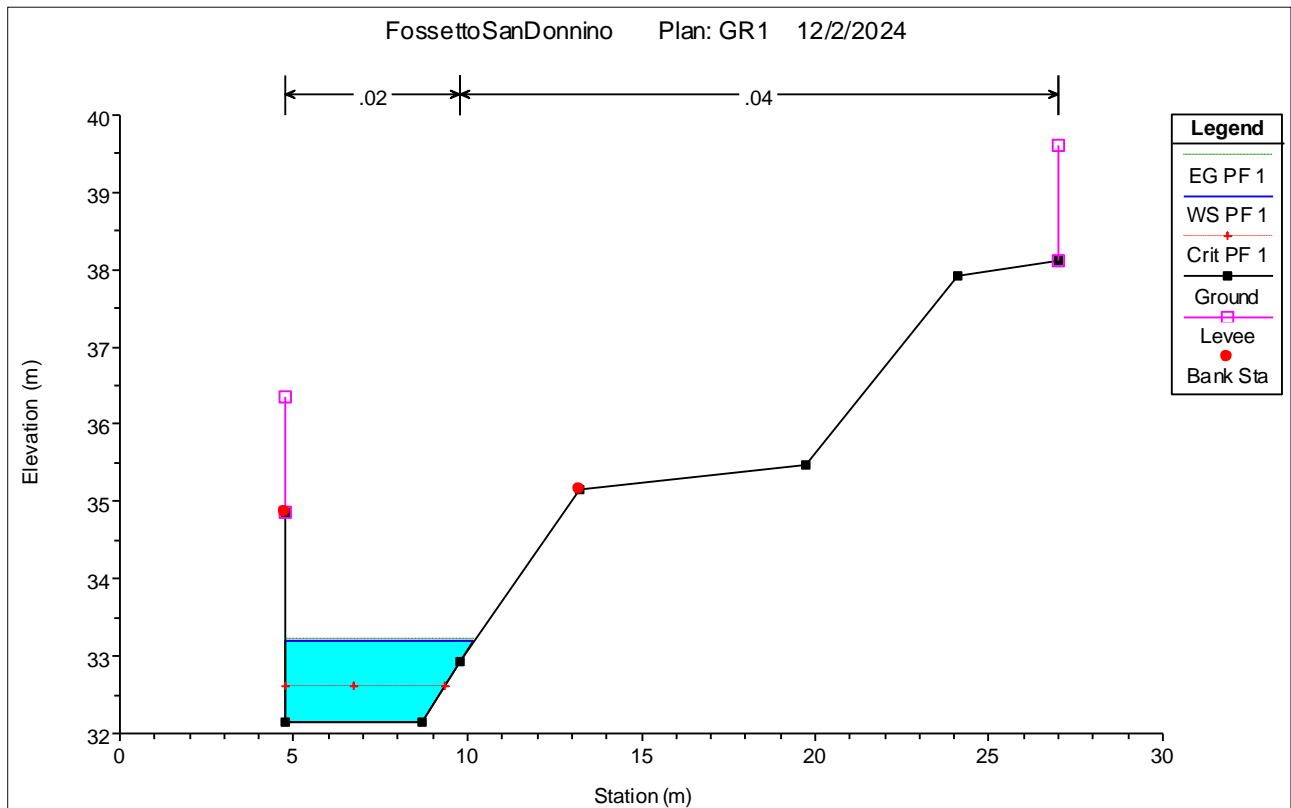


FIGURA 5-28. SEZIONE 33

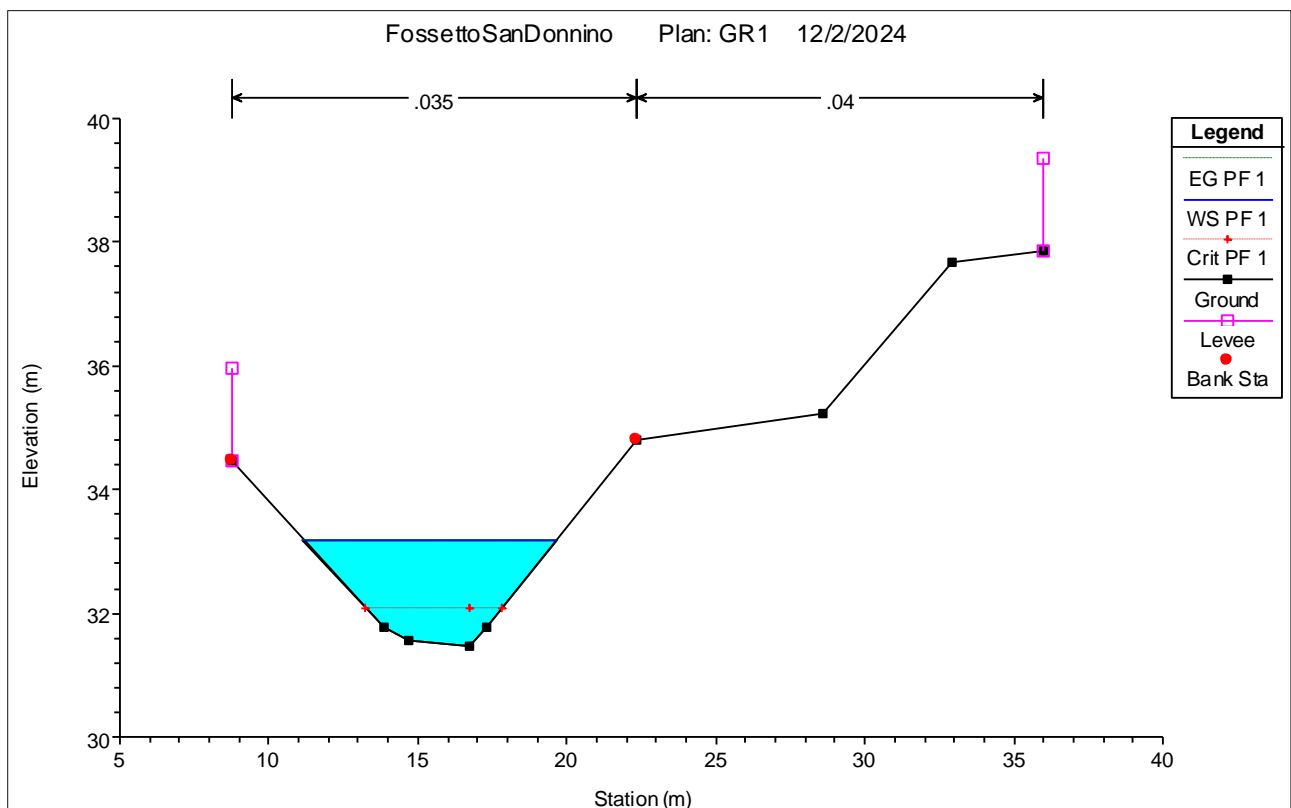


FIGURA 5-29. SEZIONE 32

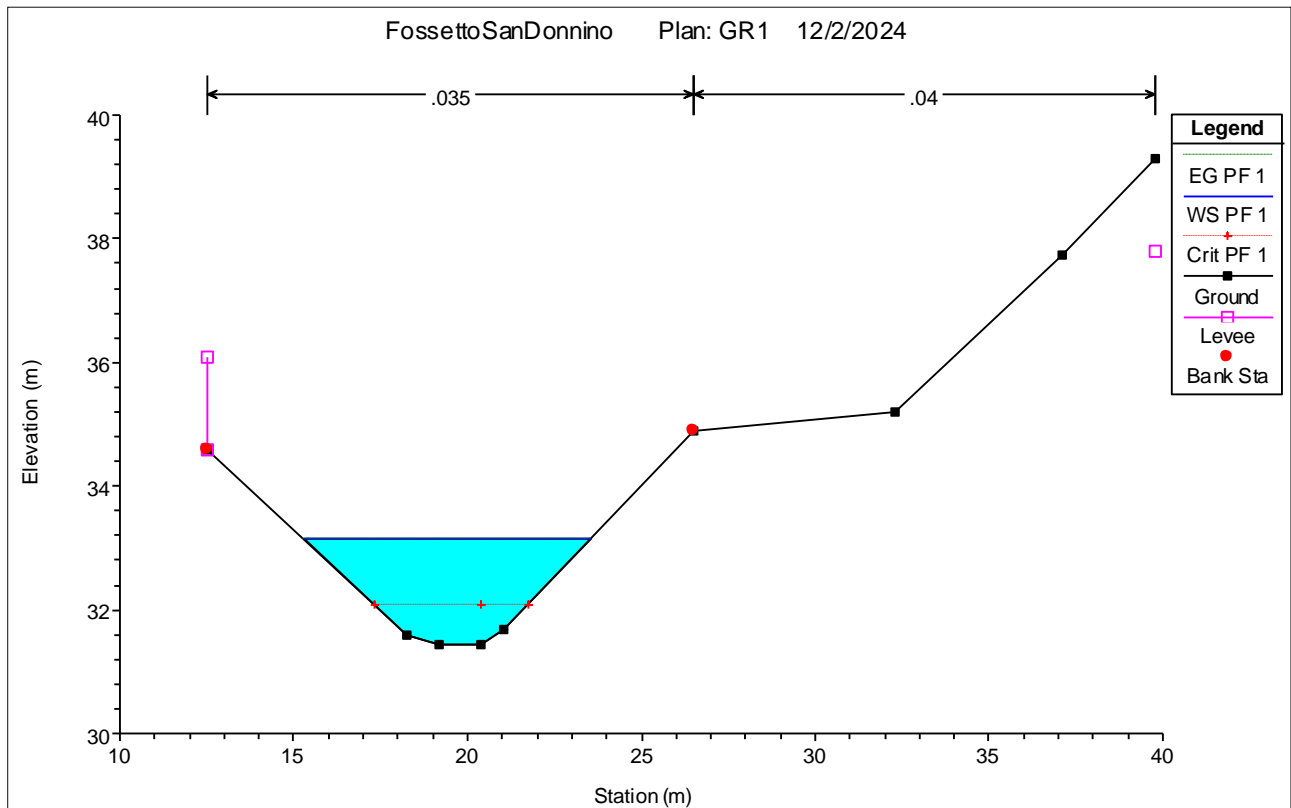


FIGURA 5-30. SEZIONE 31

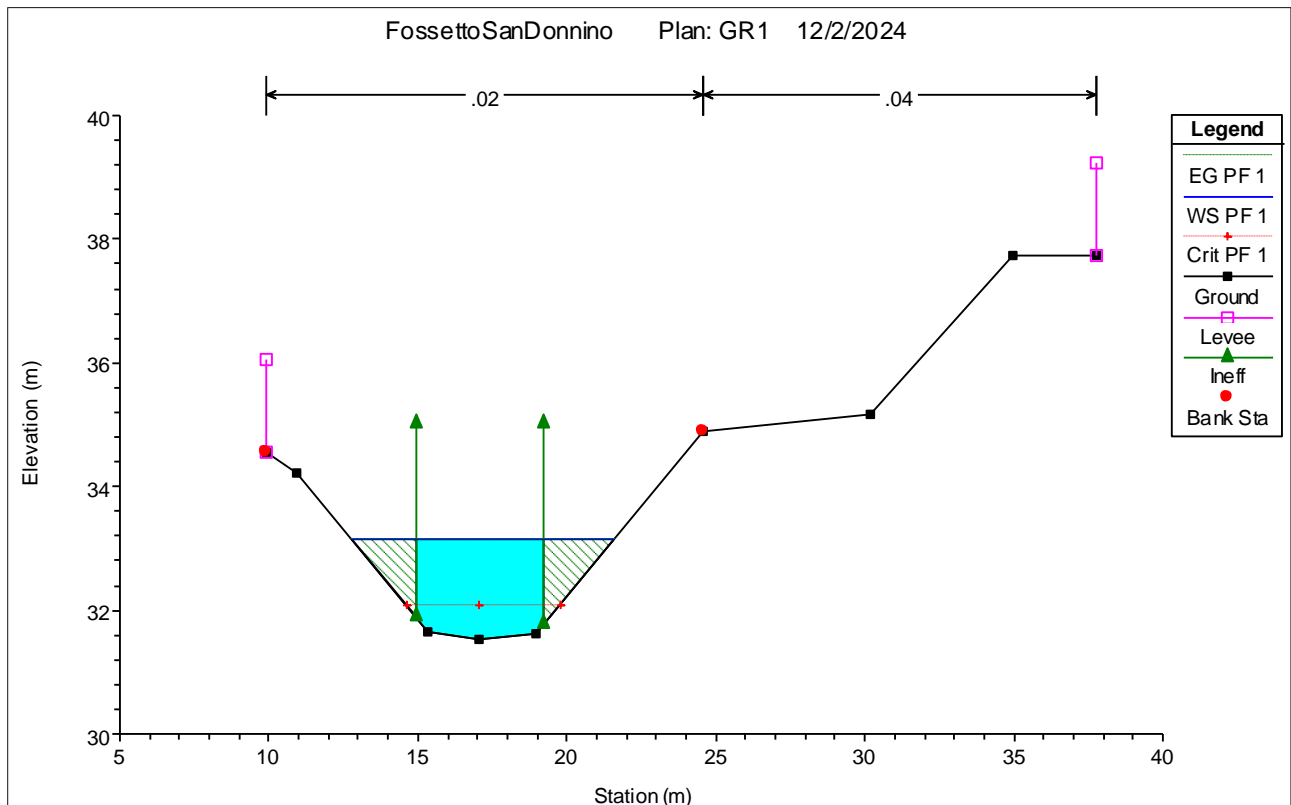


FIGURA 5-31. SEZIONE 30.3

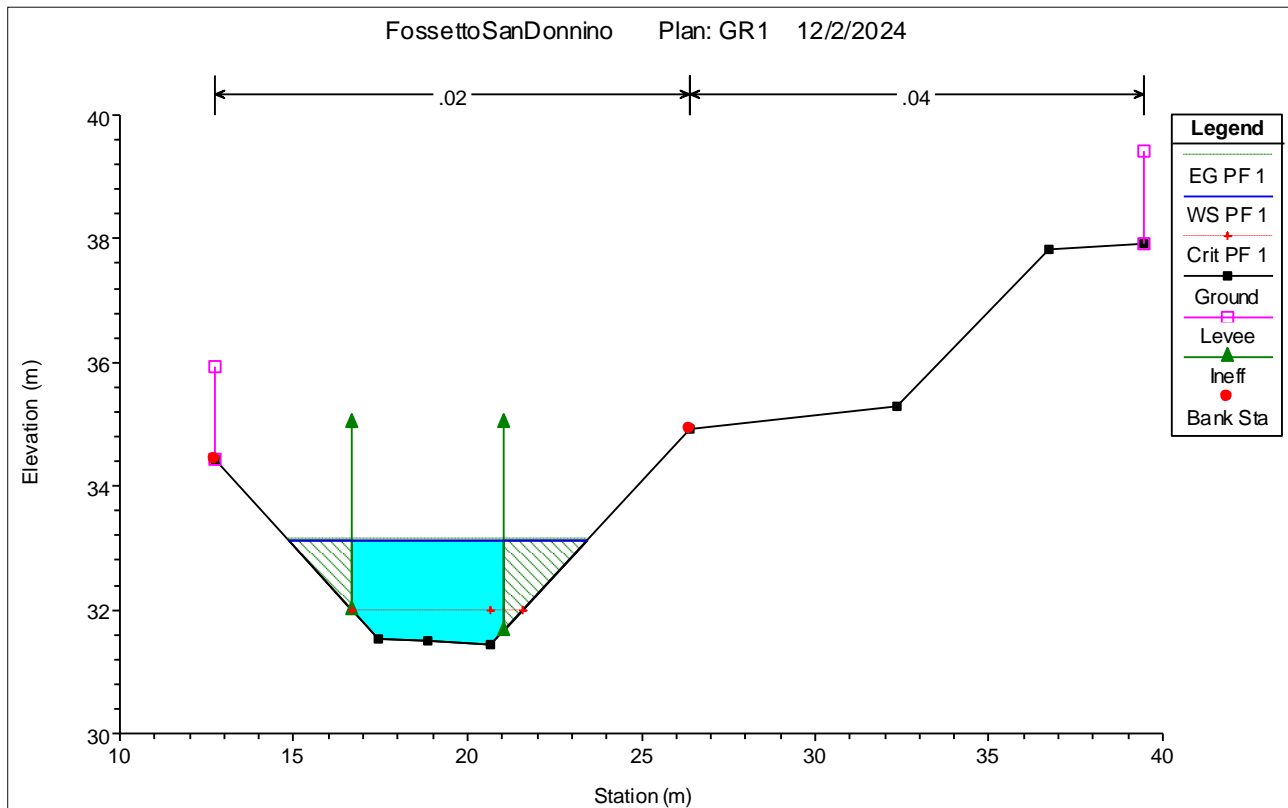


FIGURA 5-32. SEZIONE 30.1

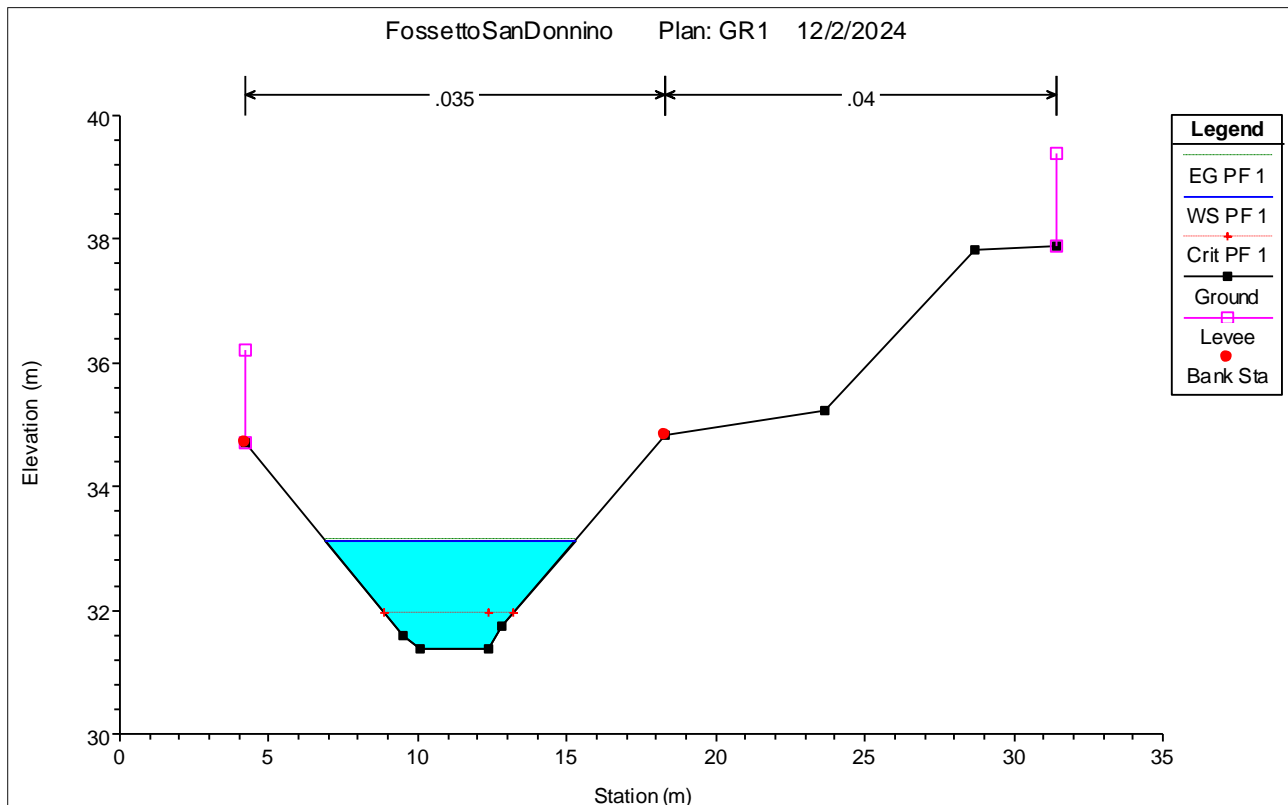


FIGURA 5-33. SEZIONE 29

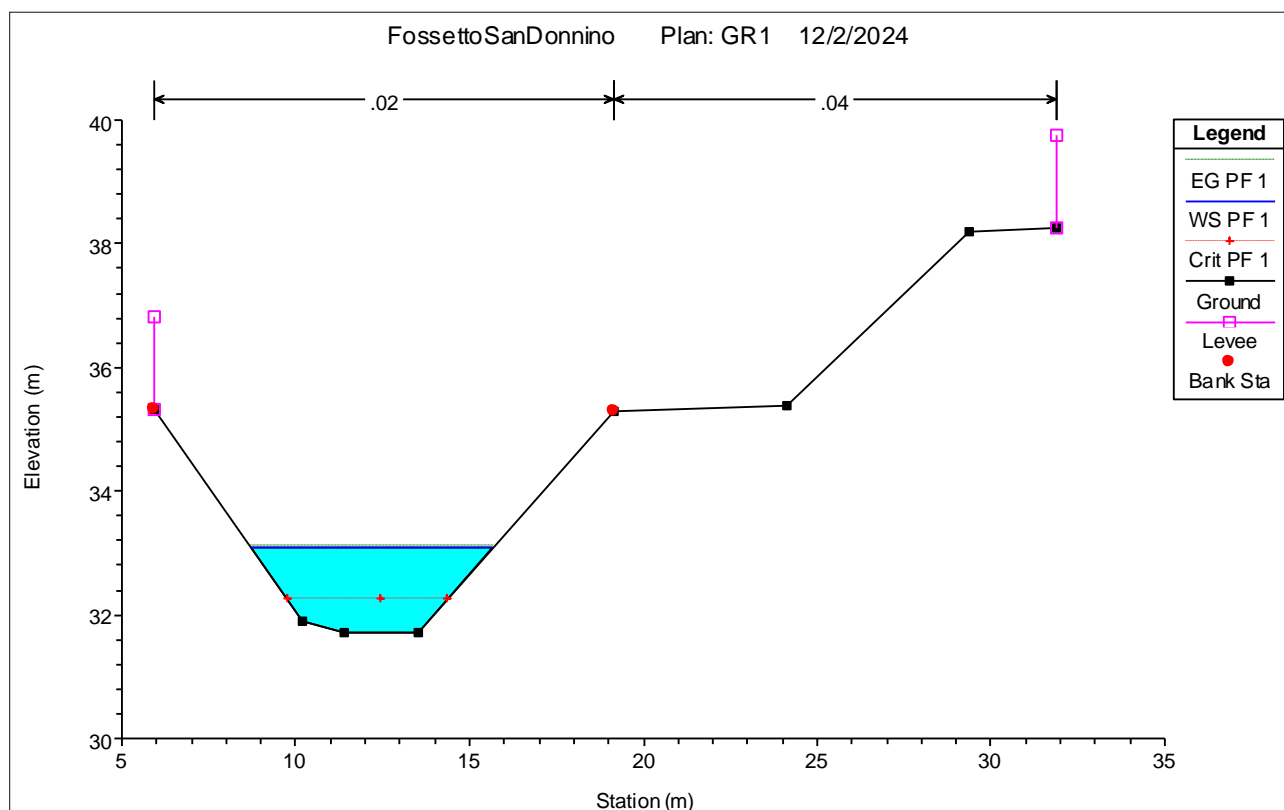


FIGURA 5-34. SEZIONE 28

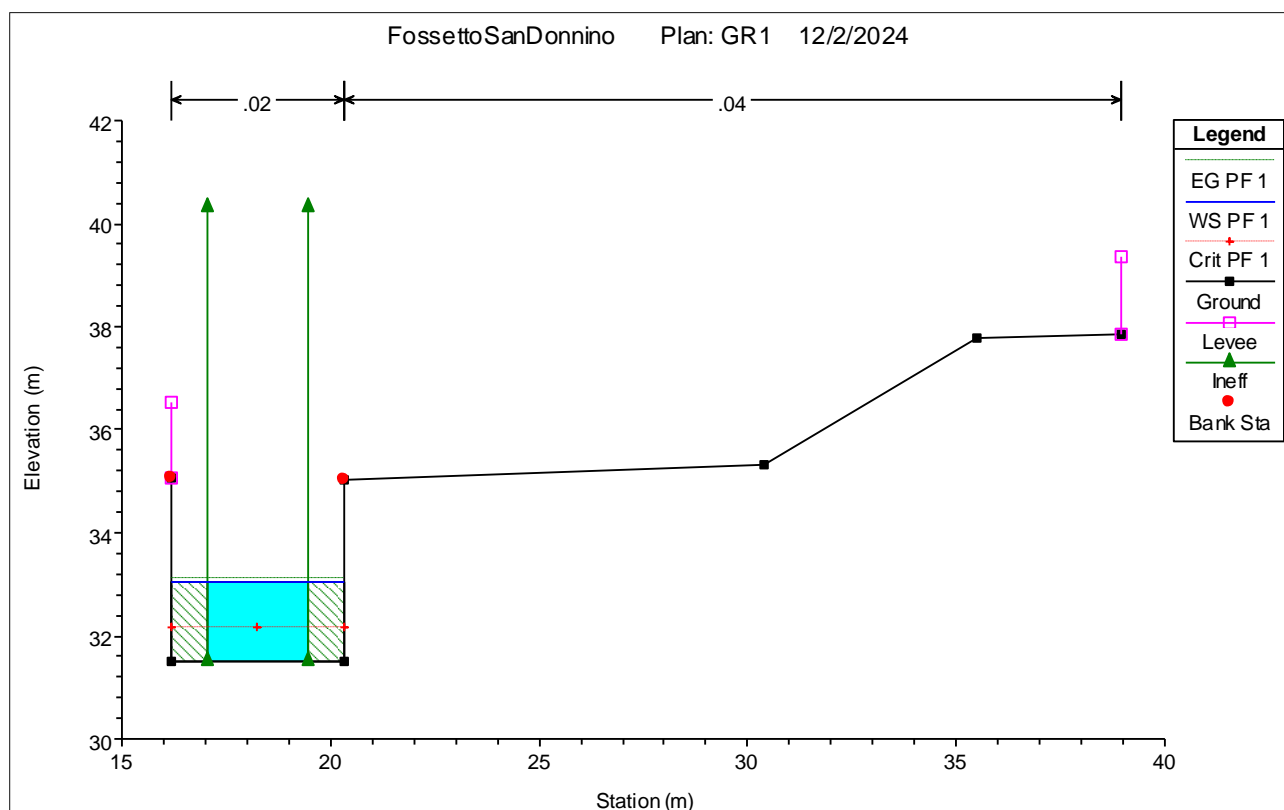


FIGURA 5-35. SEZIONE 27.3

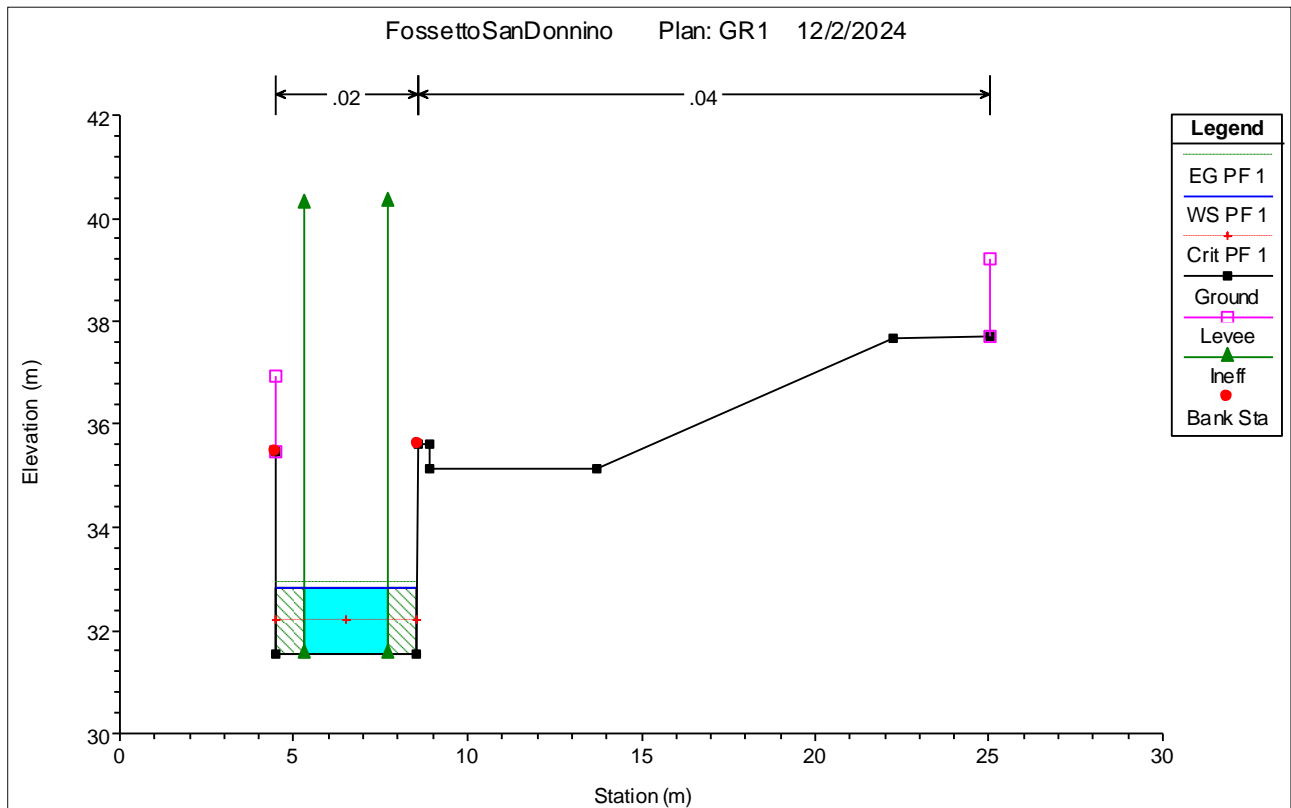


FIGURA 5-36. SEZIONE 26.1

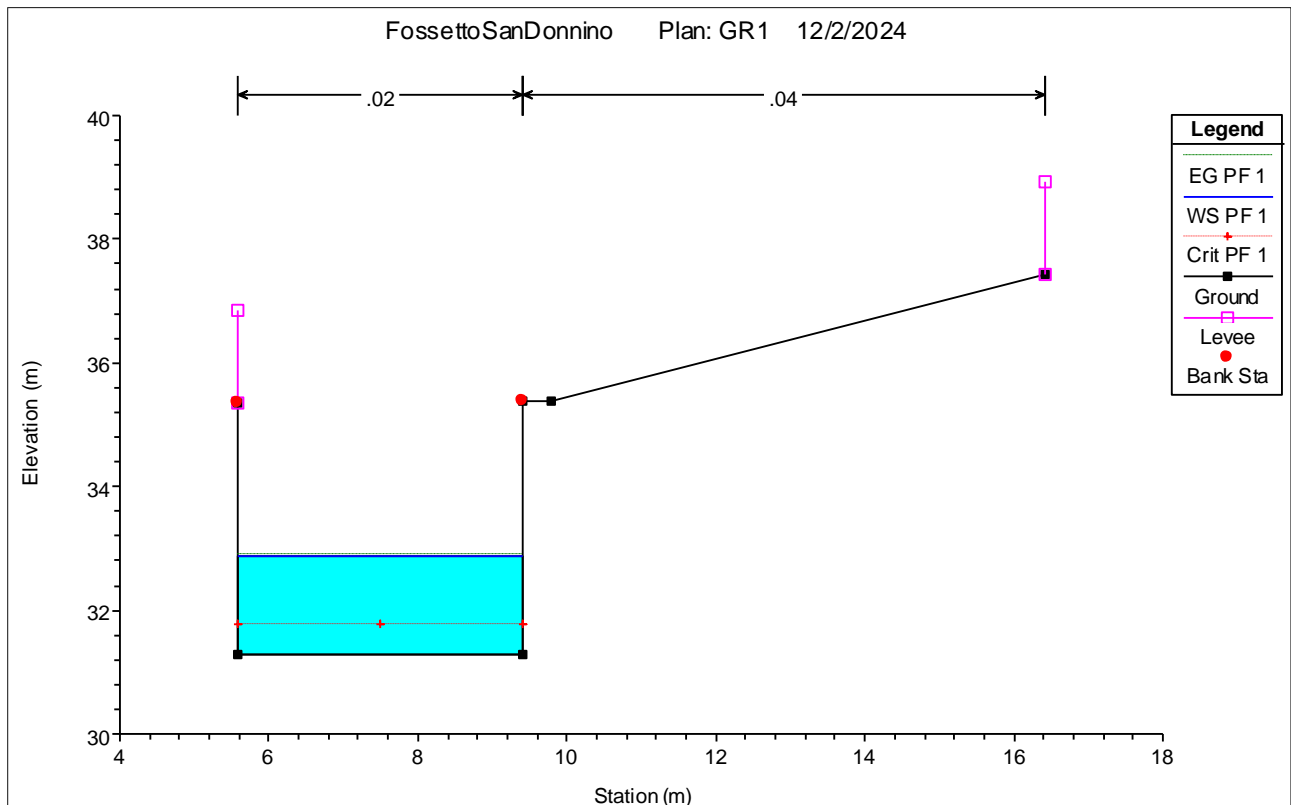


FIGURA 5-37. SEZIONE 25.3

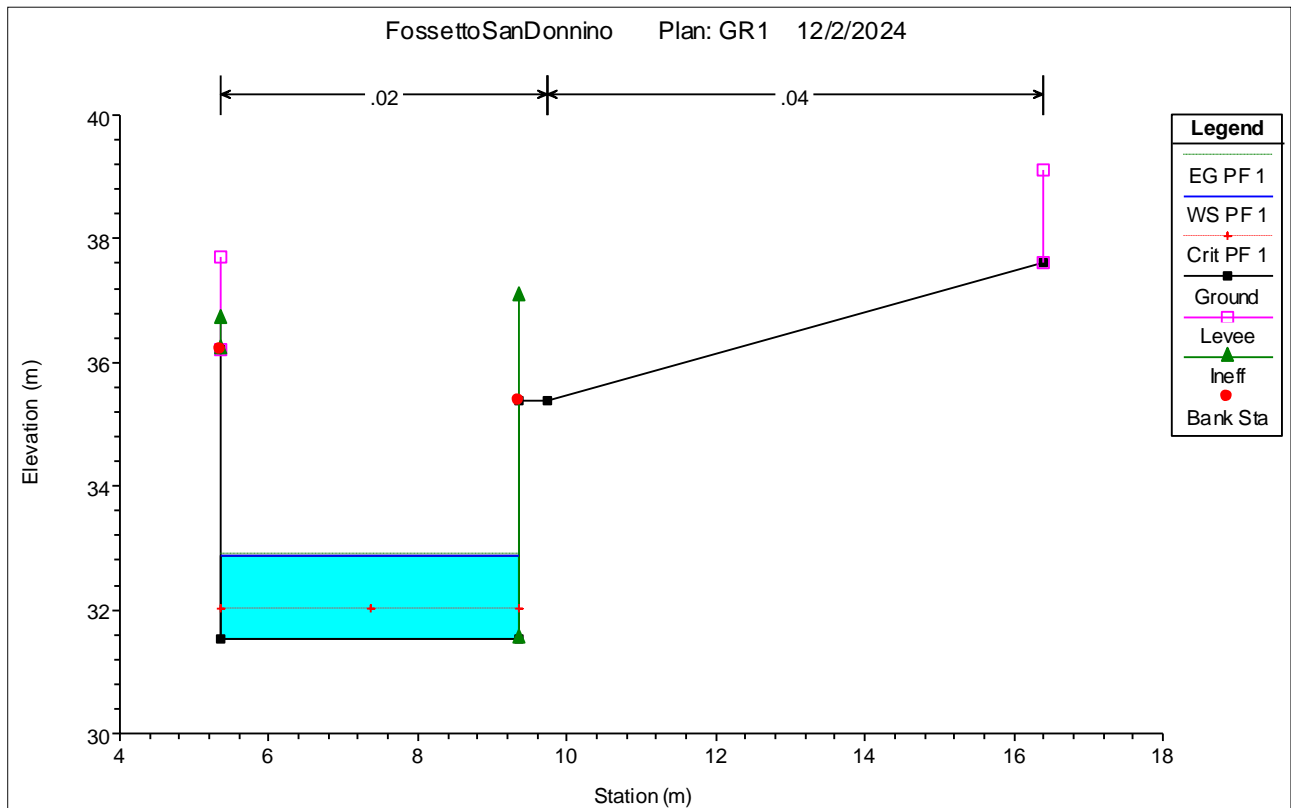


FIGURA 5-38. SEZIONE 25.2

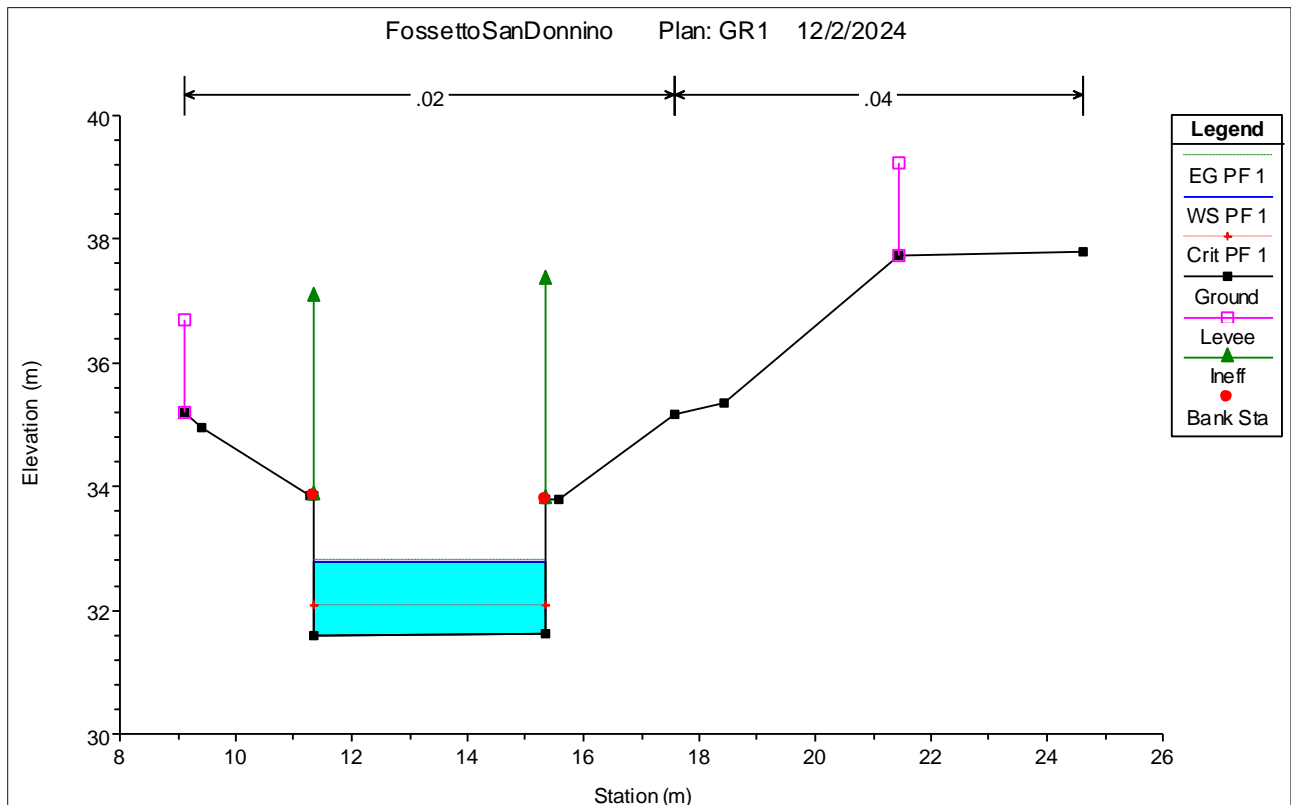


FIGURA 5-39. SEZIONE 24.1

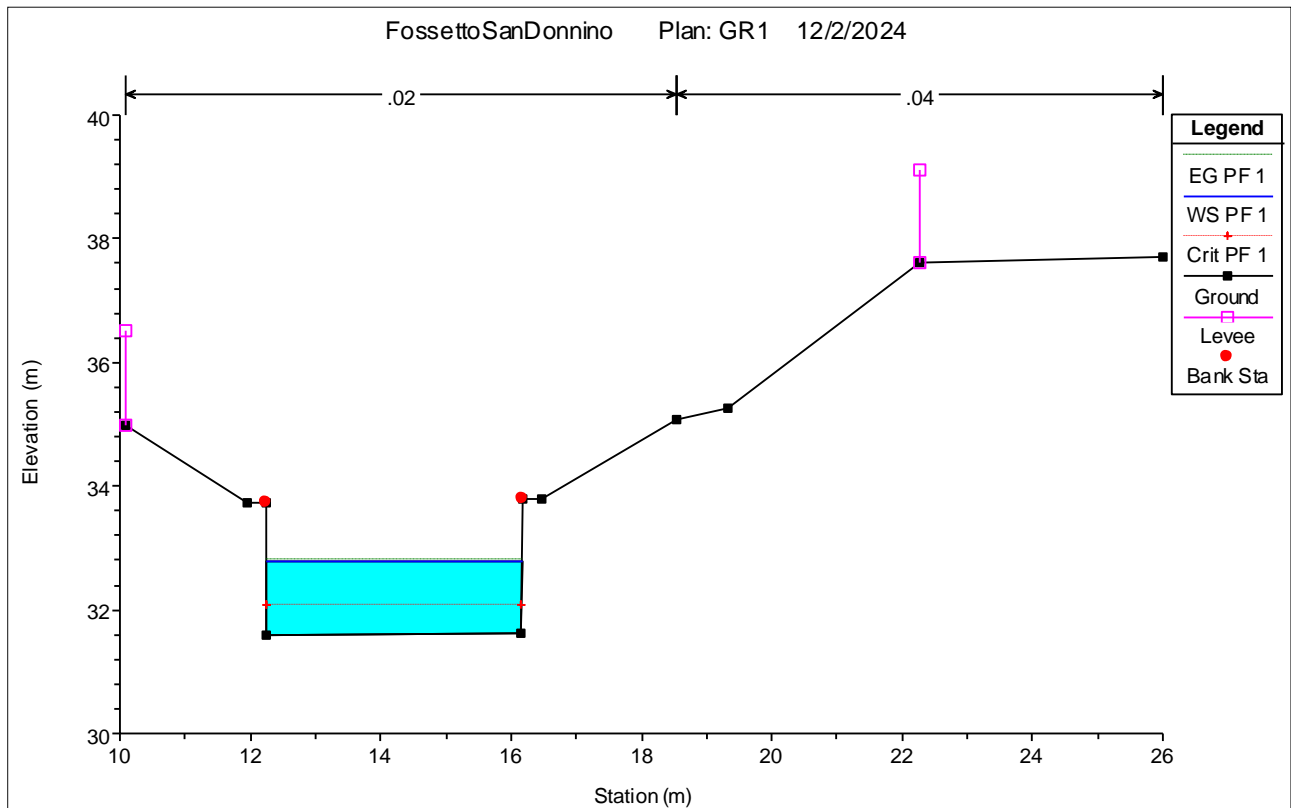


FIGURA 5-40. SEZIONE 23

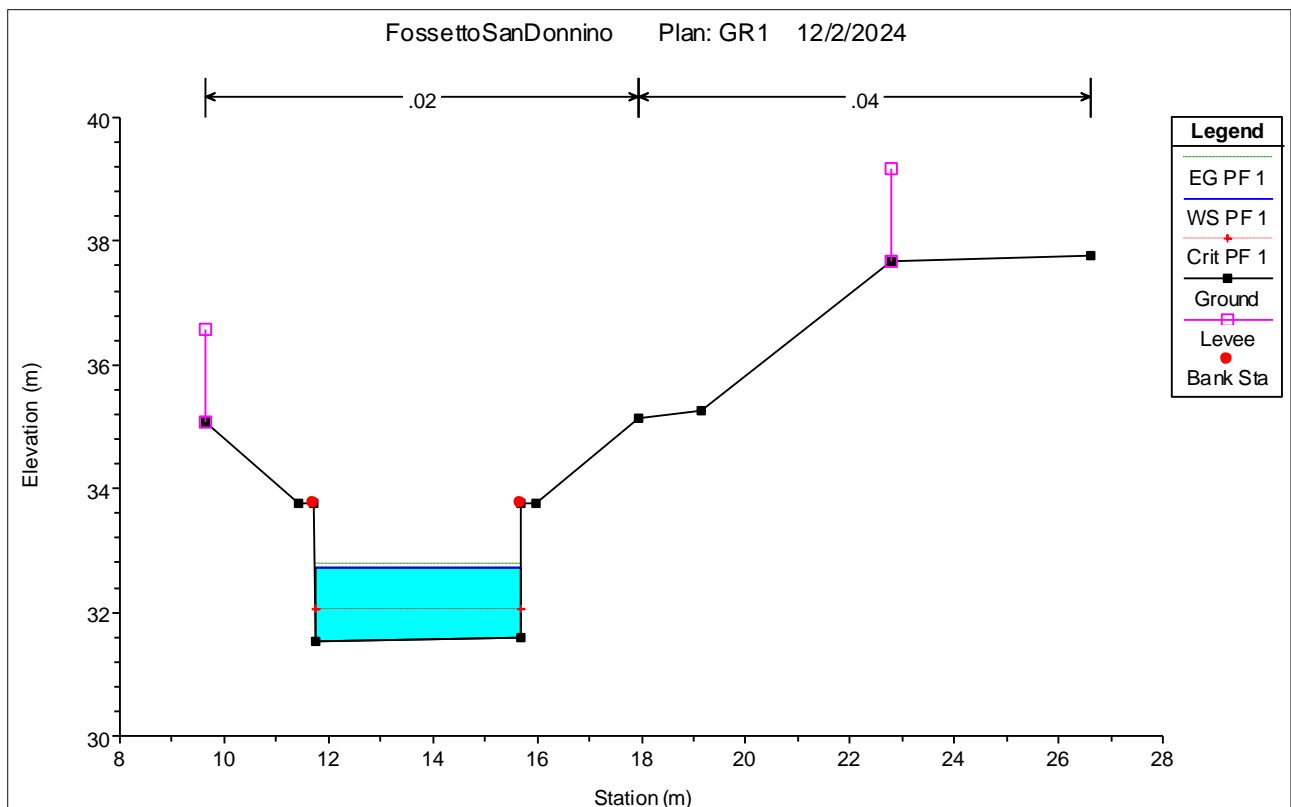


FIGURA 5-41. SEZIONE 22

5.4 CONCLUSIONI DELLE MODELLAZIONI MONODIMENSIONALI

5.4.1 Colatori Fosso Reale

Le considerazioni riportate qui di seguito sono relative ad entrambi i manufatti di progetto qui analizzati che, a meno di specifiche misure geometriche, sono caratterizzati dalla stessa tipologia di sezione geometrica: tratti di transizione a monte e a valle per raccordo con l'alveo a sezione trapezia e sezione principale rettangolare aperta.

In entrambi i profili di progetto, come previsto, si registrano due minimi rialzi del profilo del pelo libero, in corrispondenza del cambio di sezione utile e di materiale; così come corretto e prevedibile da una corretta ricostruzione del profilo di rigurgito in occasione di un restringimento in condizioni di corrente lenta. Le scelte progettuali fatte come evidenziato dai risultati mostrati, consentono di limitare l'incremento di tirante nell'ordine di qualche cm, non generando quindi alcuna insufficienza della sezione di progetto.

In particolare, nel caso del colatore destro il grado di riempimento massimo registrato risulta essere pari al 78%, mentre nel caso del colatore sinistro pari all'83%, considerando una condizione di verifica, particolarmente severa cioè la portata a "piene rive".

5.4.2 Canale San Donnino

L'efficienza idraulica del canale San Donnino è stata valutata considerando come portata di verifica quella transitabile con grado di riempimento pari a 1 nel manufatto di attraversamento autostradale a monte del canale in oggetto. Dai risultati ottenuti non si rilevano particolari criticità in merito alla sua efficienza idraulica, né in corrispondenza delle sezioni trapezie a cielo aperto, né in corrispondenza dei manufatti simulati.

6 CONCLUSIONI

Dalle condizioni espresse nel presente documento, appare evidente come coerentemente con quanto già condiviso con gli Enti preposti, le opere di scavalco delle aste fluviali interferenti con il tracciato non alterino in alcun modo la dinamica fluviale di piena della corrente transitante.

I valori di franco mantenuti al di sopra del metro rispetto alle quote del territorio (piano campagna/ciglio sponda o sommità arginale) sono tali da ritenere le opere in progetto compatibili anche con l'eventuale trasporto da parte della corrente di materiale flottante, in quanto le quote di intradosso delle opere non rappresentano ostruzione alla sezione liquida dell'alveo.