

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idraulica opere minori

SCALA:

-

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

RS2S 01 D 78 RI ID0002 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	Consegna CSLPP	M. Carlino	Ott. 2017	A. TORTORA	Ott. 2017	P. CARLESIMO	Gen. 2017	D. Tiberti Ott. 2017
A	Emissione Esecutiva	M. Carlino	Ott. 2017	A. TORTORA	Ott. 2017	P. CARLESIMO	Ott. 2017	

File:RS2S01D78RIID0002002B.doc

n. Elab.: 350

INDICE

1	PREMESSA	6
1.1	ELENCO ELABORATI DI PROGETTO RELATIVI ALLA FASE 01	8
2	INQUADRAMENTO GENERALE DELL' AREA	9
3	ANALISI IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI.....	11
3.1	METODOLOGIA DI CALCOLO E CRITERI DI VERIFICA.....	11
3.1.1	<i>Manuale di progettazione ferroviario</i>	<i>11</i>
3.1.2	<i>NTC 2008 e relativa Circolare Applicativa.....</i>	<i>12</i>
3.1.3	<i>Criteri di verifica.....</i>	<i>14</i>
3.2	METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE	15
3.2.1.1	Caratteristiche modello matematico.....	15
3.2.1.2	Calcolo del profilo a moto permanente	21
3.2.1.3	Equazione della conservazione della quantità di moto.....	24
3.2.1.4	Calcolo del rigurgito dovuto ai tombini/ponticelli	28
3.3	VERIFICA IDRAULICA OPERE.....	32
3.3.1	<i>Geometria degli alvei</i>	<i>32</i>
3.3.2	<i>Portate di progetto</i>	<i>33</i>
3.3.3	<i>Taratura dei modelli.....</i>	<i>33</i>
3.3.4	<i>Rappresentazione dei risultati delle simulazioni numeriche</i>	<i>36</i>
3.3.5	<i>Tombini scatolari e Ponticelli</i>	<i>37</i>
3.3.5.1	<i>Tombino esistente e Fosso zona FA04 alla Pk 4 + 750.....</i>	<i>38</i>
3.3.5.2	<i>Tombino sul Vallone Beatrice alla Pk 5+450</i>	<i>41</i>
3.3.5.3	<i>Ponte sul Vallone Sant' Antonio – Zona Taormina alla Pk 13+700</i>	<i>44</i>
3.3.5.4	<i>Tombino scatolare Interconnessione Letojanni.....</i>	<i>47</i>
3.3.6	<i>Verifiche rivestimenti con materassi reno e gabbioni</i>	<i>51</i>
3.4	METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME	52
3.4.1	VERIFICHE IDRAULICHE	54
3.4.2	<i>Intervento sul reticolo minore in dx del Fiume Alcantara alla Pk 6+350.....</i>	<i>56</i>
3.4.3	<i>Intervento sul reticolo minore in sinistra del Fiume Alcantara (Zona Trappitello) alla Pk 6+623.....</i>	<i>61</i>

3.4.4	Intervento sul reticolo minore in destra del Vallone Sant'Antonio alla Pk 13+300	64
3.4.5	Intervento sul reticolo minore in sinistra del Vallone Sant'Antonio alla Pk 13+700	66
4	SISTEMAZIONI FLUVIALI	69
4.1	INTERFERENZE MINORI	69
5	COMPATIBILITA' IDRAULICA	70
5.1	ANALISI DEL TRACCIATO FERROVIARIO	71
5.2	STUDIO IDROLOGICO	71
5.3	VERIFICHE IDRAULICHE	72
5.4	SISTEMAZIONI IDRAULICHE	73
5.5	L'ANALISI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	74
6	BIBLIOGRAFIA	76
7	APPENDICE A – RISULTATI DEL MODELLO MATEMATICO HEC-RAS	77
7.1	MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA FOSSO FA04 ALLA PK 4 +750	77
7.1.1	Scenario post-operam	77
7.2	MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA VALLONE BEATRICE ALLA PK 5 +450	84
7.2.1	Scenario post-operam	84
7.3	MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA VALLONE SANT' ANTONIO ALLA PK 13 +700	92
7.3.1	Scenario post-operam	92
7.4	MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA TOMBINO LETOJANNI ALLA PK 1+350	105
7.4.1	Scenario post-operam	105



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	4 di 115

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento geografico della zona in esame.....	9
Figura 2 - Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua.....	22
Figura 3 - Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.....	23
Figura 4 – Schema di calcolo.....	25
Figura 5 – Pianta schematica di un attraversamento fluviale.....	27
Figura 6 – Sezione schematica di un attraversamento fluviale.....	28
Figura 7 – Schema idraulico tombino/ponticello.....	29
Figura 8 – Diagramma di funzionamento del tombino/ponticello.....	29
Figura 9 - Stralcio planimetrico del tombino esistente e del fosso nella zona FA04 alla Pk 4 + 750.....	40
Figura 10 - Stralcio planimetrico del ponticello sul Vallone Beatrice alla Pk 5+450.....	42
Figura 11 - Stralcio planimetrico del ponticello sul Vallone San'Antonio alla Pk 13+700.....	45
Figura 12 - Stralcio planimetrico del tombino sulla interconnessione Letojanni alla Pk 1+350.....	48
Figura 13 – Schema profilo longitudinale tombino/ponticello.....	52
Figura 14 – Schema sezione fosso di guardia.....	53
Figura 15 - Stralcio planimetrico interventi sul reticolo minore in dx del Fiume Alcantara alla Pk 6+350.....	56
Figura 16 - Stralcio planimetrico deviazione incisioni sinistra Idraulica viadotto Alcantara- Zona Trappitello Pk. 6+623.....	62
Figura 17 – Ubicazione Deviazione fosso FA01P - Taormina Pk. 13+300.....	65
Figura 18- Stralcio planimetrico deviazione fosso Vallone San'Antonio alla Pk 13+700.....	68
Figura 19 – Schema planimetrico post operam - Reticolo minore dx F. Alcantara - Fosso FA04.....	77
Figura 20 – Profilo post operam Reticolo minore dx F. Alcantara - Fosso FA04.....	78
Figura 21 – Sezioni trasversali post operam Reticolo minore dx F. Alcantara - Fosso FA04.....	82
Figura 22 – Schema planimetrico post operam - Reticolo minore V.ne Beatrice alla Pk 5+450.....	84
Figura 23 – Profilo post operam Reticolo minore V.ne Beatrice alla Pk 5+450.....	85
Figura 24 – Sezioni trasversali post operam Reticolo minore V.ne Beatrice alla Pk 5+450.....	90
Figura 25 – Schema planimetrico post operam - Reticolo minore V.ne Sant'Antonio alla Pk 13+700.....	92
Figura 26 – Profilo post operam Reticolo minore V.ne Sant'Antonio alla Pk 13+700.....	93
Figura 27 – Sezioni trasversali post operam Reticolo minore V.ne Sant'Antonio alla Pk 13+700.....	103
Figura 28 – Schema planimetrico post operam - Reticolo minore Tombino Letojanni alla Pk 1+350.....	105
Figura 29 – Profilo post operam Reticolo minore Tombino Letojanni alla Pk 1+350.....	106
Figura 30 – Sezioni trasversali post operam Reticolo minore Tombino Letojanni alla Pk 1+350.....	114



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	5 di 115

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 – Elenco elaborati di progetto della Fase 01.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabella 2 – Coefficiente di resistenza idrodinamico C_D.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabella 3 - Tabella riepilogativa per la scelta del coefficiente di Manning (Chow, 1959).</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 4 - Caratteristiche geometriche dei manufatti di attraversamento della linea ferroviaria.</i>	<i>37</i>
<i>Tabella 5 – Portate di progetto per la verifica degli attraversamenti minori.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabella 6- Risultati della simulazione idraulica post-operam; fosso zona FA04 alla Pk 4 + 750</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 7- Risultati della simulazione idraulica post-operam; Vallone Beatrice alla Pk 5+450</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 8 - Tabella riepilogativa dei risultati delle simulazioni del Vallone Sant’Antonio POST OPERAM</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 9 - Risultati della simulazione idraulica post-operam; Interconnessione alla Pk 1+350</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 10 - Caratteristiche geometriche dei manufatti di attraversamento della linea ferroviaria.</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 11 – Portate di progetto per la verifica degli attraversamenti minori</i>	<i>55</i>
<i>Tabella 12 – Tabulato di Verifica idraulica in moto uniforme – Fossi e tombini in destra Fiume Alcantara alla Pk. 6+350.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 13- Tabulato di Verifica idraulica in moto uniforme – Fossi e tombini in sinistra Fiume Alcantara alla Pk. 6+623.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabella 14 - Tabulato di Verifica idraulica in moto uniforme – Fosso in destra Vallone Sant’Antonio alla Pk. 13+300.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabella 15- Tabulato di Verifica idraulica in moto uniforme – Fosso in sinistra Vallone Sant’Antonio alla Pk. 13+700</i>	<i>68</i>
<i>Tabella 16 – Risultati della simulazione numerica post operam - Reticolo minore dx F. Alcantara - Fosso FA04</i>	<i>83</i>
<i>Tabella 17 – Risultati della simulazione numerica post operam - Reticolo minore V.ne Beatrice alla Pk 5+450</i>	<i>91</i>
<i>Tabella 18 – Risultati della simulazione numerica post operam - Reticolo minore V.ne Sant’Antonio alla Pk 13+700.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabella 19 – Risultati della simulazione numerica post operam - Reticolo minore Tombino Letojanni alla Pk 1+350.....</i>	<i>115</i>



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	6 di 115

1 PREMESSA

Scopo del presente lavoro è lo studio idrologico-idraulico delle interferenze della linea ferroviaria Catania – Messina, nella tratta che si sviluppa tra Fiumefreddo e Taormina, con la rete idrografica locale. L'attività è comprensiva della valutazione delle portate dei corsi d'acqua intersecanti per la verifica idraulica delle opere di attraversamento in progetto.

La tratta della linea ferroviaria interessata dal presente studio è compresa tra la stazione di Fiumefreddo e quella di Giampileri, per uno sviluppo complessivo di oltre 42 km tutti in variante rispetto al tracciato ferroviario esistente. Il tratto indagato è compreso tra la progressiva km 0+000 e la km 13+843.

La linea ferroviaria esistente Catania – Messina è stata interessata in passato da una serie di importanti eventi alluvionali. Tra questi si cita l'alluvione di Messina del 2009, che è stata una calamità naturale verificatasi in un'area ristretta della Sicilia Nord-orientale, causata da un violento nubifragio iniziato nel pomeriggio del 1° ottobre 2009 e terminato in serata, dopo circa 6 ore; le piogge sono quindi proseguite debolmente fino a notte inoltrata. Il nubifragio ha provocato l'esondazione di numerosi corsi d'acqua e numerosissimi eventi franosi, a cui è seguito lo scivolamento a valle di colate di fango e di detriti. Tali fenomeni hanno causato la perdita di vite umane, numerosi feriti, l'interruzione della viabilità stradale e ferroviaria, delle linee elettriche e telefoniche, nonché gravi danni alle infrastrutture, e agli edifici pubblici e privati.

Scopo dello studio idrologico-idraulico è di verificare il funzionamento di una serie di manufatti di attraversamento della linea ferroviaria, con riferimento alle portate trecentennale e duecentennale secondo il Manuale di Progettazione Ferroviario.

Nel dettaglio l'analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- verifica idraulica di un'opera di attraversamento maggiore mediante elaborazione di simulazione idraulica su modello matematico in schema di moto permanente;
- redazione delle planimetrie di esondazione ante e post-operam e dei profili di moto permanente con livelli idrici ed energetici dell'opera di attraversamento;
- valutazione dello scalzamento per le opere che prevedono pile in alveo;
- dimensionamento delle opere provvisorie durante la fase di cantiere per la realizzazione delle pile in alveo;
- verifica idraulica di tombini scatolari e ponticelli mediante elaborazione di simulazione idraulica su modello matematico in schema di moto permanente, per n°4 attraversamenti ferroviari minori (Tr=200

anni). (Fosso FA04; Ponticello Vallone Beatrice; Ponticello Vallone Sant’Antonio, Tombino interconnessione Letojanni).

- verifica idraulica di tombini scatolari e ponticelli in schema di moto uniforme, per 3 attraversamenti ferroviari minori (Tr=200 anni), (n°3 tombini + n°2 deviazione Fossi in DX idraulica Alcantara alla Pk 6+350);
- verifica idraulica di deviazione di fossi in schema di moto uniforme, per 2 interventi (Tr=200 anni), (Fosso + n°2 tombini zona Trappitello; Fosso FA041P Taormina; Fosso in SX vallone Sant’Antonio Taormina);
- indicazioni per la risoluzione delle interferenze di corsi d’acqua minori con il tracciato ferroviario di progetto, le viabilità complementari di raccordo e i piazzali ubicati presso le stazioni; per tali interferenze minori, qualora si rendesse necessaria la realizzazione di un tombino scatolare di attraversamento, si sono fornite le dimensioni interne dello stesso, oppure nel caso di deviazioni di incisioni si è provveduto ad individuare il nuovo tracciato di progetto del corso d’acqua. In entrambi i casi, ovvero per la determinazione della sezione del tombino o delle caratteristiche geometriche dell’alveo della nuova incisione, si è fatto riferimento alle informazioni ottenute dall’analisi della cartografia esistente.

Il seguente studio è stato redatto in accordo agli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolar modo fra gli strumenti legislativi è stato adottato il P.A.I., Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana (dicembre 2004 e successivi aggiornamenti). Oltre al PAI, per ogni attraversamento maggiore è stato verificato il rispetto delle NTC 2008 e della relativa circolare applicativa del 2 febbraio 2009, n. 617 “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008” (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	8 di 115

1.1 ELENCO ELABORATI DI PROGETTO RELATIVI ALLA FASE 01

<i>ELENCO</i>	<i>CODIFICA</i>
Lotto 1	
Relazione idraulica opere maggiori	RS2S 01 D 78 RI ID0002 001 B
Relazione idraulica opere minori	RS2S 01 D 78 RI ID0002 002 B
Torrente Minissale - Planimetria ante e post operam con aree di esondazione Tr 300 anni	RS2S 01 D 78 P6 ID0001 001 B
Torrente Minissale - Profilo ante e post operam con indicazione dei livelli idrici Tr 300 anni	RS2S 01 D 78 FZ ID0002 001 B
Torrente Minissale - Sezioni ante operam Tr 300 anni	RS2S 01 D 78 WZ ID0002 001 B
Torrente Minissale - Sezioni post operam Tr 300 anni	RS2S 01 D 78 WZ ID0002 002 B
Torrente Minissale - Pianta, Profili sponda DX / SX e sezioni sistemazione alveo	RS2S 01 D 78 BZ ID0002 001 B
Pianta, profilo e sezioni fosso zona FA04 Pk. 4+750	RS2S 01 D 78 PZ ID0002 001 B
Pianta, profilo e sezioni Vallone Beatrice Pk. 5+450	RS2S 01 D 78 PZ ID0002 002 B
Deviazione incisioni Destra Idraulica Viadotto Alcantara Pk. 6+350	RS2S 01 D 78 PZ ID0002 003 B
Deviazione incisioni Sinistra Idraulica Viadotto Alcantara- Zona Trappitello Pk. 6+623	RS2S 01 D 78 PZ ID0002 004 B
Deviazione fosso FA01P - Taormina Pk. 13+300	RS2S 01 D 78 PZ ID0002 005 B
Pianta, profilo e sezioni Ponticello Vallone Sant'Antonio - Zona Taormina Pk. 13+700	RS2S 01 D 78 PZ ID0002 006 B
Pianta, profilo e sezioni Tombino Interconnessione Letojanni PK 1+350	RS2S 01 D 78 PZ ID0002 007 B

Tabella 1 – Elenco elaborati di progetto della Fase 01

2 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

La tratta ferroviaria Giampileri – Fiumefreddo, compresa nella linea Catania – Messina, si estende per oltre 42 km lungo la costa ionica della provincia di Messina (Figura 1).

Il percorso ferroviario attraversa in gran parte in galleria la zona costiera, partendo da una quota di 57.98 m s.m.m. alla Fermata di Fiumefreddo per giungere ai 16.25 m s.m.m. della Fermata di Giampileri.

Nel suo tragitto, la tratta Giampileri – Fiumefreddo interseca i tratti terminali di una serie di burroni, burroncelli, torrenti, scoli e rivi. Le principali infrastrutture di trasporto, presenti nell'areale di intervento, sono l'autostrada A18 Catania – Messina e la Strada Statale n° 114 i cui tracciati risultano essere in sostanziale affiancamento all'intera tratta ferroviaria.



Figura 1 - Inquadramento geografico della zona in esame.

Il progetto è suddiviso in due fasi funzionali:



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-
FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	10 di 115

- Fase 01 tra la progressiva km 0+000 e la km 13+843, compresa tra l'attuale stazione di Fiumefreddo e l'interconnessione di Letojanni;
- Fase 02 tra la progressiva km 13+843 e la km 42+263, ovvero tra l'interconnessione di Letojanni e la stazione di Giampilieri.

La presente relazione idraulica è relativa a tutti gli attraversamenti ricadenti all'interno della prima fase funzionale.

	LINEA MESSINA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
	Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B

3 ANALISI IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI

3.1 METODOLOGIA DI CALCOLO E CRITERI DI VERIFICA

3.1.1 Manuale di progettazione ferroviario

Come previsto dal Manuale di Progettazione ferroviario ogni tipo di manufatto idraulico verrà verificato utilizzando i seguenti tempi di ritorno T_r :

...omissis...

Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

- *linea ferroviaria $T_r = 300$ anni per $S > 10 \text{ km}^2$*
- *linea ferroviaria $T_r = 200$ anni per $S < 10 \text{ km}^2$*
- *deviazioni stradali $T_r = 200$ anni*

...omissis...

Per la verifica idraulica delle opere di attraversamento principali il manuale prevede quanto segue:

“Relativamente ai requisiti idraulici nei confronti dei livelli di massima piena si specifica quanto segue:

- *franco minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena, calcolato come precedentemente descritto, pari a 0.50 m e comunque non inferiore ad 1.5 m sul livello idrico.*
- *posizionamento delle spalle del viadotto in modo tale da non ridurre significativamente la sezione di deflusso in alveo ed in golena.*
- *posizionamento e geometria delle pile in alveo ed in golena in modo da non provocare significativi fenomeni di rigurgito ovvero fenomeni di erosione localizzati sulle sponde ed in alveo.*
- *Il calcolo dello scalzamento localizzato indotto dalle opere di sostegno deve essere valutato considerando le dimensioni delle pile; nel caso in cui il plinto di fondazione venga messo allo scoperto dall'erosione, le dimensioni maggiori e le forme più tozze dello stesso provocano un ulteriore scalzamento e pertanto, in tale condizione, il calcolo dell'erosione localizzata va ripetuto portando in conto la diversa geometria.”*

Per la verifica idraulica delle opere di attraversamento secondarie il manuale prevede quanto segue:



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	12 di 115

“Le tipologie ammesse sono:

- *tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1.5m;*
- *tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2m;*

Sono ammessi fino a due tombini affiancati.

In nessun caso saranno ammessi attraversamenti con opere a sifone.

La pendenza longitudinale del fondo dell’opera non dovrà essere inferiore al 2‰ e ciò al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato.

La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata massima di piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.

Dovranno essere previsti gli opportuni accorgimenti per evitare, in corrispondenza delle fondazioni del manufatto, fenomeni di scalzamento o erosione.”

3.1.2 NTC 2008 e relativa Circolare Applicativa

Le Norme Tecniche per la Costruzione “NTC 2008” e la relativa Circolare Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008” (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27) contengono le istruzioni per la progettazione dei ponti ferroviari interessanti corsi d’acqua naturali o artificiali, con particolare riferimento ai tempi di ritorno e ai franchi idraulici da adottare per le verifiche di compatibilità idraulica.

In particolare, al § 5.2.1.2 delle NTC 2008 “Compatibilità idraulica” si prescrive che:

Quando il ponte interessa un corso d’acqua naturale o artificiale, il progetto dovrà essere corredato da una relazione idrologica e da una relazione idraulica riguardante le scelte progettuali, la costruzione e l’esercizio del ponte.

L’ampiezza e l’approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all’importanza del problema.

Di norma il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati il corso d’acqua attivo e, se arginato, i corpi arginali. Qualora eccezionalmente fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce minima tra pile contigue, misurata ortogonalmente al filone principale della corrente, non dovrà essere inferiore a 40 metri. Soluzioni con



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	13 di 115

luci inferiori potranno essere autorizzate dall’Autorità competente, 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 dell’alveo e alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle.

La quota idrometrica ed il franco dovranno essere posti in correlazione con la piena di progetto riferita ad un periodo di ritorno non inferiore a 200 anni.

Il franco di sottotrave e la distanza tra il fondo alveo e la quota di sottotrave dovranno essere assunte tenendo conto del trasporto solido di fondo e del trasporto di materiale galleggiante.

Il franco idraulico necessario non può essere ottenuto con il sollevamento del ponte durante la piena.

Al § C5.1.2.4 della Circolare applicativa si prescrive inoltre:

Le questioni idrauliche, da trattare con ampiezza e grado di approfondimento commisurati alla natura dei problemi ed al grado di elaborazione del progetto, devono essere oggetto di apposita relazione idraulica, che farà parte integrante del progetto stesso. ... omissis.....

La quota idrometrica ed il franco devono essere posti in correlazione con la piena di progetto anche in considerazione della tipologia dell’opera e delle situazioni ambientali.

*In tal senso può ritenersi normalmente che il valore della portata massima e del relativo franco siano riferiti ad un tempo di ritorno non inferiore a **200 anni**; è di interesse stimare i valori della frequenza probabile di ipotetici eventi che diano luogo a riduzioni del franco stesso. Nel caso di corsi di acqua arginati, la quota di sottotrave deve essere comunque non inferiore alla quota della sommità arginale.*

A titolo di indicazione, in aggiunta alla prescrizione di un franco normale minimo di 1,50÷2,00 m, è da raccomandare che il dislivello tra fondo e sottotrave sia non inferiore a 6÷7 m quando si possa temere il transito d’alberi d’alto fusto, con l’avvertenza di prevedere valori maggiori per ponti con luci inferiori a 40 m o per ponti posti su torrenti esposti a sovralti d’alveo per deposito di materiali lapidei provenienti da monte o dai versanti....

Quando l’intradosso delle strutture non sia costituito da un’unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco previsto deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.

....

3.1.3 Criteri di verifica

Sulla base di quanto riportato nei due precedenti paragrafi, le nuove opere di attraversamento sono state progettate secondo i seguenti i criteri:

Elementi di verifica	Manuale di progettazione ferroviaria	NTC 2008 e relativa circolare applicativa
Manufatti di attraversamento principali (ponti e viadotti)	<i>linea ferroviaria $Tr = 300$ anni per $S > 10 \text{ km}^2$ linea ferroviaria $Tr = 200$ anni per $S < 10 \text{ km}^2$ deviazioni stradali $Tr = 200$ anni</i>	<i>$Tr = 200$ anni</i>
Verifica Franco di progetto ponti.	<i>Franco minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena, pari a 0.50 m e comunque non inferiore ad 1.5 m sul livello idrico.</i>	<i>1,50÷2,00 m</i>
Dislivello tra fondo e sottotrave		<i>Non inferiore a 6÷7 m quando si possa temere il transito d'alberi d'alto fusto</i>
Posizione spalle	<i>Posizionamento delle spalle del viadotto in modo tale da non ridurre significativamente la sezione di deflusso in alveo ed in golena;</i>	<i>Di norma il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati il corso d'acqua attivo e, se arginato, i corpi arginali.</i>

Nel dimensionamento idraulico dei tombini si è cercato di non determinare restringimenti significativi delle sezioni del corso d'acqua, verificando che i massimi livelli per l'evento di progetto non determinino gradi di riempimento superiori al 70% dell'altezza dell'opera durante il normale funzionamento.

	LINEA MESSINA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
	Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B

3.2 METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE

3.2.1.1 Caratteristiche modello matematico

Le simulazioni numeriche sono state condotte utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente che fornisce una adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Per la determinazione dei profili idrici nei corsi d'acqua sia nella situazione attuale, sia di progetto e per i diversi tempi di ritorno considerati è stato utilizzato il codice denominato HEC – RAS 4.1.0 River Analysis System del gennaio 2010 sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers, i cui fondamenti concettuali sono di seguito riportati.

Obiettivo principale del modello, utilizzato nell'ipotesi di moto permanente, è quello di correlare l'entità della portata liquida in arrivo dal bacino di monte con le velocità e con l'altezza idrometrica raggiunta nell'alveo principale e nelle golene.

Pur operando nell'ipotesi di mono dimensionalità, il modello consente la ricostruzione dell'andamento della velocità all'interno di una stessa sezione di deflusso, distinguendo tra zone spondali e canale centrale, in funzione della variazione di scabrezza e di tirante idraulico.

Nel caso della simulazione in moto permanente il calcolo dell'andamento dei profili idraulici viene effettuato dal modello utilizzando un metodo numerico chiamato "standard step method", che risolve in modo sequenziale l'equazione monodimensionale dell'energia fra due sezioni adiacenti trasversali al moto.

In corrispondenza ad alcune tipologie di ponte, dove nascono condizioni di flusso complesse, vengono utilizzate invece specifiche equazioni dell'idraulica per determinare le variazioni di livello dovute a queste varie singolarità.

Sinteticamente, il modello funziona calcolando le variazioni di livello idrometrico tra sezioni trasversali adiacenti sulla base del calcolo delle perdite di energia. Il calcolo comincia a un'estremità del tronco d'alveo indagato, procedendo passo-passo sino all'altra estremità, e così sezione dopo sezione, cambiando il verso dell'indagine da valle verso monte per moto subcritico e da monte verso valle per moto supercritico.

Il funzionamento del modello HEC-RAS si basa su alcune semplificazioni nelle ipotesi di partenza:

- moto permanente;
- moto gradualmente vario;
- moto monodimensionale, con correzione della distribuzione orizzontale della velocità;
- perdite di fondo mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	16 di 115

- arginature fisse.

Definizioni

Il modello utilizza, all'interno dei suoi algoritmi di calcolo, elementi dell'idraulica dei canali a pelo libero. Si ritiene opportuno, quindi, prima di procedere oltre, inserire alcuni elementi per meglio chiarire il funzionamento del modello stesso.

Moto permanente e vario

Il criterio di distinzione fra i due tipi di moto è il loro andamento nei confronti della variabile "tempo". Se profondità, velocità e portata rimangono costanti nel tempo in una determinata sezione di un corso d'acqua, il moto è permanente; se una di queste caratteristiche varia, il moto è vario. Il passaggio di un'onda di piena lungo un tronco d'alveo è un esempio di moto vario perché profondità, velocità e portata cambiano nel tempo.

La ragione per cui HEC-RAS, modello di moto permanente, può essere usato per il moto vario, come è da considerarsi a rigore un'onda di piena, sta nella lentezza con cui l'onda cresce e si esaurisce. Un ipotetico osservatore sulla sponda di un corso d'acqua non è infatti in grado di apprezzare la curvatura dell'onda e non apprezza le variazioni istantanee di livello che si verificano.

Eccetto quindi casi estremi, la variazione di portata avviene gradualmente e i risultati ottenuti usando metodi analitici per moto permanente sono ugualmente di buona qualità.

Moto uniforme e vario

Quando il moto è uniforme, profondità e velocità sono costanti lungo un tratto di canale. La forza di gravità provoca il movimento dell'acqua, in equilibrio con gli attriti. Il moto non è accelerato né decelerato. Per un canale naturale non si può parlare di moto uniforme in senso stretto, perché la geometria delle sezioni trasversali e l'area bagnata variano lungo il canale, causando accelerazioni e decelerazioni del moto. A rigore il moto uniforme è possibile solo in un canale prismatico con sezione e pendenza costanti. D'altra parte è considerato corretto assumere che il moto sia uniforme quanto il pelo libero è approssimativamente parallelo al fondo del canale; in tal caso si assume che anche la linea dell'energia sia parallela al fondo.

Nel caso di moto vario profondità e velocità cambiano con la distanza lungo il canale; si può distinguere tra moto “gradualmente vario” quando le variazioni nell’altezza del pelo libero avvengono in una distanza relativamente lunga e modo “rapidamente vario” se le variazioni sono brusche.

Quest’ultima distinzione è importante in quanto HEC-RAS calcola i profili solamente in situazioni di moto gradualmente vario.

Moto subcritico e supercritico

Il moto in un canale a pelo libero può essere classificato come subcritico, supercritico o critico.

La determinazione del tipo di moto secondo questa classificazione è di fondamentale importanza nell’utilizzo del modello, perché cambia il verso in cui si procede nello studio del profilo idraulico partendo da una delle due estremità del tratto d’alveo in esame.

Le perturbazioni che interessano la superficie liquida, infatti, si propagano verso monte nel caso di moto subcritico ma non nel caso di moto supercritico, e ciò risulta fondamentale nella scelta del punto di partenza nel calcolo del profilo idraulico.

Una delle prime operazioni da fare è quindi la determinazione del tipo di moto che si sviluppa nel tratto oggetto dell’indagine condotta con il modello.

Per definire il punto di separazione fra moto subcritico e supercritico viene utilizzato il numero adimensionale di Froude, rapporto fra le forze gravitazionali e le forze inerziali:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh_m}}$$

dove:

V = velocità media Q/A [m/s]

g = accelerazione di gravità [m/s²]

h_m = altezza media della corrente [m]

Se il numero di Froude risulta minore di 1, il moto è subcritico, se invece è superiore, il moto è supercritico; se risulta uguale a 1, il moto è critico e la situazione è di particolare instabilità.

Questa definizione del numero di Froude ipotizza che ci sia una distribuzione uniforme di velocità nella sezione. Per un canale simmetrico, rettangolare, triangolare, trapezoidale, ecc., questo presupposto si realizza, ma nel caso di un canale naturale, con sezioni irregolari e aree golenali, l'espressione data non è più valida e non può essere rigorosamente utilizzata per determinare il tipo di moto; in questo caso sarebbe più corretto utilizzare dei numeri di Froude particolari, che tengano conto delle variazioni geometriche, di velocità e di portata.

La ricerca di questi particolari numeri di Froude va effettuata caso per caso, consultando eventualmente la letteratura esistente. Il modello, comunque, effettua al suo interno le necessarie approssimazioni e ridefinizioni del valore di questo parametro.

Altezza critica

L'altezza critica è una caratteristica molto importante per il moto, dato che, come già accennato, rappresenta un criterio per discriminare i vari regimi di moto.

Il moto che si sviluppa con un'altezza pari, o vicina, all'altezza critica è chiamato moto critico; questa situazione è molto instabile poiché una piccola variazione di energia specifica causa grandi variazioni di livello.

L'energia specifica E di una sezione trasversale è l'energia riferita al punto più basso del tratto in esame; è quindi la somma della profondità Y e del termine cinetico $V^2/2g$:

$$E = Y + \frac{V^2}{2g}$$

La determinazione dell'altezza critica viene complicata dalla distribuzione delle velocità che ci si trova ad avere in sezioni irregolari, associate a flusso nelle golene. Il contributo cinetico nell'equazione dell'energia specifica deve quindi essere corretto tramite un moltiplicatore α di Coriolis. Si ha quindi:

$$E = Y + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad (0)$$

In HEC-RAS, l'altezza critica relativa ad una sezione viene determinata ricercando il minimo dell'energia specifica. La ricerca viene fatta con un procedimento iterativo partendo da un valore WS di primo tentativo al quale

ne consegue un valore di energia specifica dato dalla (0), che verrà poi corretto fino alla determinazione del WS in grado di garantire il minimo valore di E .

HEC-RAS può calcolare l'andamento di profili subcritici e supercritici. Viene però richiesto all'utente di specificare il regime di moto all'atto del setup dell'applicazione.

Procedure di calcolo per simulazioni in moto permanente

Ricostruzione del campo di moto in una sezione trasversale

Per trovare il valore del coefficiente α relativo a una sezione naturale, o comunque irregolare, è necessario conoscere come si suddivide la portata, ossia quanta fluisce nel canale propriamente detto e quanta nelle zone golenali. Viene a questo scopo utilizzata l'equazione di Manning:

$$V = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} J_f^{1/2}$$

$$Q = VA = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} J_f^{1/2}$$

Ponendo quindi: $K = \frac{1.486}{n} A R^{2/3}$ si ha che: $Q = K J_f^{1/2}$

che viene scritta per ognuna delle i -esime sezioni considerate.

In HEC-RAS, il raggio idraulico R di una sub area è calcolato dividendo l'area per il perimetro bagnato. Il confine d'acqua immaginario tra due sub aree viene trascurato.

Tramite alcuni passaggi si trova che: $\alpha = \frac{(\sum A)^2 (\sum K_i^3 / A^2)}{(\sum K_i)^3}$

Distribuzione delle pressioni in una sezione trasversale

Come già detto, una delle ipotesi di base nel calcolo del profilo da parte di HEC-RAS è la distribuzione idrostatica delle pressioni. Si può assumere che la pressione sia idrostatica in un fluido in movimento se le linee di corrente sono essenzialmente dritte e parallele. La maggior parte dei canali naturali con moto gradualmente vario rispetta queste condizioni, non rispettate invece nel caso di moto rapidamente vario.

	LINEA MESSINA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
	Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B

Distribuzione delle velocità in senso trasversale alla corrente

La libreria di algoritmi di simulazione idraulica in dotazione al modello HEC-RAS include la possibilità di analizzare la distribuzione delle velocità della corrente all'interno di una stessa sezione trasversale, eliminando la limitazione della teorica del moto unidimensionale che prevede, al contrario, l'imposizione di una unica velocità media caratteristica valida per l'intera sezione di deflusso.

Rispetto ad un vero modello bidimensionale, tale l'algoritmo di calcolo utilizzato da HEC RAS comporta l'accettazione di una serie di semplificazioni, tra cui:

- la quota idrometrica risulterà comunque orizzontale;
- non vengono considerati gli effetti della forza centrifuga.

Vengono invece considerati gli effetti della variazione del raggio idraulico locale, e la differente scabrezza del perimetro bagnato.

Questa tecnica consente di ottenere, con una certa attendibilità specie nei tratti rettilinei, l'andamento della velocità al variare della posizione del punto lungo una direttrice trasversale alla corrente che deve essere intesa come velocità media sulla verticale.

Calcolo dei profili idraulici

Il calcolo dei profili idraulici avviene in due fasi tra loro intimamente collegate: bilancio dell'energia e conseguente calcolo del profilo.

Bilancio dell'energia

La perdita di energia fra due sezioni trasversali, prese perpendicolarmente al flusso, è la base per il calcolo del profilo idraulico. L'energia totale, in termini di altezza, è uguale alla somma dei contributi dovuti alla quota, alla pressione e al termine cinetico. Se θ rappresenta la pendenza del fondo si ha che:

$$E = Z + d \cos \theta + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

Il termine $\cos \theta$ è comunemente assunto uguale a 1 per canali naturali. Si può comprendere come comunque si compia un errore molto basso imponendo questa semplificazione considerando che per una pendenza di fondo di 1:10, molto elevata, $\cos \theta$ è uguale a 0.99. L'errore compiuto in questo caso, definibile estremo, considerandolo uguale a 1 è del 1%, e quindi, nel complesso, trascurabile.

Con riferimento all'equazione dell'energia appena scritta, si può riscriverla nel caso sia applicata tra due sezioni:

$$Z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_e$$

o in altri termini:

$$E_1 = E_2 + h_e$$

L'energia totale nella sezione di monte E_1 è quindi uguale all'energia della sezione di valle E_2 più il termine di perdita di energia h_e . Questa equazione è usata in successione da HEC-RAS spostandosi per passi da una sezione all'altra, calcolando il profilo idraulico.

3.2.1.2 Calcolo del profilo a moto permanente

La determinazione del livello del pelo libero in ogni sezione è computato, nel caso di correnti lente, a partire dalla sezione di valle, risolvendo per via iterativa l'equazione della conservazione dell'energia totale, ossia:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

Dove: Y_1 e Y_2 rappresentano rispettivamente le profondità del pelo libero della sezione di valle e di monte, Z_1 e Z_2 rappresentano rispettivamente le elevazione sul medio mare del fondo del canale della sezione di valle e di

monte, V_1 e V_2 rappresentano rispettivamente le velocità medie nella sezione di valle e di monte, α_1 e α_2 i rispettivi coefficienti di Coriolis, g l'accelerazione di gravità e h_e le perdite di energia tra le due sezioni.

La Figura 2 mostra lo schema del bilancio di energia tra la sezione di valle e quella di monte; nella figura sono indicati i singoli termini di bilancio in accordo all'equazione (1).

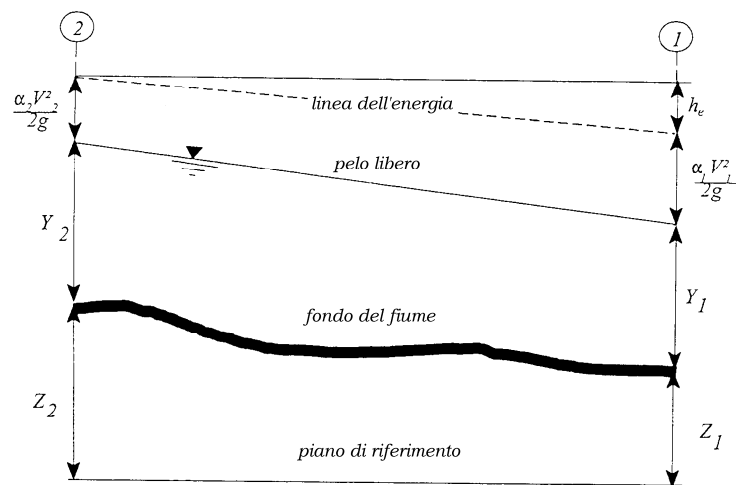


Figura 2 - Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua.

Le perdite di energia compressive h_e tra le due sezioni sono dovute alle perdite continue ed a quelle localizzate dovute a fenomeni di espansione e contrazione della vena fluida; in particolare si ha:

$$h_e = L\bar{J} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove, con L è indicata la distanza tra le due sezioni, con \bar{J} le perdite di carico medie distribuite tra le due sezioni mentre il termine C correla le perdite, dovute all'espansione ed alla contrazione della vena in funzione dell'andamento piano – altimetrico del corso d'acqua, alla differenza dei carichi cinetici delle due sezioni.

Per la valutazione delle perdite di carico è utilizzata la formula di Manning, ossia:

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} \sqrt{J} \quad (3)$$

dove: Q rappresenta la portata, A l'area bagnata, R_H il raggio idraulico, n il coefficiente di scabrezza secondo Manning e J le perdite di energia per unità di lunghezza.

Nel caso di sezioni composte, tipiche dei corsi d'acqua naturali, è necessario suddividere la sezione in parti in modo da trattare separatamente sezioni in cui la velocità media può essere ritenuta, ai fini pratici, costante (Figura 3).

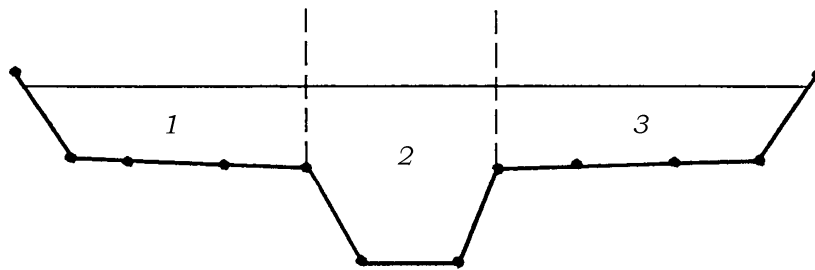


Figura 3 - Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.

Con riferimento alla Figura 3 chiamato con $K_i = Q_i / \sqrt{J}$ la capacità di portata di ogni singola parte i -esima in cui è stata suddivisa la sezione, si ha, in accordo alla formula di Manning:

$$K_i = \frac{1}{n_i} A_i R_{h,i}^{2/3} \quad (4)$$

Calcolata la capacità di portata per ogni singola parte in cui è stata suddivisa la sezione, la perdita di carico per unità di lunghezza J risulta pari a:

$$J = \left(\frac{Q}{\sum_i K_i} \right)^2 \quad (5)$$

Questo risultato può essere facilmente ricavato osservando che, per la costanza di J , la portata di ogni singola area $Q_i = K_i \sqrt{J}$ è proporzionale al rispettivo coefficiente di portata e che la portata totale vale $Q = \sum_i Q_i$.

Calcolata la perdita di carico in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2 la pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni è fornita dalla seguente equazione:

	LINEA MESSINA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
	Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B

$$\bar{J} = \frac{J_1 + J_2}{2} \quad (6)$$

Calcolata la capacità di portata di ogni singola sezione, è possibile, da queste, valutare il coefficiente di Coriolis. Questo coefficiente è pari al rapporto tra l'energia cinetica reale della corrente, proporzionale a $\sum_i Q_i^3 / A_i^2$, e l'energia cinetica calcolata facendo uso del valore medio della velocità, proporzionale a Q^3 / A^2 .

Esprese le portate delle singole parti i-esime in funzione del rispettivo coefficiente di portata si perviene con qualche semplice passaggio alla seguente espressione:

$$\alpha = \left(\sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2} \right) \frac{\left(\sum_i A_i \right)^2}{\left(\sum_i K_i \right)^3} \quad (7)$$

dal cui calcolo è possibile ottenere α , il coefficiente di Coriolis.

Calcolate tramite le rispettive equazioni le perdite di energia h_e ed il coefficiente di Coriolis α la (1), associata all'equazione di continuità, permette di calcolare la quota del pelo libero, $Y_2 + Z_2$, nella sezione di monte a partire dal valore dell'energia totale, $Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g$, noto in corrispondenza della sezione di valle.

Essendo la (1) un'equazione non lineare, la soluzione è ottenuta con ciclo iterativo, a partire da una soluzione iniziale, approssimata, di primo tentativo.

3.2.1.3 Equazione della conservazione della quantità di moto

L'equazione della conservazione dell'energia totale (1) ha validità solo nel caso di correnti variabili lentamente all'interno del ramo in esame. In particolare essa è stata applicata nel caso di corrente ovunque subcritiche o supercritiche. Qualora all'interno di un ramo si verificasse il passaggio da corrente lenta a veloce si è utilizzata l'equazione della conservazione del momento.

Applicando la seconda legge di Newton $\sum F_x = ma$, con x la direzione del moto, ad un elemento di fluido tra due sezioni 1-2, fig. 4, per equilibrio si ottiene:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (8)$$

dove:

P_i , risultante della pressione idrostatica;

W_x , componente della forza peso nella direzione del moto;

F_f , forza d'attrito tra le due sezioni;

Q , portata complessiva;

ρ , densità del fluido;

ΔV_x , variazione della velocità tra le due sezioni.

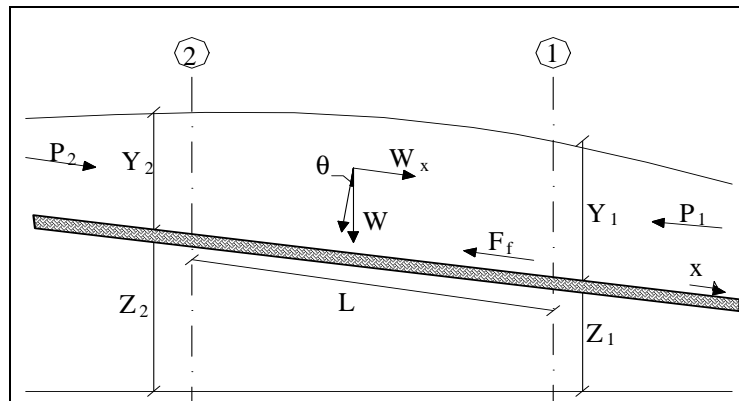


Figura 4 – Schema di calcolo

La risultante della pressione idrostatica per pendenze dell'ordine di 1 a 10 è valutabile come

$$P = \gamma \bar{A} \bar{Y} \cos \theta \cong \gamma \bar{A} \bar{Y} \quad (9)$$

potendo porre, per le pendenze in esame, $\cos \theta = 1$.

Nella relazione (9) γ corrisponde al peso specifico del fluido, A l'area della sezione ed \bar{Y} l'altezza del pelo libero nel baricentro della sezione.

La componente della forza peso, noto il peso specifico del fluido, la lunghezza L del tronco e l'area totale di fluido presente, è stata valutata nel modo seguente:

$$W = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \Rightarrow W_x = W \cdot \sin\theta \quad (10)$$

La forza d'attrito F_f è funzione delle caratteristiche del fluido come la densità dell'acqua, l'azione tangenziale che si esplica sul letto del fiume e la cadente piezometrica J .

In particolare, scriviamo:

$$F_f = \tau PL$$

$$\tau = \gamma R J \Rightarrow F_f = \gamma \frac{A}{P} J PL = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot JL \quad (11)$$

dove P ed R sono rispettivamente il perimetro bagnato ed il raggio idraulico della sezione.

La soluzione dell'equazione (8) è stata fatta per iterazioni successive.

Le equazioni (1) e (8) sono state applicate anche alle sezioni caratterizzate dalla presenza di un ponte. E' stato sufficiente suddividere il tratto interessato in più sezioni e ripetere per la successione di esse l'analisi svolta per il tratto delimitato da sole due sezioni.

Prendendo un tratto caratterizzato dalla presenza di un ponte, fig. 5 e fig. 6, si evidenziano 3 zone:

- una zona di contrazione in cui arriva la corrente;
- una zona intermedia interessata dalla presenza del ponte;
- una zona di espansione in cui esce la corrente.

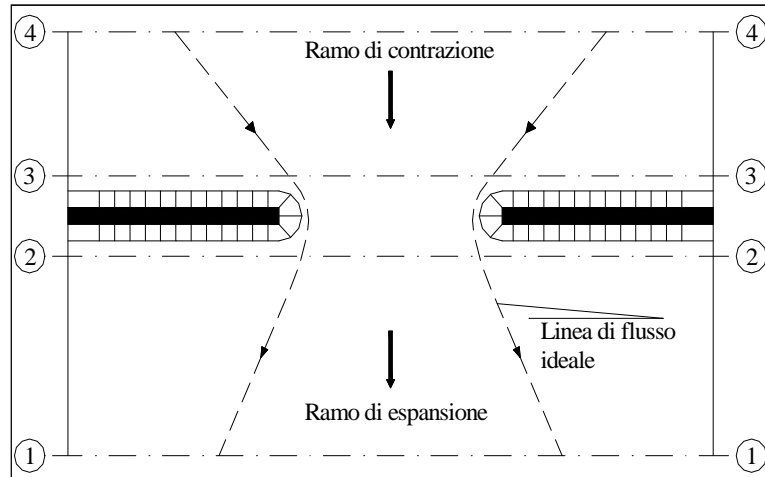


Figura 5 – Pianta schematica di un attraversamento fluviale

L'applicazione dell'equazione della conservazione del momento tra le sezioni 1-2 e 3-4 è del tutto analoga alla situazione vista in precedenza mentre la presenza del ponte comporta termini nuovi nella valutazione dell'equilibrio tra le sezioni 2-BD (Step 1), BD-BU (Step 2) ed BU-3 (Step 3).

Step 1; definendo con A_{pi} l'area ostruita ed con Y_{pi} la distanza verticale che intercorre tra il baricentro delle pile e la superficie libera WS nella zona di valle, l'espressione del bilancio è stata scritta come

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{g A_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} = \frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 Y_2 - A_{P_{BD}} Y_{P_{BD}} + F_f - W_x$$

Step 2 ; equilibrio tra BU e BD

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{g A_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} + F_f - W_x = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{g A_{BU}} + A_{BU} Y_{BU}$$

Step 3 ; equilibrio tra BU e 3

$$\frac{Q_3^2 \beta_3}{g A_3} + A_3 Y_3 = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{g A_{BU}} + A_{BU} Y_{BU} - A_{P_{BU}} Y_{P_{BU}} + F_f - W_x + \frac{1}{2} C_D \frac{A_{P_{BU}} Q_3^2}{g A_3^2}$$

con C_D coefficiente di resistenza idrodinamica intorno alla pila ricavabile dalla tab. 2 in funzione del tipo di pila presente.

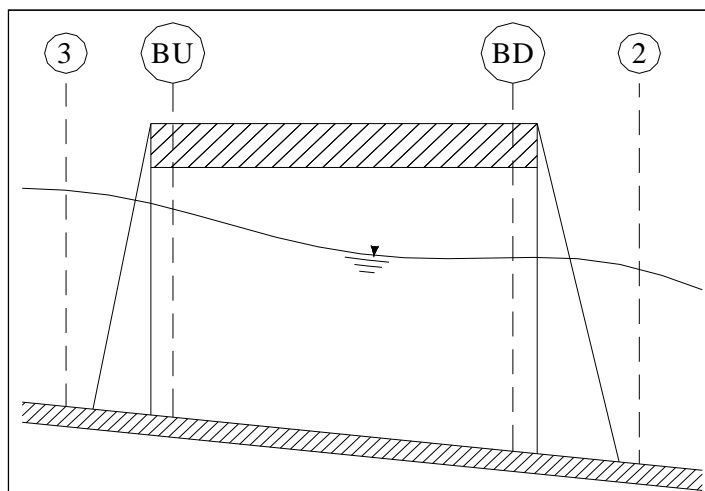


Figura 6 – Sezione schematica di un attraversamento fluviale

TIPO DI PILA	C_D
Pila circolare	1.2
Pila allungata con punta semicircolare	1.33
Pila ellittica con rapporto assi 2 :1	0.6
Pila ellittica con rapporto assi 4 :1	0.32
Pila ellittica con rapporto assi 8 :1	0.29
Pila rettangolare	2.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 30^\circ$	1.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 60^\circ$	1.39
Pila triangolare con apertura $\alpha = 90^\circ$	1.60
Pila triangolare con apertura $\alpha = 120^\circ$	1.72

 Tabella 2 – Coefficiente di resistenza idrodinamico C_D
 Schema di calcolo

3.2.1.4 Calcolo del rigurgito dovuto ai tombini/ponticelli

L'analisi del deflusso attraverso un tombino si basa sul concetto di controllo all'imbocco o allo sbocco.

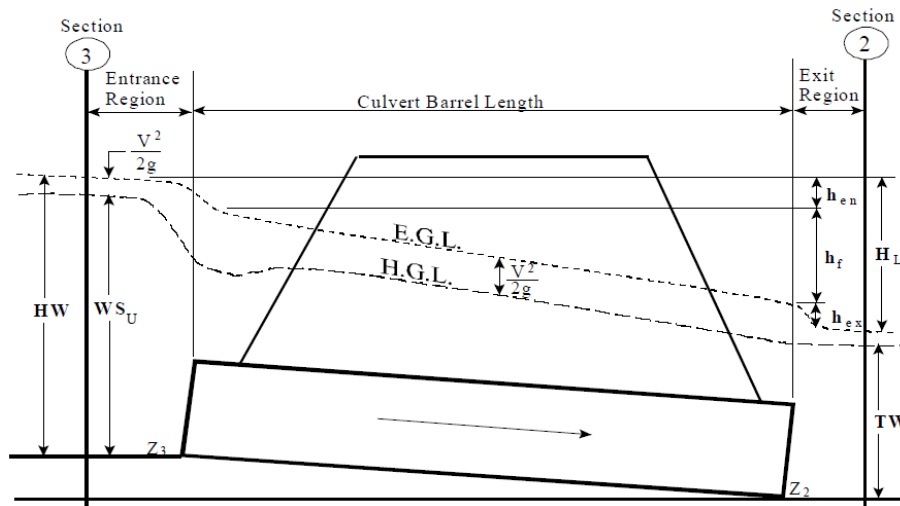


Figura 7 – Schema idraulico tombino/ponticello.

Il deflusso secondo il controllo all'imbocco si verifica quando la capacità di deflusso all'entrata del tombino è inferiore a quella interna. La sezione di controllo è collocata subito a valle dell'imbocco della struttura. L'altezza d'acqua passa per il livello critico e il regime di deflusso risulta essere rapido. L'energia richiesta a monte viene calcolata assumendo che l'imbocco del tombino agisca come uno stramazzo; di conseguenza il profilo che si ottiene secondo tale approccio dipende principalmente dalla geometria dell'entrata.

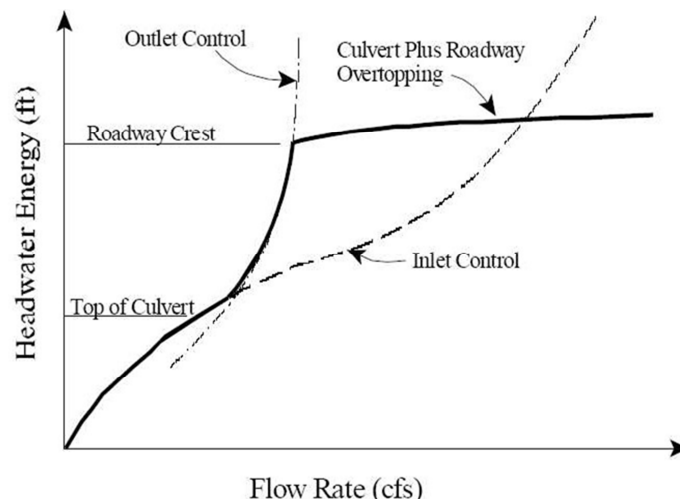


Figura 8 – Diagramma di funzionamento del tombino/ponticello.

Il deflusso secondo il controllo allo sbocco si verifica quando la capacità di deflusso viene limitata dalle condizioni che si instaurano a valle o dalle caratteristiche geometriche della struttura. In linea generale il livello di energia

determinato a monte controlla il tipo di deflusso nel tombino, data la portata a monte e il livello a valle. Per il controllo allo sbocco l'energia di monte viene calcolata effettuando un bilancio di energia dalla sezione di valle a quella di monte. Il modulo considera le perdite di ingresso, quelle di uscita e quelle per attrito all'interno della struttura.

Calcolo del livello all'imbocco

Per quanto riguarda il controllo all'imbocco, la capacità della struttura è limitata dall'apertura del tombino, piuttosto che dalle condizioni che si instaurano a valle. Per il calcolo del livello vengono utilizzate le equazioni ricavate dal National Bureau of Standards e pubblicate nel "Hydraulic Design of Highway Culverts" (FHWA, 1985). Le equazioni sono:

Deflusso libero:

$$\frac{HW_i}{D} = \frac{H_c}{D} + K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M - 0.5S$$

$$\frac{HW_i}{D} = K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M$$

Deflusso rigurgitato:

$$\frac{HW_i}{D} = c \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y - 0.5S$$

Dove: HW_i livello dell'energia all'imbocco

D altezza interna del tombino

H_c altezza critica

Q portata

A area della sezione interna del tombino

S pendenza

K, M, c, Y costanti variabili con la geometria e le condizioni di ingresso.

Calcolo del livello allo sbocco

Per il controllo allo sbocco l'energia richiesta a monte per consentire il deflusso deve essere computata considerando diverse condizioni nel tombino e a valle di esso. Hec-Ras usa l'equazione di Bernoulli per effettuare tale calcolo:

$$Z_3 + Y_3 + \frac{\alpha_3 V_3^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + H_L$$

- dove: Y_3, Y_2 tirante d'acqua nelle sezioni di monte e di valle;
 Z_3, Z_2 quota del fondo del tombino a monte e a valle;
 α_3, α_2 coefficiente di Coriolis nella sezione 1 e 2;
 g accelerazione di gravità;
 H_L perdita di carico attraverso il tombino.

Equazioni per il deflusso in pressione

Nel caso in cui si verifichi moto in pressione all'interno del tombino, la perdita totale di energia viene calcolata seconda la:

$$HL = h_{en} + h_f + h_{ex}$$

- Dove: h_{en} perdite in entrata
 h_f perdite per attrito
 h_{ex} perdite in uscita.

Le perdite per attrito vengono considerate mediante la formulazione di Manning:

$$h_f = L \left(\frac{Qn}{1.486AR^{3/2}} \right)^2$$

- Dove: h_f perdite per attrito

- L lunghezza del tombino
- Q portata
- n coefficiente di scabrezza di Manning
- A area della sezione di flusso
- R raggio idraulico.

Perdite in entrata e uscita

Le perdite di ingresso sono calcolate come frazione del carico cinetico a monte, e analogamente per quelle di uscita, secondo il carico cinetico di valle. Tali coefficienti dipendono fortemente dalla geometria che caratterizza l'imbocco e lo sbocco dell'opera.

3.3 VERIFICA IDRAULICA OPERE

Le simulazioni numeriche sono state condotte utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente che fornisce una adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Per la determinazione dei profili idrici nei corsi d'acqua sia nella situazione attuale, sia di progetto e per i diversi tempi di ritorno considerati è stato utilizzato il codice denominato HEC – RAS 4.1.0 River Analysis System del gennaio 2010, sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers.

Si riportano nei seguenti paragrafi le caratteristiche dei parametri implementati nei modelli numerici dei vari corsi d'acqua.

3.3.1 Geometria degli alvei

I modelli matematici sono stati sviluppati riproducendo la geometria degli alvei naturali mediante l'implementazione delle sezioni trasversali dei corsi d'acqua, ricavate utilizzando il rilievo celerimetrico di campagna e rilievo topografico realizzato con tecnica LIDAR dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, reperito dagli scriventi.

Tale rilievo, che permette di descrivere con altissima precisione e copertura spaziale le caratteristiche dell'area di indagine e delle aree limitrofe, consente l'applicazione della modellistica matematica e la successiva mappatura delle aree a rischio di allagamento. I dati grezzi sono trattati, mediante opportune procedure di classificazione ed

	LINEA MESSINA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
	Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B

analisi, per distinguere i punti “ground” (terreno) da quelli “over ground” (vegetazione, edifici, ecc.) e ricostruire così i modelli digitali del terreno (TIN) dell’area di indagine.

Per i corsi d’acqua per i quali non era disponibile la copertura LIDAR, la geometria dell’asta fluviale e le sezioni trasversali sono state ricavate a partire dalla cartografia in scala 1:5000 e 1:1000.

Ulteriori informazioni sono state reperite mediante specifici sopralluoghi, effettuati in data 26.03.14 e 27.03.14, nel corso dei quali sono state acquisite informazioni sullo stato degli alvei nell’area di studio e sulla geometria degli attraversamenti esistenti. Nelle pagine seguenti si riportano alcune delle foto effettuate durante i sopralluoghi.

In seguito alla campagna di rilievi celerimetrici di campo, le simulazioni idrauliche sono state elaborate in relazione alle effettive geometrie dei corsi d’acqua analizzati e delle opere interferite.

I corsi d’acqua oggetto di studio sono tutti a regime torrentizio caratterizzati da una notevole variazione delle portate nel corso dell’anno. Ovviamente la concomitanza di piene stagionali e di velocità elevate è legata ad una azione erosiva, viceversa nel periodo di magra si verificano fenomeni di sedimentazione.

3.3.2 Portate di progetto

Per ogni manufatto è stata utilizzata la portata di progetto determinata con la metodologia descritta nell’elaborato RS2S00D 78 R II D0001 001 B “*Relazione idrologica*” alla quale si rimanda, relativamente ad un tempo di ritorno di 200 o 300 anni a seconda dell’estensione del bacino sotteso.

3.3.3 Taratura dei modelli

Come per ogni modello matematico, anche nel caso del modello monodimensionale HEC-RAS la taratura ricopre un aspetto particolarmente delicato.

Il modello dovrebbe cioè essere tarato e validato prima di essere usato a scopo revisionale. In questo caso la taratura del modello numerico consiste nella valutazione dei coefficienti di scabrezza da adottare nelle differenti sezioni.

Tale operazione è caratterizzata da un notevole grado di incertezza dal momento che questi parametri presentano un ampio spettro di valori in dipendenza dello stato dell’alveo, dal grado di manutenzione e pulizia detto stesso, dalla presenza e dal tipo di vegetazione, dai cicli stagionali, dalla granulometria del fondo, ecc.



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	34 di 115

La relazione di piano del PAI della Sicilia per il bacino idrografico del torrente Fiumedinisi riporta una tabella riepilogativa (Chow, 1959) per la scelta del coefficiente di Manning in funzione delle condizioni dell'alveo (Tabella 3).

Nella valutazione dei coefficienti di scabrezza occorre tener presente che questi sono comunque suscettibili di modificazioni per tenere conto degli effetti dissipativi legati a:

- perdite localizzate prodotte dall'interazione della corrente con irregolarità geometriche come presenza di ostacoli di vario genere, espansioni brusche, incisioni nelle golene, brusche variazioni di larghezza;
- perdite energetiche dovute alla modificazione del fondo dell'alveo, alla risospensione e trasporto solido, allo sradicamento e al trasporto di materiale vegetale.

Si preferisce dunque optare per dei coefficienti di scabrezza che tengano mediamente conto (vista la grande variabilità dei parametri) delle condizioni ambientali e restino moderatamente a favore di sicurezza.

A. CORSI D'ACQUA NATURALI <i>Corsi d'acqua minori (tirante inferiore a 3,5m)</i>			
1. Corsi d'acqua di pianura			
a. Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati	0.025	0.030	0.033
b. Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati, con sassi e sterpaglia	0.030	0.035	0.040
c. Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi	0.033	0.040	0.045
d. Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, con cespugli e pietre	0.035	0.045	0.050
e. Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, in magra	0.040	0.048	0.055
f. Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, con cespugli e più pietrame	0.045	0.050	0.060
g. Tratti lenti, sterpaglia e buche profonde	0.050	0.070	0.080
h. Tratti molto erbosi, buche profonde e grossi arbusti e cespugli	0.070	0.100	0.150
2. Aree golenali			
a. A pascolo senza vegetazione arbustiva	0.025	0.030	0.050
b. Aree coltivate	0.020	0.035	0.050
c. Con vegetazione arbustiva spontanea	0.035	0.070	0.160
d. Con vegetazione arborea coltivata	0.030	0.060	0.120
3. Corsi d'acqua montani, senza vegetazione in alveo, sponde ripide alberi e cespugli lungo le sponde sommergibili durante le piene			
a. Fondo: ghiaia, ciottoli e massi sparsi	0.030	0.040	0.050
b. Fondo: ciottoli e massi grossi	0.040	0.050	0.070
B. CANALI ARTIFICIALI			
1. Canali in terra lisciata ed uniforme			
a. Puliti, scavata di recente	0.016	0.018	0.020
b. Puliti, dopo prolungata esposizione	0.018	0.022	0.025
c. Ghiaia, sezione uniforme, pulita	0.022	0.025	0.030
d. Erba corta, pochi cespugli	0.022	0.027	0.033
2. Canali in terra con ondulazioni o irregolari			
a. Senza vegetazione	0.023	0.025	0.030
b. Con erba e pochi cespugli	0.025	0.030	0.033
c. Cespugli o piante acquatiche in canali profondi	0.030	0.035	0.040
d. Fondo in terra e sponde in pietrisco	0.028	0.030	0.035
e. Fondo in pietrame e sponde in cespugli	0.025	0.035	0.040
f. Fondo in ciottoli e sponde pulite	0.030	0.040	0.050
3. Canali scavati o dragati			
a. Senza vegetazione	0.025	0.028	0.033
b. Cespugli sparsi sulle sponde	0.035	0.050	0.060
4. Canali in roccia			
a. Lisci ed uniformi	0.025	0.035	0.040
b. Frastagliati ed irregolari	0.035	0.040	0.050
5. Canali senza manutenzione, sterpaglia e cespugli			
a. Sterpaglia densa, alta quanto il tirante idrico	0.040	0.050	0.080
b. Fondo pulito cespugli sulle sponde	0.045	0.070	0.110
c. Fondo pulito, cespugli sulle sponde, in piena	0.050	0.080	0.120
d. Cespugli densi ed acque profonde	0.080	0.100	0.140

Tabella 3 - Tabella riepilogativa per la scelta del coefficiente di Manning (Chow, 1959).

	LINEA MESSINA-CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B	FOGLIO 36 di 115

3.3.4 Rappresentazione dei risultati delle simulazioni numeriche

Per ogni corso d'acqua i risultati delle simulazioni sono riassunti in una tabella contenente:

- sezione di riferimento (*River station*);
- tempo di ritorno (*Profile*);
- portata ($Q\ Total - m^3/s$);
- distanza parziale tra le sezioni in asse (*Length Chanel- m*);
- quota assoluta del punto più depresso della sezione (*Min Ch El – m s.m.m.*);
- quota assoluta del pelo libero (*W.S. Elev - m s.m.m.*);
- quota assoluta del livello critico (*Crit W.S. - m s.m.m.*);
- quota assoluta del livello energetico (*E.G. Elev - m s.m.m.*);
- cadente energetica (*E.G. Slope – m/m*);
- velocità media nel canale (*Vel Chnl – m/s*);
- area della sezione fluida (*Flow area – m²*);
- larghezza del pelo libero (*Top Width - m*);
- numero di Froude (*Froude Channel*);
- tensione di trascinamento (*Shear Total – N/ m²*);
- contorno bagnato (*W.P. Total - m*).

In accordo con il manuale di progettazione Italferr la verifica idraulica degli attraversamenti maggiori prevede:

- la verifica del franco di progetto, il valore minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena deve essere pari a 0.50 m e comunque non inferiore ad 1.5 m sul livello idrico;
- ogni tipo di manufatto idraulico deve essere verificato utilizzando un diverso tempo di ritorno sulla base dell'estensione del bacino. Per bacini con una superficie inferiore ai 10 km² la verifica deve essere condotta per una portata associata ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, per quelli con un'estensione superiore ai 10 km² per un tempo di ritorno pari a 300 anni.

In accordo con le norme NTC e relativa circolare applicativa la verifica idraulica degli attraversamenti maggiori prevede:

- la verifica del franco di progetto non inferiore ad 1.5 m sul livello idrico corrispondente alla piena con T_R 200 anni;

- scavalco completo dell'alveo attivo;
- la verifica che il dislivello tra fondo e sottotrave dell'opera sia non inferiore a 6÷7 m, qualora sussista il rischio di trasporto di alberi d'alto fusto.

In relazione al manuale di progettazione opere civili Italferr, la verifica idraulica degli attraversamenti minori prevede:

- Utilizzo tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1,5 m, tombini scatoari in c.a. con dimensione minima 2,0 m;
- Tombini in affiancamento massimo 2;
- Pendenza longitudinale del fondo dell'opera non inferiore al 2‰;
- Grado di riempimento, della sezione totale, non superiore al 70% della sezione totale, valutato per la portata massima di piena.

3.3.5 Tombini scatoari e Ponticelli

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geometriche dei manufatti di attraversamento della linea ferroviaria relativi alla Fase 01, su cui verrà eseguita la verifica idraulica in moto permanente.

Lotto 01

Sezione calcolo idraulico ID	Progressiva da profilo di progetto Pk	Corso d'acqua	Tipologia Manufatto	Larghezza [m]	Altezza [m]
6 bis	4+750	Reticolo minore Dx Fiume Alcantara	Tombino esistente e fosso Zona FA04	3,00	2,00
7	5+450	Vallone Beatrice	Tombino	8,00	3,00
16	13+700	Vallone Sant'Antonio	Ponticello	17,40	7,35
17 bis	1+350	Reticolo minore diretto a mare	Tombino Interconnessione Letojanni	4,00	2,00

Tabella 4 - Caratteristiche geometriche dei manufatti di attraversamento della linea ferroviaria.

	LINEA MESSINA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
	Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B

Tale tabella contiene l'identificativo, la progressiva chilometrica da profilo di progetto, la tipologia di manufatto e le dimensioni interne di progetto del manufatto.

Per ogni manufatto è stata utilizzata la portata di progetto determinata con la metodologia descritta nell'elaborato RS2S00D78RIID0001001B "Relazione idrologica" alla quale si rimanda, relativamente ad un tempo di ritorno di 200 o 300 anni a seconda dell'estensione del bacino sotteso.

Sezione calcolo idraulico ID	Progressiva da profilo di progetto Pk	Corso d'acqua	Tipologia Manufatto	Portata di piena Q [mc/s]	Tempo di Ritorno Tr [anni]
6 bis	4+750	Reticolo minore Dx Fiume Alcantara	Fosso e tombino esistente	28,98	200
7	5+450	Vallone Beatrice	Tombino	38,54	200
16	13+700	Vallone Sant'Antonio	Ponticello	80,68	200
17 bis	1+350	Reticolo minore diretto a mare	Tombino	14,19	200

Tabella 5 – Portate di progetto per la verifica degli attraversamenti minori.

3.3.5.1 Tombino esistente e Fosso zona FA04 alla Pk 4 + 750

Nei paragrafi seguenti, per i singoli interventi si riporta una descrizione delle opere in progetto ed i principali risultati della modellazione.

Nell'elaborato grafico RS2S01D78PZID0002001B - *Pianta, profilo e sezioni fosso zona FA04 Pk. 4+750* - è riportato lo stralcio planimetrico dell'intervento con l'ubicazione delle sezioni di calcolo idraulico ed il profilo dell'attraversamento.

	LINEA MESSINA-CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B	FOGLIO 39 di 115

La geometria del modello di calcolo per lo stato post operam è stata implementata con 11 sezioni trasversali, appositamente posizionate in corrispondenza di punti di particolare interesse lungo il corso d'acqua, a monte/valle degli attraversamenti ferroviari e stradali e in zone ritenute critiche sulla base dei sopralluoghi effettuati.

I dati topografici delle sezioni trasversali d'alveo sono stati estratti dalla restituzione dei dati celerimetrici rilevati in campo integrati; per le parti non rilevate, dai dati LIDAR della cartografia tecnica regionale. Per le aree in cui non si sono effettuati rilievi celerimetrici si è utilizzata la cartografia scala 1:5.000 e 1:1.000 resa disponibile da Italferr, integrandola con i dati LIDAR della cartografia tecnica regionale.

I manufatti sono stati rappresentati nell'ambito del modello con strutture di tipo "Culvert" secondo la forma geometrica effettiva di progetto o rilevata in campo per i manufatti esistenti.

Si rimanda all'appendice per la visione del profilo longitudinale e delle sezioni trasversali con i livelli idrici ed altezze critiche ed agli elaborati grafici allegati al progetto ed alla relazione sulle opere minori ferroviarie per maggiori dettagli costruttivi.

Nel caso in esame risultava necessario indagare sulla possibilità che le aree di sedime su cui insediare i manufatti e tutte le sistemazioni dei muri di contenimento o rilevati stradali potessero essere soggette ad allagamenti o esondazioni in concomitanza di eventi di piena del reticolo idraulico presente in sinistra idraulica.

Ciò anche perché tale vallone nel tratto a valle attraversa la viabilità esistente tramite un tombino esistente delle dimensioni di 3,00 x 2,00 m. Tale zona risulta essere soggetta ad allagamenti e segnalazioni come sito di attenzione idraulico nel PAI. Pertanto pur essendo il tombino a valle e molto distante dalle opere in progetto, lo studio delle aree di esondazione si è spinto a valle, del tombino stesso, per capire le possibili interferenze con le opere in progetto.

Sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- le condizioni imposte, oltre al valore di portata a monte, sono state l'altezza critica (Critical Depth) sia nella sezione di valle che in quella di monte. Le simulazioni numeriche, quindi, sono state condotte in condizione di "mixed flow".
- Coefficiente di Manning's $n=0.04 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ per l'alveo inciso e $n=0.07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ per le aree golenali mentre per le opere con rivestimento in calcestruzzo è stato adottato il valore di $0.015 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$.

Nella tabella seguente si riportano i risultati della simulazione per la portata in progetto.

Le opere previste in progetto per il fabbricato FA04, compreso quelle di contenimento dei piazzali, sono tutte al di fuori dell'area esondabile del vallone, come evidenziato nella planimetria di esondazione riportata negli elaborati grafici.

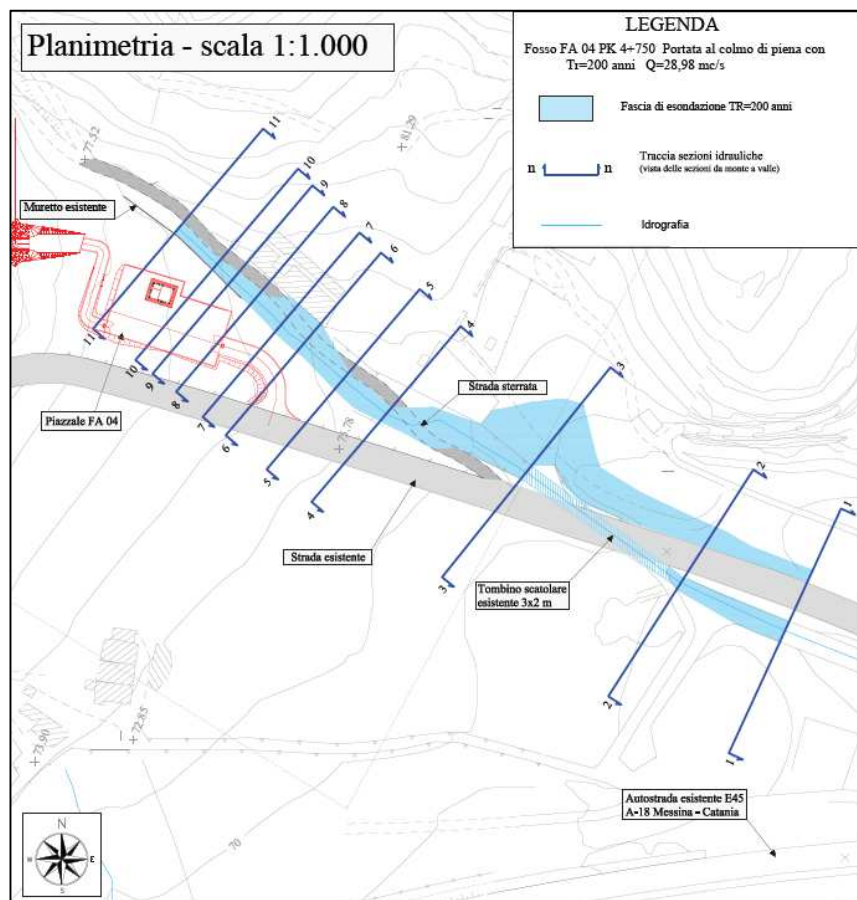


Figura 9 - Stralcio planimetrico del tombino esistente e del fosso nella zona FA04 alla Pk 4 + 750

Dall'analisi dei tabulati e dalle evidenze del piano di esondazione risulta che la presenza del tombino crea un rigurgito a monte per un tratto di circa 60 m con una fuoruscita ed esondazione dall'alveo in sinistra idraulica. La vena fluente in sinistra, in occasione di eventi di piena duecentennali, scorre fino a lambire il rilevato stradale, più in basso, per poi interessare l'esistente reticolo a valle.

Si evidenzia che le opere in progetto, posizionate a distanza sul lato di monte, non sono interessate dal rigurgito della corrente di piena per effetto del tombino esistente né influenzano o esercitano parte attiva nel generare il rigurgito.

River	Q Total	Length Chanel	Min Ch El	W.S. Elev.	Crit. W.S.	Tirante	E.G. Slope	Vel Chnl	Froude # Chl
Station	(Portata)	(Parziale)	(Q.ta fondo)	(Pelo libero)	(Quota altezza critica)	(Tirante Idrico)	(Pend. Energia)	(Velocità)	(n° Froude)
(Sezione)	[m ³ /s]	[m]	[m.s.m.]	[m.s.m.]	[m.s.m.]	[m]	[m/m]	[m/s]	
11	28,98	19,57	74,36	76,19	76,19	1,83	0,014571	3,15	0,92
10	28,98	8,13	73,44	74,72	75,18	1,28	0,054863	5,17	1,68
9	28,98	11,05	73,00	74,06	74,51	1,06	0,067621	5,45	1,85
8	28,98	13,66	72,75	73,89	74,20	1,14	0,039472	4,32	1,45
7	28,98	11,02	72,55	73,74	73,87	1,19	0,024253	3,43	1,17
6	28,98	19,76	72,25	73,13	73,37	0,88	0,060738	3,88	1,72
5	28,98	20,56	70,69	71,55	71,93	0,86	0,060797	4,68	1,79
4	28,98	56,44	69,43	70,44	70,78	1,01	0,052288	4,54	1,68
3	28,98	70,67	67,59	71,01	69,61	3,42	0,001327	1,22	0,25
2	28,98	42,63	63,15	65,11	65,11	1,96	0,025790	4,03	1,00
1	28,98		61,10	63,29	63,65	2,19	0,048207	4,73	1,50

Tabella 6- Risultati della simulazione idraulica post-operam; fosso zona FA04 alla Pk 4 + 750

3.3.5.2 Tombino sul Vallone Beatrice alla Pk 5+450

Nei paragrafi seguenti, per i singoli interventi si riporta una descrizione delle opere in progetto ed i principali risultati della modellazione.

Nell'elaborato grafico RS2S01D78PZID0002002B - Pianta, profilo e sezioni Vallone Beatrice Pk 5+450 - è riportato lo stralcio planimetrico dell'intervento con l'ubicazione delle sezioni di calcolo idraulico ed il profilo dell'attraversamento.

La geometria del modello di calcolo per lo stato post operam è stata implementata con 16 sezioni trasversali, appositamente posizionate in corrispondenza di punti di particolare interesse lungo il corso d'acqua, a monte/valle degli attraversamenti ferroviari e stradali e in zone ritenute critiche sulla base dei sopralluoghi effettuati.

I dati topografici delle sezioni trasversali d'alveo sono stati estratti dalla restituzione dei dati celerimetrici rilevati in campo integrati; per le parti non rilevate, dai dati LIDAR della cartografia tecnica regionale. Per le aree in cui

non si sono effettuati rilievi celerimetrici si è utilizzata la cartografia scala 1:5.000 e 1:1.000 resa disponibile da Italferr, integrandola con i dati LIDAR della cartografia tecnica regionale.

I manufatti sono stati rappresentati nell’ambito del modello con strutture di tipo “Culvert” secondo la forma geometrica effettiva di progetto o rilevata in campo per i manufatti esistenti.

Si rimanda all'appendice per la visione del profilo longitudinale e delle sezioni trasversali con i livelli idrici ed altezze critiche ed agli elaborati grafici allegati al progetto ed alla relazione sulle opere minori ferroviarie per maggiori dettagli costruttivi.

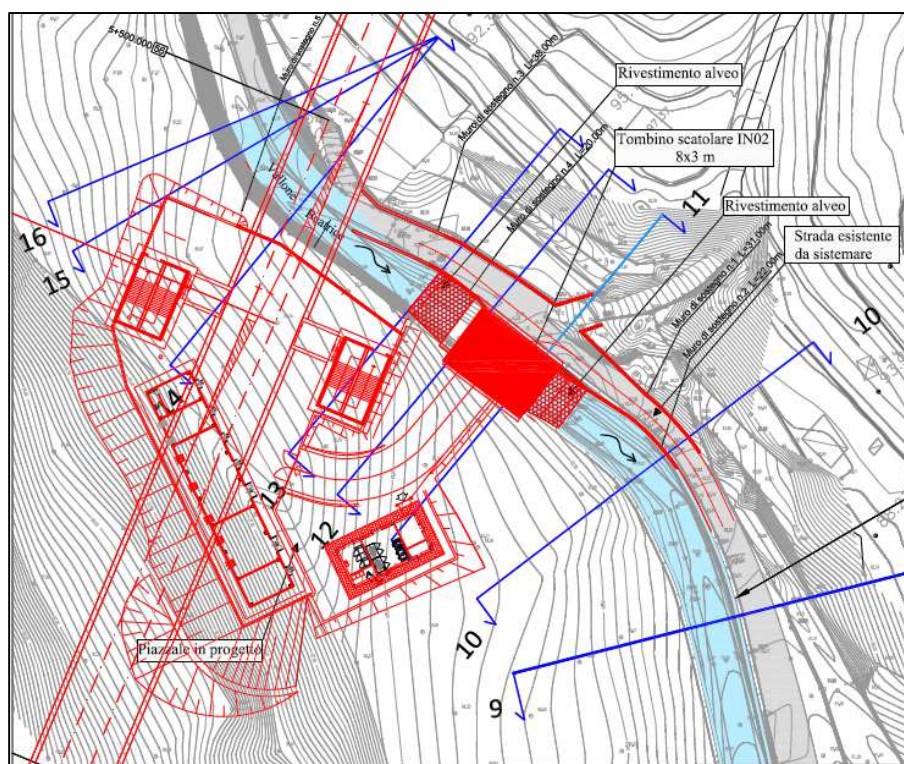


Figura 10 - Stralcio planimetrico del ponticello sul Vallone Beatrice alla Pk 5+450

La soluzione in progetto prevede:

- Taglione di monte in gabbioni metallici 8.00x1.00m sp=1.00m;
- Riprofilatura alveo per un tratto a monte di lunghezza m 8,00;
- Protezione tratto riprofilato con materassi tipo Reno, spessore 50 cm, larghezza 8,00 m;
- Realizzazione tombino con luce netta m 8.00;
- Riprofilatura alveo per un tratto a valle della lunghezza di 5,00 m;



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	43 di 115

- Protezione tratto riprofilato con materassi tipo Reno, spessore 50 cm, larghezza 8,00 m;
- Taglione di valle in gabbioni metallici 8.00x1.00m sp=1.00m;

Sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- le condizioni imposte, oltre al valore di portata a monte, sono state l'altezza critica (Critical Depth) sia nella sezione di valle che in quella di monte. Le simulazioni numeriche, quindi, sono state condotte in condizione di "mixed flow".
- Coefficiente di Manning's $n=0.04 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ per l'alveo inciso e $n=0.07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ per le aree golenali mentre per le opere con rivestimento in calcestruzzo è stato adottato il valore di $0.015 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$.

Nel tratto in esame il Vallone Beatrice scorre all'interno di un alveo, con sezione a forma trapezia con larghezza alla base 7,0 m e 8,00 m in testa, confinato sia in destra che in sinistra entro due muri esistenti. La corrente scorre in condizioni di moto critico nelle condizioni ante operam con tendenza a divenire veloce. Nella condizione post operam, vengono rialzati i muri esistenti in sinistra, per potere innalzare il profilo asse strada e consentire l'inserimento del tombino con altezza almeno pari a tre metri. Nelle condizioni post-operam l'inserimento del tombino determina un breve tratto di rigurgito a monte, con corrente lenta, un passaggio dallo stato critico e successivamente un tratto a corrente veloce all'interno del tombino che ritorna ad essere critica nelle sezioni di valle n°10 per rimanere veloce nel tratto a valle.

Il tombino è ubicato tra le sezioni 12 e 11 ed ha una larghezza di 8,00 m ed una altezza minima di 3.00 m. All'interno della canna del manufatto si stabilisce un tirante idrico decrescente da $h = 2,12 \text{ m}$, nella sezione 12 a monte, al valore $h = 1,55 \text{ m}$, a valle nella sez.11, che determina un grado di riempimento del 70% sulla faccia di monte e del 51% a valle.

La verifica relativa alla sezione del ponticello risulta soddisfatta essendo il grado di riempimento $h/H \leq 70\%$ mentre la velocità massima che si istaura nell'opera è pari a 2.80 m/s.

Vallone Beatrice

River	Q Total	Length Chanel	Min Ch El	W.S. Elev.	Crit. W.S.	Tirante	E.G. Slope	Vel Chnl	Froude # Chl
Station	(Portata)	(Parziale)	(Q.ta fondo)	(Pelo libero)	(Quota altezza critica)	(Tirante Idrico)	(Pend. Energia)	(Velocità)	(n° Froude)
(Sezione)	[m ³ /s]	[m]	[m.s.m.]	[m.s.m.]	[m.s.m.]	[m]	[m/m]	[m/s]	
16	38,54	3,96	81,75	83,45	83,45	1,70	0,017806	3,42	1,00
15	38,54	11,32	81,65	83,09	83,28	1,44	0,030619	4,05	1,29
14	38,54	21,32	80,96	82,49	82,76	1,53	0,040902	4,47	1,44
13	38,54	9,04	80,25	82,18	82,18	1,93	0,020368	3,84	1,00
12	38,54	9,97	80,00	82,12	81,23	2,12	0,003983	2,02	0,44
11	38,54	21,32	79,75	81,28		1,53	0,010535	2,80	0,72
10	38,54	24,35	78,80	80,62	80,62	1,82	0,019511	3,78	1,01
9	38,54	52,82	78,45	80,02	80,08	1,57	0,023176	3,98	1,08
8	38,54	12,21	77,16	78,90	78,92	1,74	0,022566	3,76	1,01
7	38,54	12,91	76,77	78,06	78,48	1,29	0,043313	4,75	1,43
6	38,54	0,20	75,48	76,60	77,13	1,12	0,077977	5,96	1,95
5	38,54	31,36	75,44	76,39	76,97	0,95	0,095498	6,24	2,10
4	38,54	9,86	74,04	75,37	75,60	1,33	0,034520	4,50	1,30
3	38,54	10,67	73,68	74,92	75,21	1,24	0,038746	4,66	1,37
2	38,54	36,74	73,35	74,77	74,89	1,42	0,026128	4,08	1,14
1	38,54		72,62	74,17	74,17	1,55	0,019668	3,61	1,00

Tabella 7- Risultati della simulazione idraulica post-operam; Vallone Beatrice alla Pk 5+450

3.3.5.3 Ponte sul Vallone Sant'Antonio – Zona Taormina alla Pk 13+700

Nei paragrafi seguenti, per i singoli interventi si riporta una descrizione delle opere in progetto ed i principali risultati della modellazione.

Nell'elaborato grafico RS2S01D78PZID0002006B - Pianta, profilo e sezioni Ponticello Vallone Sant'Antonio Zona Taormina Pk. 13+700 - è riportato lo stralcio planimetrico dell'intervento con l'ubicazione delle sezioni di calcolo idraulico ed il profilo dell'attraversamento.

I dati topografici delle sezioni trasversali d'alveo sono stati estratti dalla restituzione dei dati celerimetrici rilevati in campo integrati; per le parti non rilevate, dai dati LIDAR della cartografia tecnica regionale. Per le aree in cui non

si sono effettuati rilievi celerimetrici si è utilizzata la cartografia scala 1:5.000 e 1:1.000 resa disponibile da Italferr, integrandola con i con i dati LIDAR della cartografia tecnica regionale.

La geometria del modello di calcolo per lo stato post operam è stata implementata con 28 sezioni trasversali, appositamente posizionate in corrispondenza di punti di particolare interesse lungo il corso d’acqua, a monte/valle degli attraversamenti ferroviari e stradali e in zone ritenute critiche sulla base dei sopralluoghi effettuati.

I manufatti sono stati rappresentati nell’ambito del modello con strutture di tipo “Bridge” secondo la forma geometrica effettiva di progetto o rilevata in campo per i manufatti esistenti.

Si rimanda all'appendice per la visione del profilo longitudinale e delle sezioni trasversali con i livelli idrici ed altezze critiche ed agli elaborati grafici allegati al progetto ed alla relazione sulle opere minori ferroviarie per maggiori dettagli costruttivi.

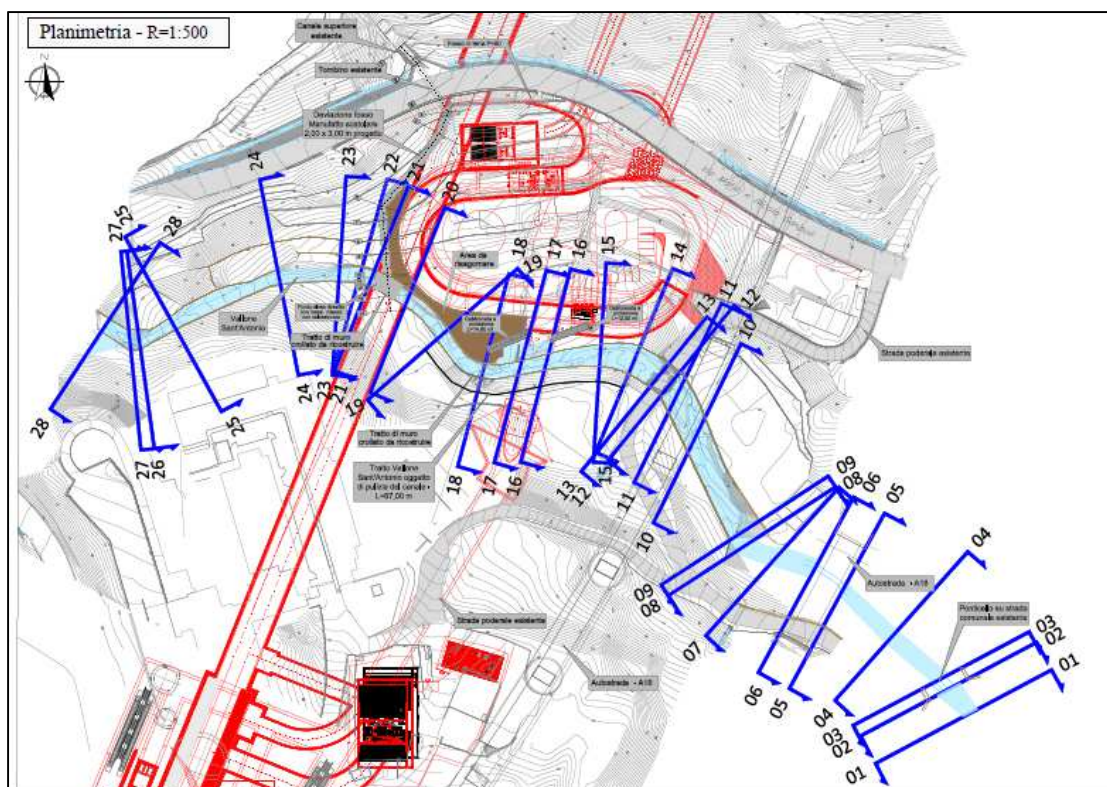


Figura 11 - Stralcio planimetrico del ponticello sul Vallone San’Antonio alla Pk 13+700



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	46 di 115

La soluzione in progetto prevede:

Nella zona a monte

- La deviazione di un fosso, appartenente al reticolo idraulico minore in sinistra del vallone Sant'Antonio, che a causa della sua giacitura su di un versante a forte pendenza verrà sostituito con un canale di dimensioni 2,00 x 3,00m, ad andamento altimetrico costituito da tratti rettilinee a pendenza di circa 1% e salti ad altezza variabile, il tutto per una lunghezza di circa 60 m;
- Protezione del fondo alveo, nello sbocco del canale in progetto su vallone Sant'Antonio, con massi intasati con calcestruzzo di diametro $D=400$ mm e peso 90 Kg, per una lunghezza di circa m 8,00 ed una larghezza del fondo alveo di circa 5,00 m per una profondità di circa 1,20 m;
- La ricostruzione di un muro in cemento armato in destra idraulica.

Nella zona del ponticello attraversamento pedonale

- La risagomatura in sinistra idraulica di un tratto lungo il nuovo canale ed il vallone Sant'Antonio di lunghezza circa m 70,00;
- La realizzazione di un ponticello con luce m 18,00 m e quota intradosso trave a 40,81 m s.m.m.;
- La protezione della spalla in sinistra idraulica al vallone Sant'Antonio del nuovo ponticello, con un ordine di gabbioni avente lunghezza di circa 15 a monte della spalla e 12,5 m a valle;
- La pulitura di tutto il fondo alveo del canale, di tutti i materiali di deposito e solidi grossolani ivi accumulatisi nel tempo.

Sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- le condizioni imposte, oltre al valore di portata a monte, sono state l'altezza critica (Critical Depth) sia nella sezione di valle che in quella di monte. Le simulazioni numeriche, quindi, sono state condotte in condizione di "mixed flow".
- Coefficiente di Manning's $n=0.04$ m^{-1/3}/s per l'alveo inciso e $n=0.07$ m^{-1/3}/s per le aree golenali.

I manufatti di attraversamento fluviale presenti lungo il tratto d'asta indagato e considerate nelle simulazioni sono:

- Il ponticello sulla strada poderale esistente subito a valle, tra le sezioni 13 e 12;
- I due ponti dell'autostrada A18 (corsia Messina – Catania, sezioni 11-10, corsia Catania-Messina sezioni 6-5);
- il ponte sulla strada comunale esistente.

Nella tabella seguente si riportano i risultati della simulazione per la portata in progetto.

<i>Tempo di Ritorno</i>	<i>Portata Piena</i>	<i>Quota fondo alveo</i>	<i>Livello idrico</i>	<i>Livello energetico</i>	<i>Quota intradosso</i>	<i>Luce Libera sottotrave-fondo</i>	<i>Franco sul livello idrico</i>	<i>Franco sul livello energetico</i>
<i>Tr</i>	<i>Q</i>	<i>Min Ch El</i>	<i>W.S. Elev.</i>	<i>EG Elev</i>				
<i>(anni)</i>	<i>(m³/s)</i>	<i>(m.s.m.m)</i>	<i>(m.s.m.m)</i>	<i>(m.s.m.m)</i>	<i>(m.s.m.m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>
200	80,68	33,46	36,07	38,00	40,81	7,35	4,74	2,81

Tabella 8 - Tabella riepilogativa dei risultati delle simulazioni del Vallone Sant'Antonio POST OPERAM

La verifica idraulica evidenzia come l'opera in progetto soddisfi i requisiti sia delle prescrizioni ferroviarie, sia della circolare NTC 2008 relativamente ai criteri generali e le indicazioni tecniche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari.

La verifica del franco sul livello idrico, pari a 4,74 m, evidenzia infatti sia il superamento della prescrizione ferroviaria pari a 1,50 m, sia quella di 1,50÷2,00 m prevista dalle NTC. La verifica del franco sul carico totale, pari a 2,81 m, soddisfa il requisito delle prescrizioni tecniche ferroviarie imposto pari ad almeno 0,50 m.

Infine l'opera è stata progettata al fine di assicurare una luce libera tra sottotrave del manufatto e fondo alveo, pari a 7,35 m, superiore al valore di 6÷7 m previsto dalle NTC.

3.3.5.4 Tombino scatolare Interconnessione Letojanni

Nei paragrafi seguenti, per i singoli interventi si riporta una descrizione delle opere in progetto ed i principali risultati della modellazione.

Nell’elaborato grafico *RS2S01D78PZID0002007B - Pianta, profilo e sezioni Tombino Interconnessione Letojanni PK 1+350* - è riportato lo stralcio planimetrico dell’intervento con l’ubicazione delle sezioni di calcolo idraulico ed il profilo dell’attraversamento.

La geometria del modello di calcolo per lo stato post operam è stata implementata con 19 sezioni trasversali, appositamente posizionate in corrispondenza di punti di particolare interesse lungo il corso d’acqua, a monte/valle degli attraversamenti ferroviari e stradali e in zone ritenute critiche sulla base dei sopralluoghi effettuati.

I dati topografici delle sezioni trasversali d’alveo sono stati estratti dalla restituzione dei dati celerimetrici rilevati in campo integrati; per le parti non rilevate, dai dati LIDAR della cartografia tecnica regionale. Per le aree in cui non si sono effettuati rilievi celerimetrici si è utilizzata la cartografia scala 1:5.000 e 1:1.000 resa disponibile da Italferr, integrandola con i dati LIDAR della cartografia tecnica regionale.

I manufatti sono stati rappresentati nell’ambito del modello con strutture di tipo “Culvert” secondo la forma geometrica effettiva di progetto o rilevata in campo per i manufatti esistenti.

Si rimanda all'appendice per la visione del profilo longitudinale e delle sezioni trasversali con i livelli idrici ed altezze critiche ed agli elaborati grafici allegati al progetto ed alla relazione sulle opere minori ferroviarie per maggiori dettagli costruttivi.

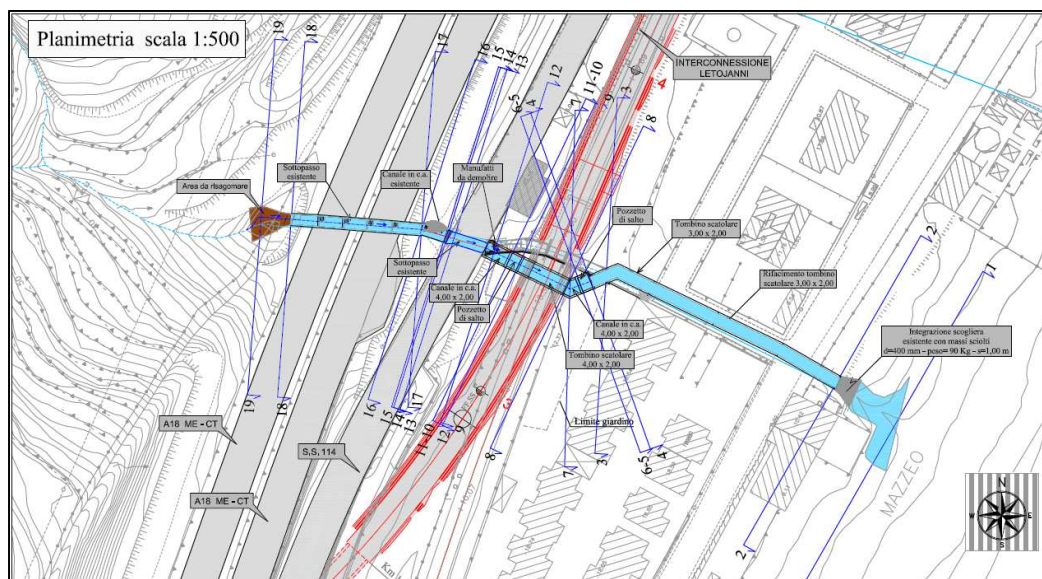


Figura 12 - Stralcio planimetrico del tombino sulla interconnessione Letojanni alla Pk 1+350

	LINEA MESSINA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
	Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B

La soluzione in progetto prevede:

- La risagomatura dell'area d'imbocco del tombino per consentire la raccolta delle acque meteoriche provenienti dal reticolo idrografico, nel tratto compreso tra le sezioni idrauliche 18 e 19;
- La realizzazione di un canale aperto in cemento armato delle dimensioni di m 4,00 per 2,00 compreso tra le sezioni 9 e 12;
- La realizzazione di un tombino scatolare a spinta in cemento armato delle dimensioni di m 4,00 per 2,00 compreso tra le sezioni 8 e 9;
- La realizzazione di un canale aperto in cemento armato delle dimensioni di m 4,00 per 2,00 compreso tra le sezioni 4 e 8;
- Il rifacimento di un canale scatolare in cemento armato delle dimensioni di m 3,00 per 2,00 compreso tra le sezioni 2 e 4;
- La risagomatura e protezione dello sbocco con una platea in massi sciolti delle dimensioni medie di 400 mm e peso 90 Kg.

Sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- le condizioni imposte, oltre al valore di portata a monte, sono state l'altezza critica (Critical Depth) sia nella sezione di valle che in quella di monte. Le simulazioni numeriche, quindi, sono state condotte in condizione di "mixed flow".
- Coefficiente di Manning's $n=0.014 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ per l'intero canale.

Nella tabella seguente si riportano i risultati della simulazione per la portata in progetto.

Tutti i canali aperti o chiusi previsti in progetto, come anche il tombino ferroviario hanno altezza utile di 2,00 m.

Nel tabulato, di seguito allegato, per tutti i tratti in progetto, dalla sezione 12, a monte, fino alla sezione 2, lato mare, vengono riportati i tiranti ed il grado di riempimento.

Il valore massimo di riempimento pari al 54,5% si verifica nello sbocco dello scatolare alla sez.2, mentre all'imbocco, nella sezione 3, si verifica un grado di riempimento del 33,5%. Nelle sezioni 9 ed 8 del tombino scatolare si verificano gradi di riempimento rispettivamente di 19,50% e 26,50%.

Essendo il grado di riempimento $Gr(\%) = h/H \leq 70\%$, per tutto il canale, compreso il tombino scatolare, la verifica idraulica si ritiene soddisfatta.

Tombino Interconnessione

River	Q Total	Length Chanel	Min Ch El	W.S. Elev.	Crit. W.S.	Tirante	GR %	Vel Chnl	Froude # Chl
Station	(Portata)	(Parziale)	(Q.ta fondo)	(Pelo libero)	(Quota altezza critica)	(Tirante Idrico)	(Grado di riempimento)	(Velocità)	(n° Froude)
(Sezione)	[m ³ /s]	[m]	[m.s.m.]	[m.s.m.]	[m.s.m.]	[m]	[%]	[m/s]	
19	14,19	8,45	24,00	25,34	25,34	1,34		2,74	1,00
18	14,19	36,72	22,59	23,30	23,89	0,71		6,56	2,49
17	14,19	0,01	15,42	16,72	16,72	1,30		3,57	1,00
16	14,19	6,90	13,27	15,67	15,67	2,40		3,55	1,00
15	14,19	0,60	13,10	13,77	14,41	0,67		6,72	2,68
14	14,19	1,90	11,67	12,16	12,87	0,49		8,57	4,00
13	14,19	11,95	11,80	12,36	13,08	0,56		8,09	3,44
12	14,19	4,75	11,13	12,21	12,21	1,08	54,00%	3,27	1,00
11	14,19	0,01	10,98	12,06	12,06	1,08	54,00%	3,27	1,00
10	14,19	3,00	7,19	7,56	8,27	0,37	18,50%	9,54	5,00
9	14,19	14,87	7,17	7,56	8,25	0,39	19,50%	9,19	4,72
8	14,19	0,94	7,09	7,62	8,17	0,53	26,50%	6,69	2,93
7	14,19	3,15	7,08	7,61	8,16	0,53	26,50%	6,65	2,91
6	14,19	0,01	7,06	7,61	8,14	0,55	27,50%	6,48	2,80
5	14,19	3,00	4,53	4,90	5,61	0,37	18,50%	9,50	4,96
4	14,19	4,67	4,51	4,90	5,59	0,39	19,50%	9,15	4,70
3	14,19	71,19	4,47	5,14	5,78	0,67	33,50%	7,06	2,75
2	14,19	20,12	4,07	5,16	5,38	1,09	54,50%	4,33	1,32
1	14,19		4,00	4,45	4,51	0,45		5,16	3,52

Tabella 9 - Risultati della simulazione idraulica post-operam; Interconnessione alla Pk 1+350

3.3.6 Verifiche rivestimenti con materassi reno e gabbioni

Tutte le inalveazioni di progetto saranno rivestite con gabbioni metallici e materassi tipo “Reno”; dalle verifiche idrauliche mostrate nei paragrafi precedenti, è evidente che il valore massimo di velocità è pari a 3.84 m/s.

Prove di laboratorio mostrano che i rivestimenti in materassi tipo “Reno” dello spessore di 30 cm e riempimento con pezzatura variabile tra i 70-120 mm presentano una velocità critica (primo movimento) di 4.2 m/s e una velocità limite (massima deformazione) pari a 5.5 m/s; se invece si adotta una pezzatura variabile tra 100-150 mm si possono raggiungere velocità critiche (primo movimento) di 5,0 m/s e velocità limite (massima deformazione) di 6,4 m/s.

I gabbioni, invece, dello spessore di 50 cm e riempimento con pezzatura variabile tra i 100-200 mm presentano una velocità critica (primo movimento) di 5.8 m/s e una velocità limite (massima deformazione) pari a 7.6 m/s ; se invece si adotta una pezzatura variabile tra 120-250 mm si possono raggiungere velocità critiche (primo movimento) di 6,4 m/s e velocità limite (massima deformazione) di 8,0 m/s.

Type	Thickness (m)	Filling stones		Critical velocity (*)	Limit velocity (*)
		stone size	d ₅₀		
Reno mattress	0,15-0,17	70-100	0.085	3.5	4.2
		70-150	0.110	4.2	4.5
	0,23-0,25	70-100	0.085	3.6	5.5
		70-150	0.120	4.5	6.1
	0,30	70-120	0.100	4.2	5.5
		100-150	0.125	5.0	6.4
Gabions	0,50	100-200	0.150	5.8	7.6
		120-250	0.190	6.4	8.0

3.4 METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME

Il dimensionamento idraulico degli attraversamenti minori viene eseguito utilizzando le usuali formule dell'idraulica. Per la verifica dei manufatti in progetto si fa riferimento alla formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \Omega \cdot R_H^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

dove:

Q : portata in m^3/s ;

n : coefficiente di scabrezza secondo Manning; $c = 1/n$ coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler;

R_H : raggio idraulico;

i : pendenza del corso d'acqua;

Ω : sezione bagnata.

Il valore del coefficiente di scabrezza per le strutture in calcestruzzo viene assunto pari a $0,015 m^{-1/3}/s^{-1}$ ($c = 70 m^{1/3}/s^1$) e debitamente aumentato in caso di forte deterioramento interno del manufatto fino ad un valore pari a $0,02857 m^{-1/3}/s^{-1}$ ($c = 35 m^{1/3}/s^1$).

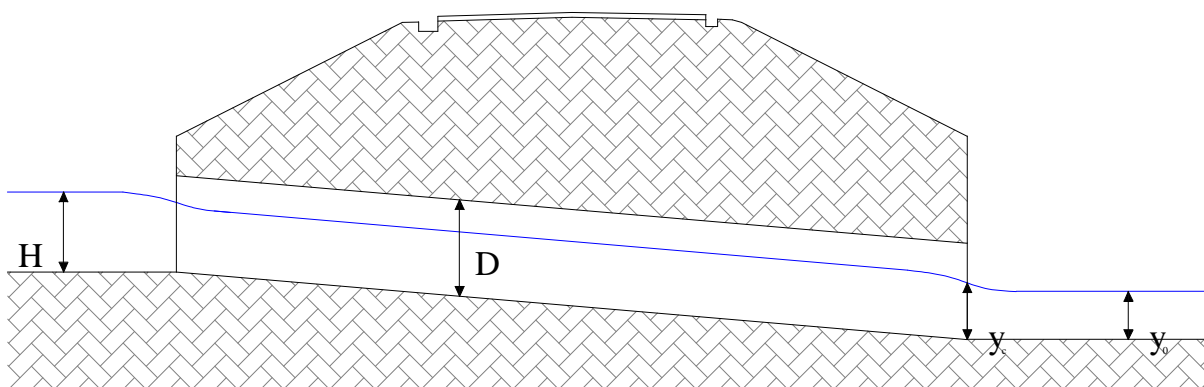


Figura 13 – Schema profilo longitudinale tombino/ponticello.

Il manufatto idraulico risulta verificato secondo le prescrizioni del Manuale di Progettazione se $\frac{y_m}{D} \leq 70\%$, con D altezza del tombino.

Alcuni corsi d'acqua minori non hanno la possibilità di attraversare la rete ferroviaria in quanto non c'è sufficiente spazio per la realizzazione di un attraversamento. Pertanto si è ritenuto opportuno realizzare dei fossi di guardia paralleli al tracciato ferroviario al fine di scaricare le portate nell'attraversamento più vicino.

Tali fossi di guardia sono a forma trapezia con i lati di pendenza 1:1.

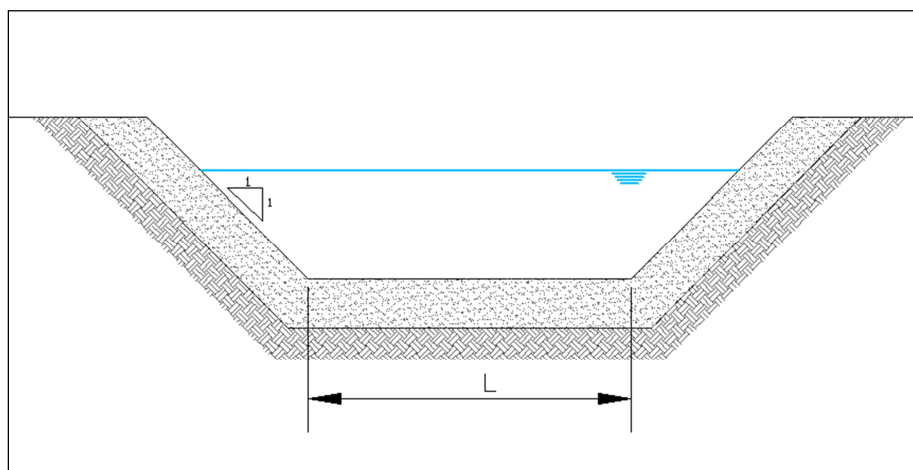


Figura 14 – Schema sezione fosso di guardia.

Il valore del coefficiente di scabrezza per i fossi in terra viene assunto pari a $0,030 - 0,035 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}^{-1}$ ($c = 35-28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}^1$), mentre nel caso di fossi rivestiti si assume un valore pari a $0,028-0,033 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}^{-1}$ ($c = 30-35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}^1$) per materassi tipo Reno e pietrame e $0,014-0,013 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}^{-1}$ ($c = 70-75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}^1$) per rivestimento in calcestruzzo.

Il fosso risulta verificato secondo le prescrizioni del Manuale di Progettazione se il grado di riempimento della

sezione di deflusso risulta non superiore del 70% ($\frac{y_m}{H} \leq 70\%$, con H altezza della sezione del fosso).

3.4.1 VERIFICHE IDRAULICHE

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geometriche dei manufatti di attraversamento della linea ferroviaria e degli spostamenti di fossi o nuovi canali, relativi alla Fase 01, su cui verrà eseguita la verifica idraulica a moto uniforme.

Moto Uniforme fase 01

Sezione calcolo idraulico ID	Progressiva da profilo di progetto Pk	Corso d'acqua	Tipologia Manufatto	Larghezza [m]	Altezza [m]
8	6+350	Reticolo minore Dx Fiume Alcantara	Fosso - n°2 Tombini Asse 1	4,00; 6,00	2,00; 2,00
8 bis	6+350	Reticolo minore Dx Fiume Alcantara	Fosso - n°2 Tombini Asse 2	3,00; 3,00	3,00; 2,00
8 ter	6+350	Reticolo minore Dx Fiume Alcantara	Tombini n° 2	2,00; 3,00	3,00; 2,00
10	6+623	Reticolo minore Sx Fiume Alcantara	Fosso e N° 2 Tombini zona trappitello	2,00	2,00
10 bis	6+623	Reticolo minore Sx Fiume Alcantara		2,00	2,00
15	13+300	Reticolo in DX Vallone Sant'Antonio	Canale in C.A.	5,00	2,00
16 bis	13+700	Reticolo in SX Vallone Sant'Antonio	Dev. Fosso ; canale in C.A.	2,00	3,00

Tabella 10 - Caratteristiche geometriche dei manufatti di attraversamento della linea ferroviaria.

Tale tabella contiene l'identificativo, la progressiva chilometrica da profilo di progetto, la tipologia di manufatto e le dimensioni interne di progetto del manufatto.

Per ogni manufatto è stata utilizzata la portata di progetto determinata con la metodologia descritta nell'elaborato RS2S 00 R 11 RI ID0001 001 B "Relazione idrologica" alla quale si rimanda, relativamente ad un tempo di ritorno di 200 o 300 anni a seconda dell'estensione del bacino sotteso.

Sezione calcolo idraulico ID	Progressiva da profilo di progetto Pk	Corso d'acqua	Tipologia Manufatto	Portata di piena Q [mc/s]	Tempo di Ritorno Tr [anni]
8	6+350	Reticolo minore Dx Fiume Alcantara	Fosso e tombino	13,52	200
8 bis	6+350	Reticolo minore Dx Fiume Alcantara	Fosso e tombino	7,47	200
8 ter	6+350	Reticolo minore Dx Fiume Alcantara	Tombini	10,45	200
10	6+623	Reticolo minore Sx Fiume Alcantara	Fosso e tombini	10,56	200
10 bis	6+623	Reticolo minore Sx Fiume Alcantara	Fosso e tombini	7,75	200
15	13+300	Reticolo in DX Vallone Sant'Antonio	Canale in C.A.	32,83	200
16 bis	13+700	Reticolo in SX Vallone Sant'Antonio	Canala in C.A:	4,34	200

Tabella 11 – Portate di progetto per la verifica degli attraversamenti minori .

3.4.2 Intervento sul reticolo minore in dx del Fiume Alcantara alla Pk 6+350

Nell’elaborato grafico *RS2S 01 D 78 PZ ID0002 003 B - Deviazione incisioni Destra Idraulica Viadotto Alcantara Pk. 6+350* - è riportato lo stralcio planimetrico dell’intervento in progetto con il profilo dell’attraversamento e gli elementi geometrici per la definizione delle sezioni di calcolo idraulico.

I dati topografici delle sezioni trasversali d’alveo sono stati estratti dalla restituzione dei dati celerimetrici rilevati in campo integrati, per le parti non rilevate, dai dati LIDAR della cartografia tecnica regionale. Per le aree in cui non si sono effettuati rilievi celerimetrici si è utilizzata la cartografia scala 1:5.000 e 1:1.000 resa disponibile da Italferr, integrandola con i dati LIDAR della cartografia tecnica regionale.

Nei pressi dell’imbocco della Galleria Calatabiano alla progressiva 6+350 l’asse ferroviario e le opere connesse interferiscono con il reticolo idrografico in destra al fiume Alcantara. In particolare per la realizzazione della galleria Calatabiano si ha la necessità di intervenire sulla viabilità stradale esistente (SP91) con l’opera “NI 13” variante alla SP 91 al Km 6+346.448 BP, gli interventi in progetto interferiscono in tre distinti punti con il reticolo idrografico in destra al fiume Alcantara, inoltre la linea ferroviaria stessa alla progressiva 6+459, interferisce con il reticolo idrografico. Tali interferenze, sono state risolte progettando un sistema di tombini scatoari e canali a cielo aperto che fanno confluire le acque di versante a valle delle opere in progetto, nel retico idrografico esistente, ristabilendo il normale deflusso delle acque. Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico con l’indicazione delle interferenze:

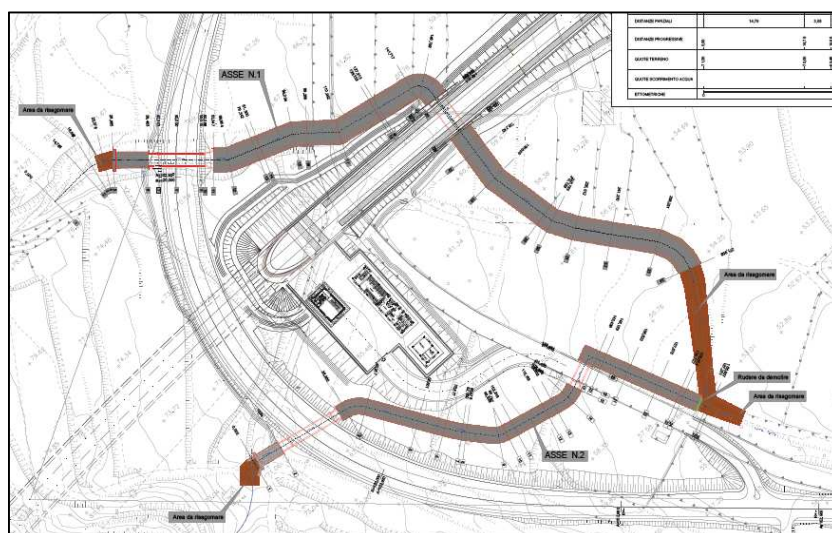


Figura 15 - Stralcio planimetrico interventi sul reticolo minore in dx del Fiume Alcantara alla Pk 6+350



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	57 di 115

La soluzione in progetto prevede :

Asse 1

- Risagomatura area imbocco a monte dalla sezione 3 alla sezione 5;
- Ammorsamento del canale di imbocco con taglione in gabbioni metallici dello spessore 1,00 m per tutta la sezione;
- Canale imbocco con gabbioni e materasso tipo reno, per una lunghezza di circa 12,60 m ed una larghezza di circa 6,00 m dalla sezione 5 alla sezione 6;
- Tombino scatolare (dalla sez.6 alla sez.10) in cemento armato 4,00x 2,00 m con pendenza 1,00% e lunghezza della canna centrale 17,09 m, con pozzetto di monte in c.a. delle dimensioni di 4,00m per 4,00m ;
- Canale in gabbioni e materasso tipo reno avente sezione di larghezza 6,00m altezza 2,00m con profilo altimetrico costituita da spezzate a pendenza diversa, variabile da 0,78% al 2,88%, con salti intermedi, per una lunghezza di circa 94 m, dalla sezione 10 alla sezione 23;
- Tombino scatolare in cemento armato 6,00x 2,00 m con pendenza 0,54% e lunghezza 15,20 m dalla sezione 23 alla sezione 26;
- Canale con sponde in gabbioni (dalla sez.26 alla sez.34) e fondo alveo rivestito con materasso tipo reno, avente sezione di larghezza interna 6,00m, altezza 2,00m con pendenza unica dell' 1,89% ,per una lunghezza complessiva di circa 102,25 m. Per la tratta di canale in progetto, viene previsto, ad intervalli regolari, l'inserimento di soglie di fondo per ammorsamento del rivestimento, costituito da gabbioni metallici dello spessore 1,00 per tutta la sezione;
- Risagomatura area sbocco per una estensione di m 50 per una larghezza di m 6,70.

Asse 2

- Risagomatura area imbocco;
- Ammorsamento del canale di imbocco con taglione in gabbioni metallici dello spessore 1,00 m per tutta la sezione;
- Canale imbocco con gabbioni e materasso tipo reno, per una lunghezza di circa 10,94 m ed una larghezza di circa 6,00 m dalla sezione 1 alla sezione 2;
- Tombino scatolare (dalla sezione 2 alla sezione 3) in cemento armato 3,00x 3,00 m con pendenza 2,00% e lunghezza di circa m 20,00 m, con pozzetto di monte in c.a. delle dimensioni di 4,00m per 3,00m ;

- Canale in gabbioni e materasso tipo reno avente sezione di larghezza 3,00m altezza 2,00m con profilo altimetrico costituito da spezzate a pendenza diversa, variabile da 2,00% al 2,84%, con salti intermedi, per una lunghezza di circa 93 m, dalla sezione 3 alla sezione 15;
- Tombino scatolare in cemento armato 3,00x 2,00 m con pendenza 0,61% e lunghezza 9,68 m, dalla sezione 15 alla sezione 18;
- Canale con sponde in gabbioni e fondo alveo rivestito con materasso tipo reno (dalla sez.18 alla sez.25), avente sezione di larghezza interna 3,00m, altezza 2,00 m con pendenza unica dell'0,61% , per una lunghezza complessiva di circa 50 m. Per la tratta di canale in progetto, viene previsto, ad intervalli regolari, l'inserimento di soglie di fondo per ammorsamento del rivestimento, costituito da gabbioni metallici dello spessore 1,00 per tutta la sezione;
- Risagomatura area sbocco per una estensione di m 16,00 per una larghezza di m 7,00.

Tombino idraulico 3,00x2,00 - NI13 PK 0+490

- Tombino scatolare in cemento armato 3,00x 2,00 m con pendenza 1,70% con lunghezza della canna interna 12,60 m e pozzetto di monte in cemento armato delle dimensioni di 2,50 x 3,00 m;
- Pozzetto di salto in cemento armato delle dimensioni 2,50 x 3,00 m;
- Tombino scatolare in cemento armato 3,00x 2,00 m con pendenza 1,23% e lunghezza 13,75 m;
- Sistemazione area di sbocco con materasso tipo reno e ammorsamenti con gabbioni metallici dello spessore 1,00 m per tutta la larghezza.

Nei tabulati di verifica di seguito allegati sono riportate :

- sigla del tombino e progressiva in asse;
- la portata Q di calcolo interessata dal tombino;
- la larghezza, altezza e angolo della sponda sulla verticale del canale o diametro nel caso di tombino circolare;
- il coefficiente di scabrezza secondo Glauckler-Strickler utilizzato nella verifica;
- la pendenza longitudinale del tratto i %;
- la portata massima Q_{max} che attraversa il tombino con la pendenza i % ed riempimento al 100%;
- il tirante idrico h e la velocità V della corrente idrica di portata pari a quella di calcolo Q;
- il grado di riempimento della sezione complessiva della sezione espresso in percento di tirante sul totale.



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	59 di 115

Per tutti i manufatti dell'asse 1 e dell'asse 2 vengono riportati i tiranti idraulici ed i relativi gradi di riempimento.

Per l'asse 1 il maggiore tirante, pari a 0,92 m, si verifica nella tratta dalla sezione 17 alla sezione 22, che determina un grado di riempimento massimo del 46,04%, mentre nei tombini scatolari si verifica un tirante di 0,73 m ed un grado di riempimento del 36,60% nel tombino in attraversamento della Sp 91 ed un tirante di 0,66 m con grado di riempimento del 32,99% nel tombino sotto il rilevato ferroviario.

Per l'asse 2 il maggiore tirante, pari a 1,20 m, si verifica nella tratta dalla sezione 18 alla sezione 25, che determina un grado di riempimento massimo del 59,76 %, mentre nei tombini scatolari si verifica un tirante di 0,49 m ed un grado di riempimento del 16,30% nel tombino sotto la Sp 91 in variante, ed un tirante di 0,73 m con grado di riempimento del 36,56% nel tombino sotto il relitto della ex Sp 91 esistente.

Nel tombino idraulico denominato NI13 PK 0+490 si stabilisce un tirante idrico $h = 0,65$ m, che determina un grado di riempimento del 32,38% nel tratto sotto la Sp 91, ed un tirante idrico di 0,72 cm, che determina un grado di riempimento del 36,19% sotto la viabilità secondaria.

La verifica di tutti i tratti in progetto dell'asse 1 asse 2 e del tombino di monte risulta soddisfatta essendo il grado di riempimento $h/H \leq 70\%$ con velocità massime pari a 5.00 m/s.

Per i tratti in gabbioni e materassi le velocità massime risultano inferiori ai limiti mostrati nel paragrafo precedente.



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	60 di 115

SISTEMAZIONE FOSSI - TOMBINI IN DX ALCANTARA ALLA PK 6+350

Nome-Progressiva	Sezione Portate di verifica mc/sec	Larghez. Base B cm	Altezza A cm	Angolo Sponda B gradi	Scabr. c m ^{1/3} /sec	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tirante h cm	Grado Riempim. h/A %
							Qmax mc/sec	Q mc/sec			

Asse 1

Canale in terra	13,52	400	100	45	30	5,57	28,76	13,52	4,53	64	64,22
Tombino in CA	13,52	400	200	0	70	1,00	56,00	13,52	4,62	73	36,60
Canale con gabbioni 1 [^]	13,52	600	200	56	35	1,00	77,46	13,52	2,53	75	37,51
Canale con gabbioni 2 [°]	13,52	600	200	0	35	2,88	80,49	13,52	3,75	60	30,07
Canale con gabbioni 3 [°]	13,52	600	200	0	35	0,78	41,89	13,52	2,45	92	46,04
Tombino in CA	13,52	600	200	0	70	0,54	69,70	13,52	3,41	66	32,99
Canale con gabbioni	13,52	600	200	0	35	1,89	65,20	13,52	3,27	69	34,45

Asse 2

Canale in terra	7,47	300	100	45	30	7,28	25,19	7,47	4,34	49	49,32
Tombino in CA	7,47	300	300	0	70	2,00	89,10	7,47	5,09	49	16,30
Canale con gabbioni 1 [^]	7,47	300	200	0	35	2,00	26,80	7,47	3,18	78	39,17
Canale con gabbioni 2 [°]	7,47	300	200	0	35	2,84	31,93	7,47	3,59	69	34,70
Tombino in CA	7,47	300	200	0	70	0,61	29,60	7,47	3,41	73	36,56
Canale con gabbioni	7,47	300	200	0	35	0,61	14,80	7,47	2,08	120	59,76

Tombino scatolare Tratto Innesto

Tombino sez.25-26	10,45	300	200	0	70	1,70	49,41	10,45	5,38	65	32,38
Tombino su Viab. Esistenti	10,45	300	200	0	70	1,23	42,03	10,45	4,81	72	36,19

Tabella 12 – Tabulato di Verifica idraulica in moto uniforme – Fossi e tombini in destra Fiume Alcantara alla Pk. 6+350

	<p>LINEA MESSINA-CATANIA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO</p> <p>LOTTO 01</p>					
<p>Relazione idraulica opere minori</p>	<p>COMMESSA</p> <p>RS2S</p>	<p>LOTTO</p> <p>01</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 78 RI</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>ID 0002 002</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>61 di 115</p>

3.4.3 *Intervento sul reticolo minore in sinistra del Fiume Alcantara (Zona Trappitello) alla Pk 6+623*

Nell’elaborato grafico *RS2S 01 D 78 PZ ID0002 001 B* - Deviazione incisioni sinistra idraulica viadotto Alcantara-zona Trappitello - pk=6+623 - è riportato lo stralcio planimetrico dell’intervento in progetto con il profilo dell’attraversamento e gli elementi geometrici per le sezioni di calcolo idraulico.

I dati topografici delle sezioni trasversali d’alveo sono stati estratti dalla restituzione dei dati celerimetrici rilevati in campo integrati, per le parti non rilevate, dai dati LIDAR della cartografia tecnica regionale. Per le aree in cui non si sono effettuati rilievi celerimetrici si è utilizzata la cartografia scala 1:5.000 e 1:1.000 resa disponibile da Italferr, integrandola con i con i dati LIDAR della cartografia tecnica regionale.

L’intervento verrà realizzato nei pressi dello sbocco della Galleria Taormina tra la progressiva 7+437 e la progressiva 7+763, dove l’asse ferroviario e le opere connesse interferiscono con il reticolo idrografico in sinistra del fiume Alcantara. Tali interferenze, sono state risolte progettando un sistema di canali e tombini scatolari che fanno confluire le acque di versante, interferenti le opere in progetto, nel retico idrografico esistente a valle delle opere, ristabilendo il normale deflusso delle acque. Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico con l’indicazione delle interferenze:



Figura 16 - Stralcio planimetrico deviazione incisioni sinistra Idraulica viadotto Alcantara- Zona Trappitello Pk. 6+623

La soluzione in progetto prevede :

- Riprofilatura alveo per un tratto a monte di lunghezza m 7,00, dalla sezione 1 alla sezione 2;
- Taglione di monte in gabbioni metallici 6,00x1,00m sp. =1.00m;
- 1° tratto di canale con sponde in gabbioni e fondo alveo rivestito con materasso tipo reno dello spessore 0,30 m (dalla sez.2 alla sez.12), avente sezione di larghezza interna 3,00m, altezza 2,00 m con pendenza variabile tra l'1,85% ed il 2,00%, per una lunghezza complessiva di circa 251,93 m. Per la tratta di canale in progetto, viene previsto, ad intervalli regolari, l'inserimento di soglie di fondo per ammorsamento del rivestimento, costituito da gabbioni metallici dello spessore 1,00 per tutta la sezione;
- Tombino scatolare (dalla sezione 12 alla sezione 19) in cemento armato 3,00x 2,00 m con pendenza 1,85% e lunghezza della canna interna 12,69 m, con pozzetto di monte in c.a. delle dimensioni di 4,27 m per 2,00m ;
- 2° tratto di canale con sponde in gabbioni e fondo alveo rivestito con materasso tipo reno dello spessore di 0,30 m (dalla sez.19 alla sez.23), avente sezione di larghezza interna 3,00m, altezza 2,00 m con



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	63 di 115

pendenza unica dell'1,85% , per una lunghezza complessiva di circa 49 m. Per la tratta di canale in progetto, viene previsto, ad intervalli regolari, l'inserimento di soglie di fondo per ammorsamento del rivestimento, costituito da gabbioni metallici dello spessore 1,00 per tutta la sezione;

- Tombino scatolare (dalla sezione 23 alla sezione 29) in cemento armato 3,00x 2,00 m con pendenza 1,85% e lunghezza della canna interna 20,82 m;
- Scatolare 3,00x1,50 interrato L= 464 m, i=1,46% e con scarico diretto nel Fiume Alcantara;

Per tutti i manufatti vengono riportati i tiranti idraulici ed i relativi gradi di riempimento.

Nel primo tratto di canale a monte, dalla sezione 1 alla sezione 7, si verifica un tirante idrico di 1,00 m con grado di riempimento del 50%.

Per tutti i restanti tratti di canale si ha un tirante idrico pari a 1,13 m, che determina un grado di riempimento massimo del 56,50%, mentre per i tombini si ha un tirante idrico pari a 0,69 m, che determina un grado di riempimento massimo del 34,50%. Nello scatolare fino al recapito il tirante idrico è pari a 0,75m, che determina un grado di riempimento massimo del 50,00%.

La verifica di tutti i tratti in progetto risulta soddisfatta essendo il grado di riempimento $h/H \leq 70\%$. I valori di velocità nei tratti scatolari risulta al massimo pari a 5,78 m/s mentre nei tratti in gabbioni è pari a 3,55 m/s compatibile con i limiti indicati nei precedenti paragrafi.



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	64 di 115

SISTEMAZIONE FOSSI - TOMBINI IN SX ALCANTARA ZONA TRAPPITELLO ALLA PK 6+623

Sezione Nome-Progressiva	Portate di verifica mc/sec	Larghez. Base B cm	Altezza A cm	Angolo Sponda β gradi	Scabr. c m ^{1/3} /s	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tirante h cm	Grado Riempim. h/A %
							Qmax mc/sec	Q mc/sec			
Canale con gabbioni sez. 1 - 7	10.56	300	200	0	35	2.00	26.80	10.56	3.52	100	50.00
Canale con gabbioni sez. 7 - 12	12.00	300	200	0	35	1.85	25.77	12.04	3.55	113	56.50
Tombino scatolare 3x2	12.00	300	200	0	70	1.85	51.55	11.96	5.78	69	34.50
Canale con gabbioni sez. 19 - 23	12.00	300	200	0	35	1.85	25.77	12.04	3.55	113	56.50
Tombino scatolare 3x2 (att. ferrovia)	12.00	300	200	0	70	1.85	51.55	11.96	5.78	69	34.50
Canale scatolare 3x1.50 sez. 29 - Alcantara	12.00	300	150	0	70	1.46	31.42	11.99	5.33	75	50.00

Tabella 13- Tabulato di Verifica idraulica in moto uniforme – Fossi e tombini in sinistra Fiume Alcantara alla Pk. 6+623

3.4.4 Intervento sul reticolo minore in destra del Vallone Sant'Antonio alla Pk 13+300

Nell'elaborato grafico *RS2S 01 D 78 PZ ID0002 005 B* - Deviazione fosso FA01P - Taormina Pk. 13+300 - è riportato lo stralcio planimetrico dell'intervento in progetto con il profilo dell'attraversamento e gli elementi geometrici per le sezioni di calcolo idraulico.

I dati topografici delle sezioni trasversali d'alveo sono stati estratti dalla restituzione dei dati celerimetrici rilevati in campo integrati, per le parti non rilevate, dai dati LIDAR della cartografia tecnica regionale. Per le aree in cui non si sono effettuati rilievi celerimetrici si è utilizzata la cartografia scala 1:5.000 e 1:1.000 resa disponibile da Italferr, integrandola con i dati LIDAR della cartografia tecnica regionale.

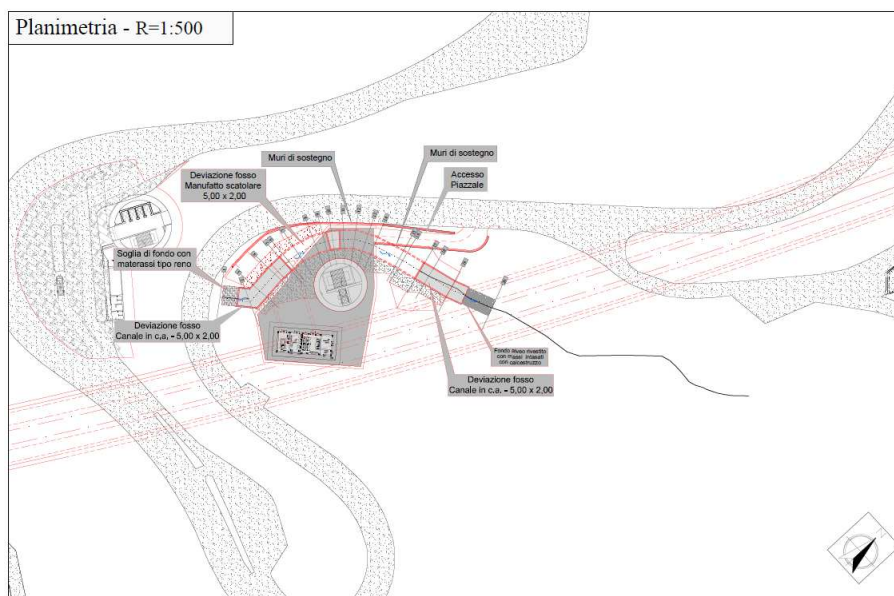


Figura 17 – Ubicazione Deviazione fosso FA01P - Taormina Pk. 13+300

La soluzione in progetto prevede :

- Realizzazione soglia di fondo nel tratto di imbocco a monte con taglione in gabbioni dello spessore di m 1,00 per tutta la larghezza, rivestimento fondo alveo con materassi tipo reno dello spessore di m 0,30m, per una lunghezza complessiva di m 4,50 a valle della sezione 1;
- 1° tratto di canale in c.a (a valle della sezione 1 fino alla sezione alla sez.4), avente sezione di larghezza interna 5,00m, altezza 2,00 m con pendenza del 1,00%, per una lunghezza complessiva di circa 12,08 m con pozzetto di monte in c.a. delle dimensioni di 3,00 m per 5,00m ;
- Tombino scatolare (dalla sezione 5 alla sezione 9) in cemento armato 5,00x 3,00 m con pendenza 1,00% e lunghezza della canna interna 13,60 m, con pozzetto di monte in c.a. delle dimensioni di 2,60 m per 5,00m ;
- Tombino scatolare (dalla sezione 10 alla sezione 13) in cemento armato 5,00x 3,00 m con pendenza dell'1,00% e lunghezza della canna interna 9,61 m, con pozzetto di salto a monte delle dimensioni di 2,40 m per 5,00m ;
- 2° tratto di canale in c.a dalla sezione 14 fino alla sezione 17, avente sezione di larghezza interna 5,00m, altezza 3,00 m con pendenza del 1,00%, per una lunghezza complessiva di circa 25,58 m con salti intermedi in corrispondenza delle sez.13 e 16;

- Canale a cielo aperto in c.a dalla sezione 17 fino a circa 4,60m a valle della sezione 19 avente sezione di larghezza interna 5,00m, altezza 2,00 m con pendenza del 1,00%, per una lunghezza complessiva di circa 14,89 m con salti intermedi in corrispondenza delle sez.19;
- Rivestimento fondo alveo nel tratto allo sbocco a valle della sezione 19, fino alla sezione 20, con massi emergenti intasati con calcestruzzo avente diametro minimo $d=400$ mm - peso= 90 Kg - $s=1,00$ m, con tessuto non tessuto nella parte inferiore.

Per tutti i tratti di canale si ha un tirante idrico massimo pari a 1,12 m, che determina un grado di riempimento del 55,77%.

La verifica di tutti i tratti in progetto risulta soddisfatta essendo il grado di riempimento $h/H \leq 70\%$; la velocità massimo è pario a 5,89 m/s.

SISTEMAZIONE FOSSO - RETICOLO MINORE IN DX T.nte SANT'ANTONIO ALLA PK 13+300

Nome-Progressiva	Sezione Portate di verifica mc/sec	Larghez. Base B cm	Altezza A cm	Angolo Sponda β gradi	Scabr. c $m^{1/3}/s$	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tirante h cm	Grado Riempim. h/A %
							Qmax mc/sec	Q mc/sec			
Canale in CA sez. 1 - 4	32.83	500	200	0	70	1.00	75.09	32.83	5.89	112	55.77
Canale in CA sez. 5 - 9	32.83	500	300	0	70	1.00	129.12	32.83	5.89	112	37.18
Canale in CA sez. 10-13	32.83	500	300	0	70	1.00	129.12	32.83	5.89	112	37.18
Canale in CA sez. 14-17	32.83	500	300	0	70	1.00	129.12	32.83	5.89	112	37.18
Canale in CA sez. 17-19	32.83	500	200	0	70	1.00	75.09	32.83	5.89	112	55.77

Tabella 14 - Tabulato di Verifica idraulica in moto uniforme – Fosso in destra Vallone Sant'Antonio alla Pk. 13+300

3.4.5 Intervento sul reticolo minore in sinistra del Vallone Sant'Antonio alla Pk 13+700

Nell'elaborato grafico RS2S 01 D 78 PZ ID0002 006 B - Pianta, profilo e sezioni Ponticello Vallone Sant'Antonio Zona Taormina Pk. 13+700 - è riportato lo stralcio planimetrico dell'intervento in progetto con il profilo dell'attraversamento e gli elementi geometrici per le sezioni di calcolo idraulico.



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	67 di 115

I dati topografici delle sezioni trasversali d'alveo sono stati estratti dalla restituzione dei dati celerimetrici rilevati in campo integrati, per le parti non rilevate, dai dati LIDAR della cartografia tecnica regionale. Per le aree in cui non si sono effettuati rilievi celerimetrici si è utilizzata la cartografia scala 1:5.000 e 1:1.000 resa disponibile da Italferr, integrandola con i dati LIDAR della cartografia tecnica regionale.

La soluzione in progetto prevede :

Nella zona a monte

- La deviazione di un fosso, appartenente al reticolo idraulico minore in sinistra del vallone Sant'Antonio, che a causa della sua giacitura su di un versante a forte pendenza verrà sostituito con un canale di dimensioni 2,00 x 3,00m, ad andamento altimetrico costituito da tratti rettilinee a pendenza di circa 1% e salti ad altezza variabile, il tutto per una lunghezza di circa 60 m;
- Protezione del fondo alveo, nello sbocco del canale in progetto su vallone Sant'Antonio, con massi intasati con calcestruzzo di diametro D=400 mm e peso 90 Kg, per una lunghezza di circa m 8,00 ed una larghezza del fondo alveo di circa 5,00 m per una profondità di circa 1,20 m;
- La ricostruzione di un muro in cemento armato in destra idraulica.

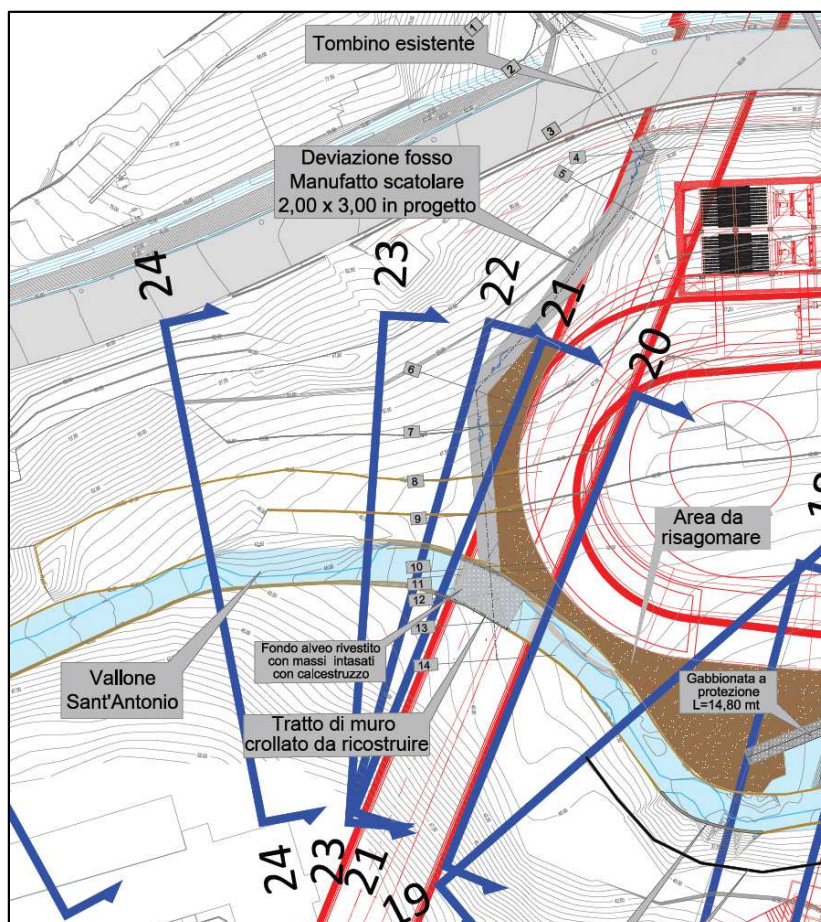


Figura 18- Stralcio planimetrico deviazione fosso Vallone Sant'Antonio alla Pk 13+700

Per tutti i tratti di canale si ha un tirante idrico pari a 0,60 m, che determina un grado di riempimento del 20%.

La verifica di tutti i tratti in progetto risulta soddisfatta essendo il grado di riempimento $h/H \leq 70\%$.

SISTEMAZIONE FOSSO IN SX VALLONE SANT'ANTONIO

Nome-Progressiva	Sezione Portate di verifica mc/sec	Larghez. Base B cm	Altezza A cm	Angolo Sponda β gradi	Scabr. c $m^{1/3}/s$	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tirante h cm	Grado Riempim. h/A %
							Qmax mc/sec	Q mc/sec			
Canale in CLS	4,34	200	300	0	70	1,00	34,67	4,34	3,63	60	19,91

Tabella 15- Tabulato di Verifica idraulica in moto uniforme – Fosso in sinistra Vallone Sant'Antonio alla Pk. 13+700



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	69 di 115

4 SISTEMAZIONI FLUVIALI

4.1 INTERFERENZE MINORI

L'analisi idrologica ha consentito di individuare, lungo il tracciato di progetto della linea ferroviaria, una serie di interferenze di corsi d'acqua minori con il tracciato ferroviario di progetto, le viabilità complementari di raccordo e accesso ai piazzali ubicati presso le stazioni.

Tali interferenze sono risolte mediante deviazioni del tracciato naturale dell'incisione, attraversamenti, inalveazioni in materassi o riammagliamenti con sezioni tra gabbioni. Gli attraversamenti garantiscono la continuità del reticolo idrografico, consentendo il normale deflusso delle acque, e sono realizzati con tombini scatolari caratterizzati da raccordi a monte e a valle in materassi e gabbioni con il canale esistente.

Per i tombini scatolari in calcestruzzo si considera una dimensione minima pari a 2,00x2.00 m, al fine di consentire di svolgere agevolmente le operazioni di ispezione e manutenzione. La pendenza longitudinale dovrà essere almeno pari a quella minima definita dai criteri di progettazione di tali manufatti ovvero pari al 2‰, al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato. La sezione di deflusso complessiva del tombino deve, inoltre, consentire lo smaltimento della portata di progetto con un grado di riempimento non superiore al 70 % della sezione totale.

Le opere di sistemazione e/o inalveazione sono costituite da una sezione trapezoidale rivestita con materassi tipo Reno con le sponde a pendenza pari a 3/2 o 1/1.

Laddove le verifiche idrauliche relative alla stabilità del rivestimento lo prevedano, all'interfaccia tra materassi e terreno naturale di appoggio, è previsto l'inserimento di un geotessile con funzione di filtro al fine di evitare l'asportazione dal fondo dell'alveo del materiale più fine.

In alternativa può essere realizzata una sezione rettangolare realizzata con le sponde in gabbioni metallici ed il fondo con materassi tipo Reno.

Entrambe le tipologie di sezione sono previste con larghezza di fondo ed altezza variabili, al fine di riprodurre quanto più possibile l'incisione naturale che va a rivestire.

	LINEA MESSINA-CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B	FOGLIO 70 di 115

5 COMPATIBILITA' IDRAULICA

Le opere in progetto sono tese al raddoppio della linea ferroviaria Messina – Catania nel tratto compreso tra la stazione di Fiumefreddo e di Giampilieri per una lunghezza complessiva di circa 42 km.

Il tracciato della linea si sviluppa su un territorio percorso da vie d'acqua a regime prevalentemente torrentizio, con diversi attraversamenti in viadotto.

Nello studio effettuato si è valutata la compatibilità idraulica dell'infrastruttura di progetto con il territorio ed è stata analizzata la sicurezza del corpo ferroviario, identificando in termini di funzionalità e sicurezza i manufatti di presidio idraulico più opportuni, garantendo la minima interferenza delle opere ferroviarie con il normale deflusso delle acque.

Gli strumenti normativi presi a riferimento nella valutazione della compatibilità idraulica delle opere di progetto sono:

- *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Area Territoriale tra i bacini del F. Simeto e del F. Alcantara (095) – Relazione*, redatto dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente nel 2006;
- *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino idrografico del Fiume Alcantara (096) – Relazione*, redatto dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente nel 2006;
- *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Area tra Fiume Alcantara e Fiumara d'Agrò (097) – Bacino idrografico della Fiumara d'Agrò ed area tra Fiumara d'Agrò e Torrente Savoca (098) – Relazione*, redatto dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente nel 2006;
- *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino idrografico del T.te Savoca (099) – Bacino idrografico del T.te Pagliara e area intermedia T.te Pagliara e T.te Fiumedinisi (100) – Relazione*, redatto dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente nel 2006;
- *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino idrografico del Torrente Fiumedinisi (101) – Relazione*, redatto dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente nel 2006;
- *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Area Territoriale tra il bacino del Torrente Fiumedinisi e Capo Peloro (102) – Relazione*, redatto dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente nel 2006;
- *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana – Relazione Generale*, redatto



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	71 di 115

dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente nel 2004.

- *Piano di Gestione Rischio Alluvioni della Regione Siciliana*, redatto dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente nel 17/12/2015 ed in corso di approvazione da parte del Consiglio dei Ministri.

Nella Relazione di Piano sono individuate le aree soggette a pericolosità idraulica attraverso l'individuazione, la localizzazione e la caratterizzazione degli eventi alluvionali che abbiano prodotto effetti sul territorio, in particolare danni a persone o cose, o, semplicemente, abbiano creato condizioni di disagio o allarme. Tale individuazione è un importante strumento che ha condotto alla delimitazione delle aree a potenziale rischio inondazione.

Per i tratti ricadenti nelle aree di allagamento si è cercato, in accordo con i vincoli presenti sul territorio, di posizionare il piano ferro ad una quota superiore, con adeguato franco di sicurezza, rispetto alla quota di allagamento presumibile dalla cartografia.

5.1 ANALISI DEL TRACCIATO FERROVIARIO

La tratta della linea ferroviaria interessata dal presente studio è compresa tra la stazione di Fiumefreddo e quella di Giampilieri, per uno sviluppo complessivo di oltre 42 km tutti in variante rispetto al tracciato ferroviario esistente. Il tratto indagato è compreso tra la progressiva km 0+000 e la km 42+263.34.

Nel suo tragitto, la tratta Giampilieri – Fiumefreddo interseca i tratti terminali di una serie di burroni, burroncelli, torrenti, scoli e rivi.

Il percorso ferroviario attraversa in gran parte in galleria la zona costiera, limitando così al minimo le interferenze con i corsi d'acqua superficiali.

5.2 STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico è stato condotto con l'obiettivo di valutare, con i modelli recentemente proposti in letteratura, le portate al colmo di piena nei tronchi torrentizi interessati dalle opere in progetto nonché individuare le portate prese a riferimento nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dalla Regione Siciliana.

Per le aste torrentizie, le stime sono state effettuate secondo tre differenti metodologie:

- analisi statistica di Gumbel;
- procedimento di calcolo VAPI messo a punto a livello regionale dall'Istituto di Idraulica dell'Università di



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	72 di 115

Palermo e GNDCI;

- indicazioni fornite dall'Ufficio del Commissario Delegato ex O.P.C.M. 10 ottobre 2009, n.3815, "Strumenti a supporto della progettazione di massima delle opere per la mitigazione del rischio idrogeologico nelle fiumare del messinese".

Le stime condotte sono riportate nella *Relazione Idrologica* annessa.

5.3 VERIFICHE IDRAULICHE

Gli attraversamenti sui corsi d'acqua sono stati verificati sulla base delle prescrizioni tecniche Italferr e delle NTC 2008.

Il Manuale di Progettazione Italferr distingue tra attraversamenti di corsi d'acqua principali e secondari a seconda che il bacino afferente agli attraversamenti sia superiore o inferiore ai 10 kmq. Per i suddetti attraversamenti si prevede che: "Sulla base dei dati idrometrici ovvero dello studio idrologico, ad ogni tipo di manufatto idraulico verranno associati i seguenti tempi di ritorno Tr :

[...]

c) Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

– linea ferroviaria $Tr = 300$ anni per $S \geq 10$ km².

– linea ferroviaria $Tr = 200$ anni per $S < 10$ km².

(essendo S la superficie del bacino)

Per gli attraversamenti principali, il Manuale prevede che:

"Relativamente ai requisiti idraulici nei confronti dei livelli di massima piena si specifica quanto segue:

– franco minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena, calcolato come precedentemente descritto, pari a 0.50 m e comunque non inferiore ad 1.5 m sul livello idrico

– posizionamento delle spalle del viadotto in modo tale da non ridurre significativamente la sezione di deflusso in alveo ed in golena;

	LINEA MESSINA-CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
Relazione idraulica opere minori	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	73 di 115

– *posizionamento e geometria delle pile in alveo ed in golena in modo da non provocare significativi fenomeni di rigurgito ovvero fenomeni di erosione localizzati sulle sponde ed in alveo.*

– *Il calcolo dello scalzamento localizzato indotto dalle opere di sostegno deve essere valutato considerando le dimensioni delle pile; nel caso in cui il plinto di fondazione venga messo allo scoperto dall'erosione, le dimensioni maggiori e le forme più tozze dello stesso provocano un ulteriore scalzamento e pertanto, in tale condizione, il calcolo dell'erosione localizzata va ripetuto considerando le dimensioni del plinto invece che quelle della pila.”*

Per gli attraversamenti secondari, il Manuale prevede che:

“La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata di massima piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.

Dovranno essere previsti gli opportuni accorgimenti per evitare, in corrispondenza delle fondazioni del manufatto, fenomeni di scalzamento o erosione.”

5.4 SISTEMAZIONI IDRAULICHE

Gli interventi previsti in alveo sono stati definiti applicando criteri di ingegneria naturalistica ed utilizzando laddove possibile, opere di protezione di tipo “elastico” quali massi sciolti, gabbioni e materassi tipo Reno, che costituiscono un’affidabile protezione degli stessi dall’azione erosiva della corrente di piena.

Nella progettazione di ponti e viadotti si è cercato di minimizzare la realizzazione di pile nell’alveo di magra dei corsi d’acqua in modo da variare il meno possibile le caratteristiche del moto della corrente di piena.

Gli interventi di sistemazione ripropongono la sagoma delle sezioni attuali d’alveo, e incidono solo localmente sulle pendenze longitudinali dei corsi d’acqua.

Le sistemazioni idrauliche hanno in generale lo scopo di:

- assicurare con il periodo di ritorno previsto la sicurezza dell’infrastruttura ferroviaria;
- diminuire le eventuali condizioni di rischio, eliminando o riducendo eventuali esondazioni nella zona di intervento;
- non alterare le condizioni di deflusso idrico e solido nel tratto oggetto di studio;
- impedire divagazioni che possano andare ad interessare le opere di fondazione delle pile o delle spalle;

- assicurarsi che l'evoluzione della livelletta d'alveo, non approfondisca l'incisione esistente in corrispondenza dell'opera di attraversamento;
- evitare le conseguenze derivanti dai fenomeni di erosione localizzata.

Sulla base delle risultanze della stima dell'erosione localizzata, si è proceduto a porre l'estradosso delle fondazioni delle pile ad una profondità maggiore dell'erosione stimata.

Particolari accorgimenti sono stati adottati per una corretta manutenzione delle opere, onde poter ridurre al minimo gli interventi atti a garantirne l'efficienza ed, in ogni caso, a ridurre a livelli minimi i costi delle opere.

5.5 L'ANALISI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Sulla base delle risultanze dello studio idrologico ed i risultati delle verifiche idrauliche riportate nei paragrafi precedenti, sono stati definiti:

- adeguamenti della livelletta ferroviaria ai franchi minimi richiesti per il transito delle portate con periodo di ritorno di 200/300 anni, nel rispetto dei criteri ferroviari, in riferimento agli attraversamenti idraulici principali;
- presidi idraulici sulle aste fluviali;
- le protezioni del rilevato ferroviario;
- forma e disposizione delle pile dei viadotti;
- la definizione del piano di posa delle fondazioni delle pile a seguito della stima dell'erosione localizzata.

Le soluzioni prescelte seguono gli indirizzi indicati nelle norme nazionali ed in quelle riportate nelle norme di attuazione del PAI, in quanto:

- il potenziamento della linea ferroviaria in progetto risponde a specifiche esigenze di sviluppo ed è legata a fattori di pubblico interesse;
- che eventuali alternative alla soluzione di progetto comportano oneri tecnici, finanziari ed ambientali difficilmente sostenibili;
- che l'intervento proposto è tale da non aggravare la funzionalità idraulica dell'area;
- che gli interventi non aumentano il livello di rischio idraulico non comportando significativo ostacolo al deflusso o riduzione della capacità di invaso delle aree interessate;
- che le opere di progetto non precludono la possibilità di eliminare le cause che determinano le attuali



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	75 di 115

condizioni di rischio.

- gli interventi di deviazione presenti in progetto ripropongono le sezioni attuali dei canali e le opere di attraversamento non creano restringimenti e rigurgiti.

Inoltre, come si evidenzia dalle tavole di progetto e dall'analisi di sintesi sviluppata nei paragrafi precedenti, le opere in progetto:

- non aumentano l'estensione delle aree di esondazione e non aumentano, quindi, il rischio idraulico;
- non modificano significativamente i livelli idrici rispetto alla configurazione ante operam.

Con riferimento alle verifiche idrauliche effettuate, sintetizzate nelle tabelle dei paragrafi precedenti e negli elaborati grafici dove sono riportate le sezioni di calcolo con i relativi livelli idrici ed energetici post operam per le portate con tempo di ritorno di progetto, in corrispondenza dei vari attraversamenti si evidenziano franchi ampiamente cautelativi.

Alla luce delle precedenti considerazioni, la configurazione finale di progetto risulta idraulicamente compatibile con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la conformazione odierna dei luoghi.

	LINEA MESSINA-CATANIA					
	PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO LOTTO 01					
Relazione idraulica opere minori	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. B	FOGLIO 76 di 115

6 BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.
- Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.
- Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.
- Lo Bosco D., Leonardi G., Scopelliti F., *Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale*, Quaderno di Dipartimento - Serie Didattica, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 2002.
- Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP).
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana – Relazione Generale*, 2004.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Area Territoriale tra i bacini del F. Simeto e del F. Alcantara (095) – Relazione*, 2006.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino idrografico del Fiume Alcantara (096) – Relazione*, 2006.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Area tra Fiume Alcantara e Fiumara d'Agrò (097) – Bacino idrografico della Fiumara d'Agrò ed area tra Fiumara d'Agrò e Torrente Savoca (098) – Relazione*, 2006.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino idrografico del T.te Savoca (099) – Bacino idrografico del T.te Pagliara e area intermedia T.te Pagliara e T.te Fiumedinisi (100) – Relazione*, 2006.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino idrografico del Torrente Fiumedinisi (101) – Relazione*, 2006.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Area Territoriale tra il bacino del Torrente Fiumedinisi e Capo Peloro (102) – Relazione*, 2006.
- Regione Siciliana, Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque (ARRA), *Annali Idrologici*, disponibili presso www.osservatorioacque.it.
- Regione Siciliana, Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque (ARRA), *Piano di Gestione Rischio Alluvioni della Regione Siciliana*.
- Ven Te Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.

7 APPENDICE A – RISULTATI DEL MODELLO MATEMATICO HEC-RAS

Si riportano di seguito i risultati grafici e numerici ottenuti in corrispondenza delle sezioni di calcolo per i corsi d'acqua analizzati nella presente relazione.

7.1 MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA FOSSO FA04 ALLA PK 4 +750

7.1.1 Scenario post-operam



Figura 19 – Schema planimetrico post operam - Reticolo minore dx F. Alcantara - Fosso FA04

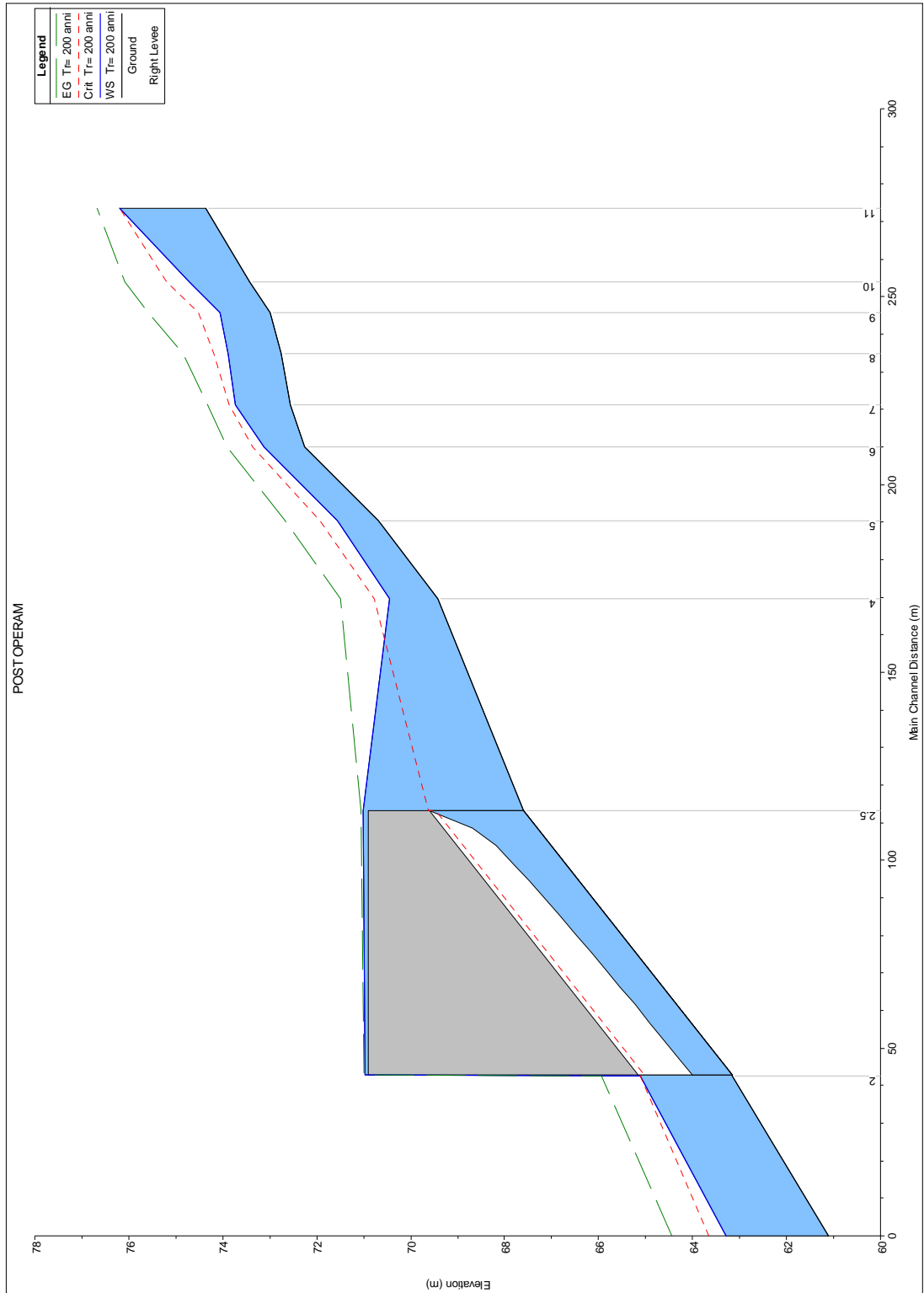
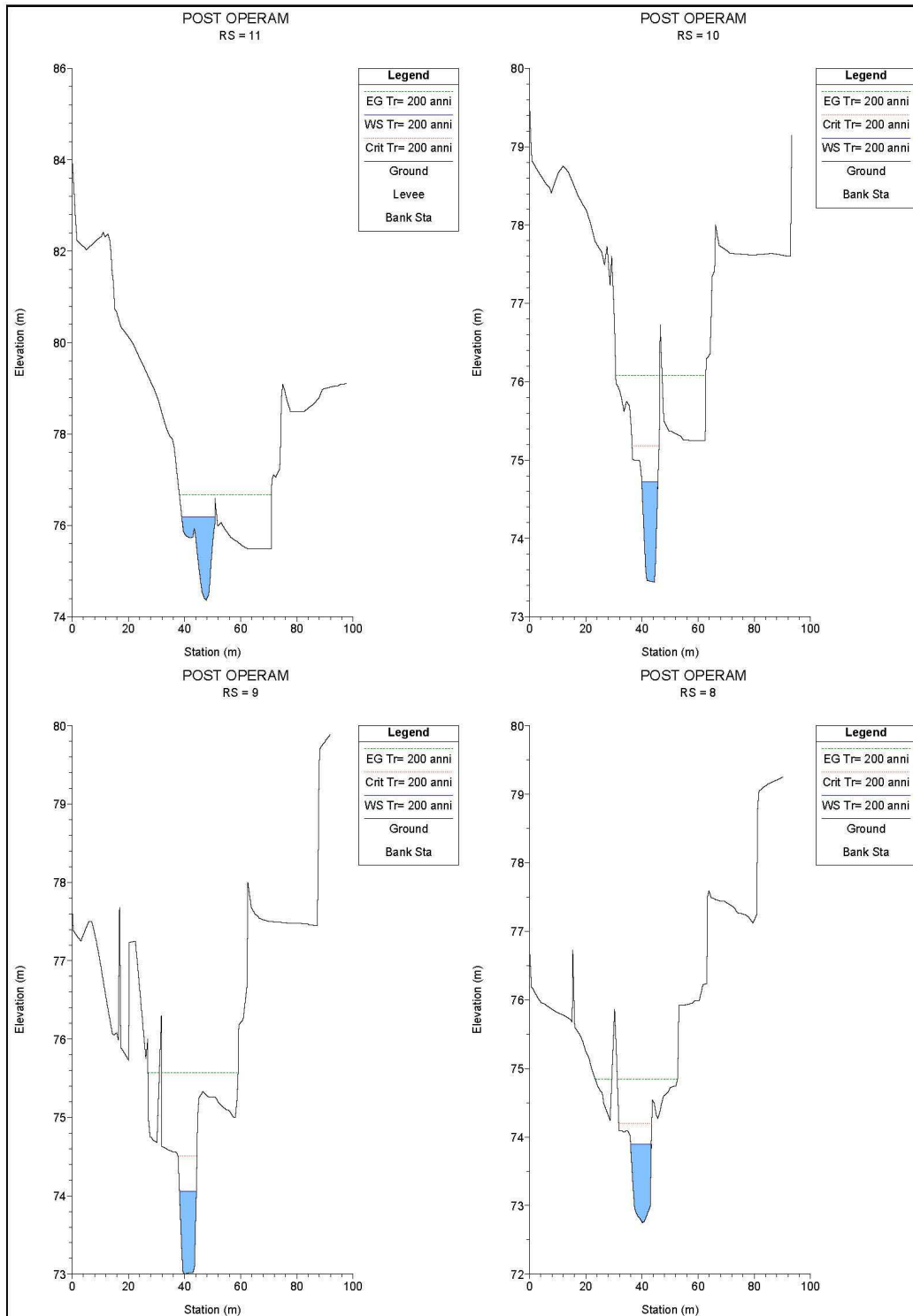
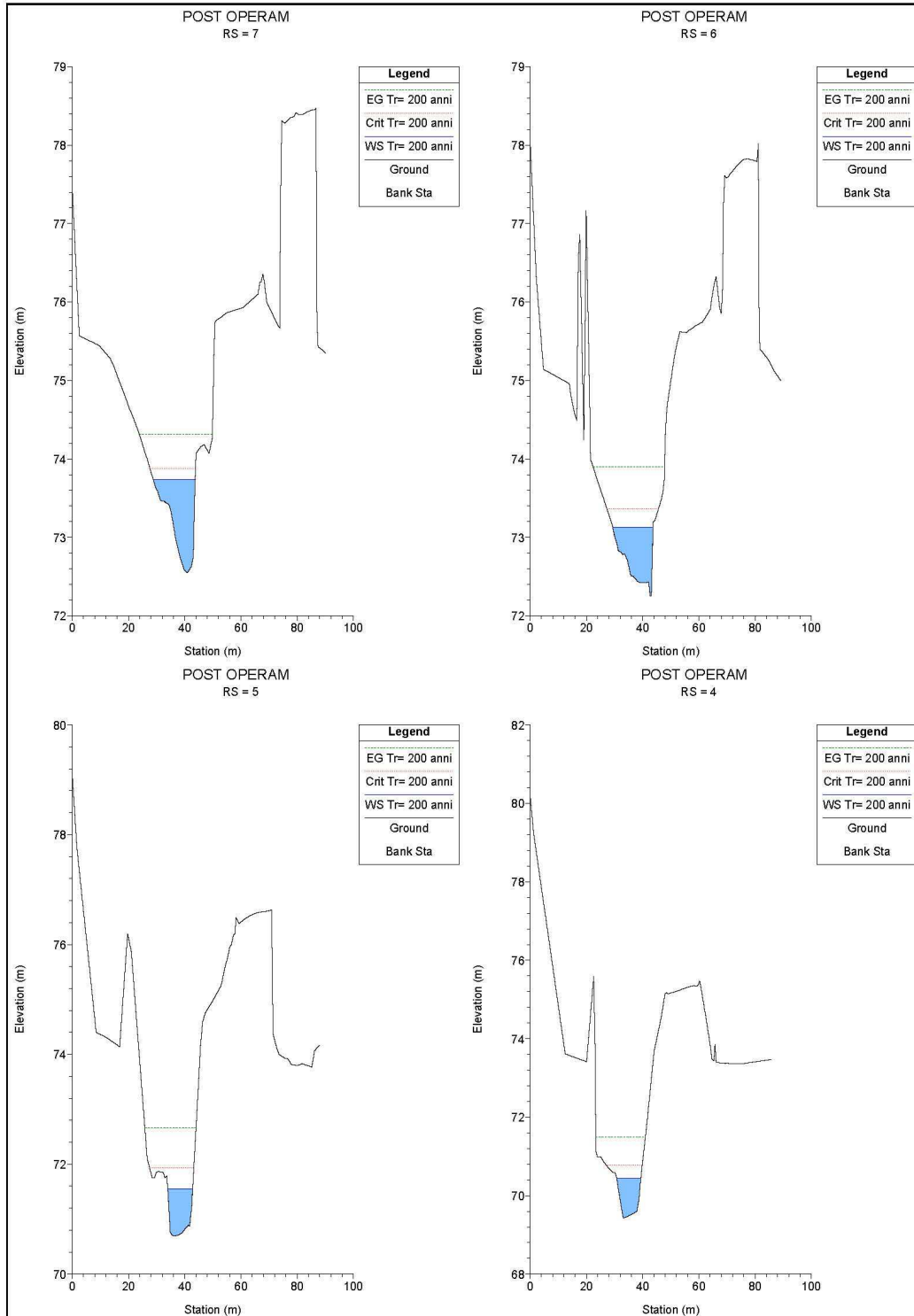
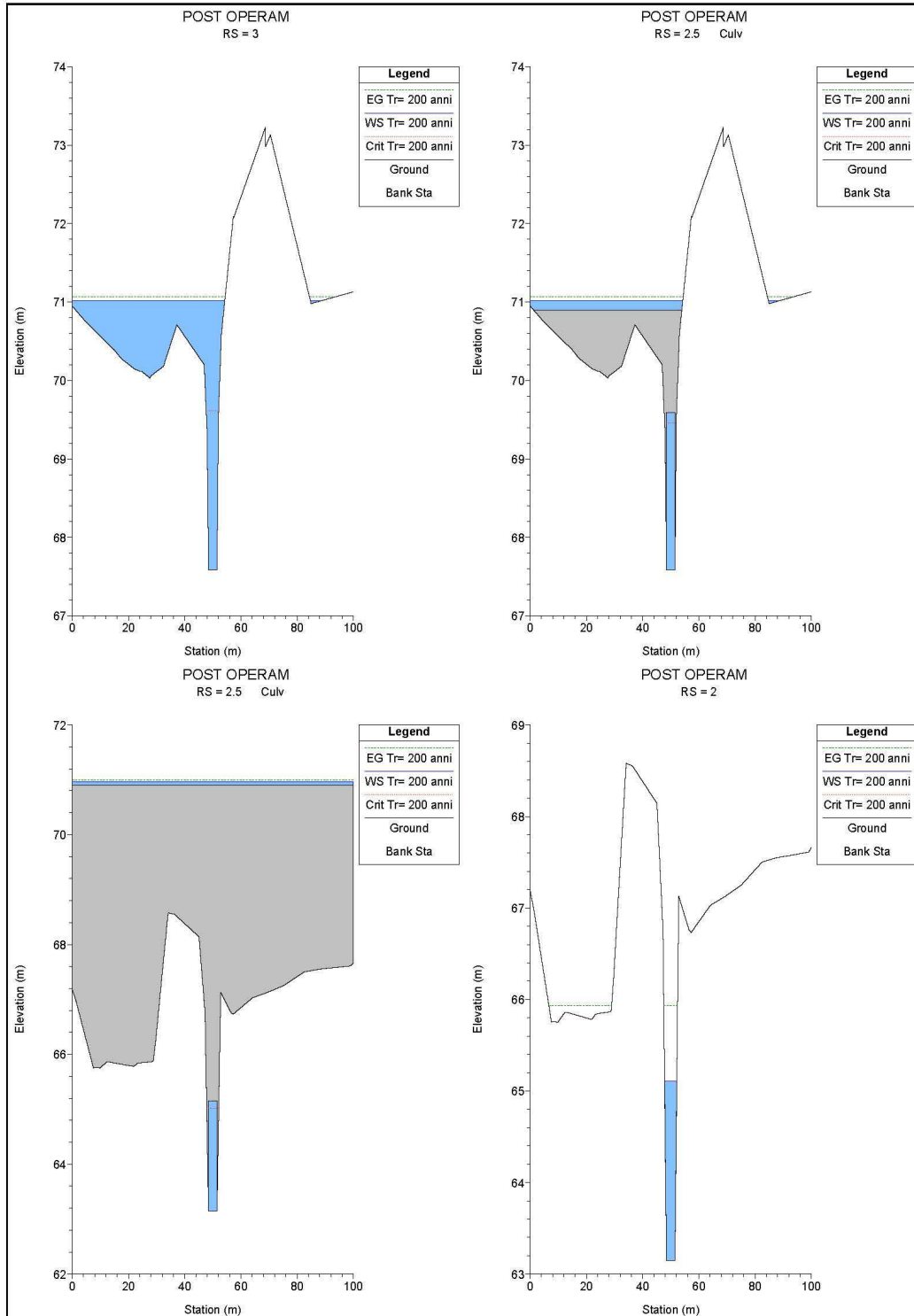


Figura 20 – Profilo post operam Reticolo minore dx F. Alcantara - Fosso FA04







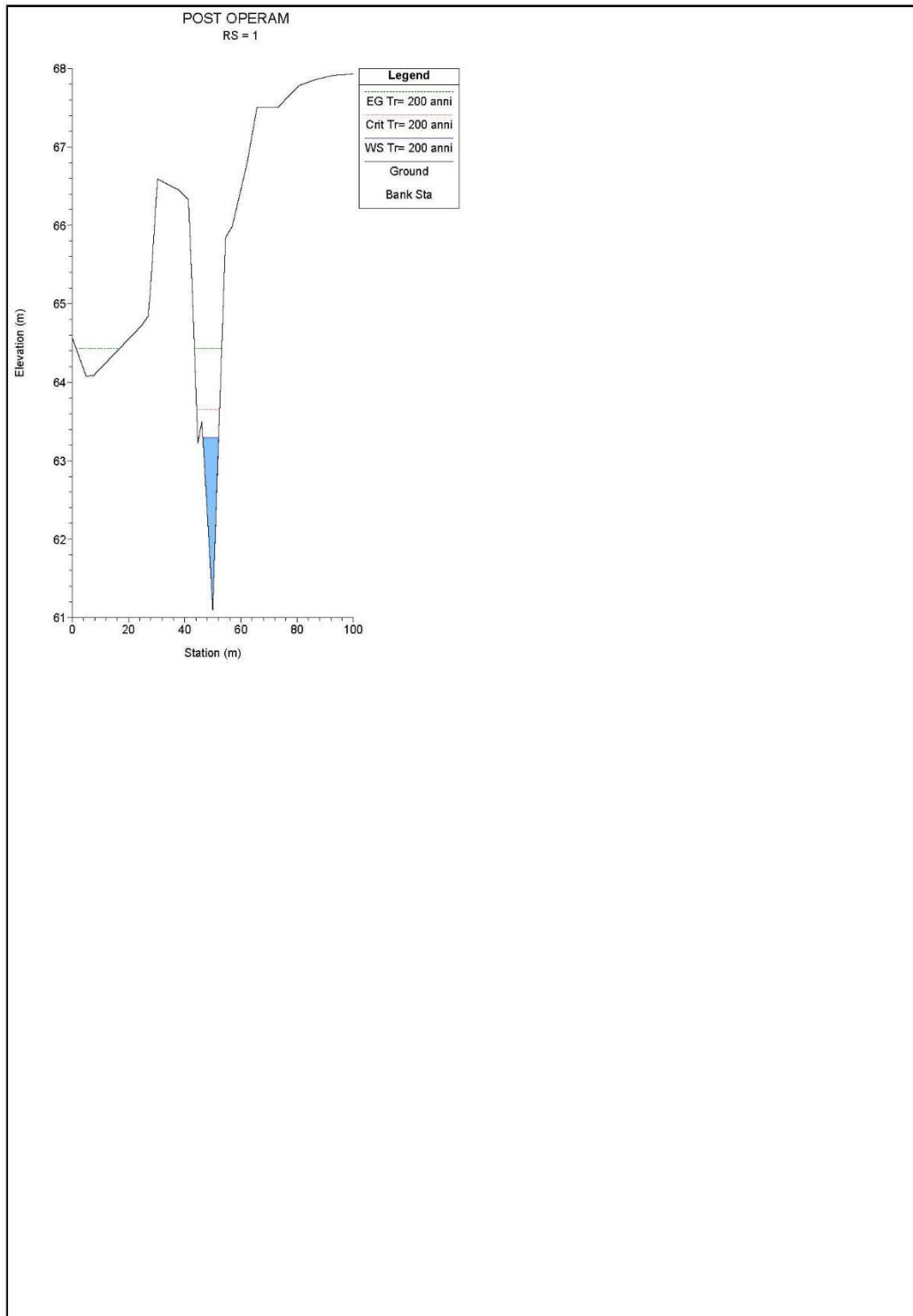


Figura 21 – Sezioni trasversali post operam Reticolo minore dx F. Alcantara - Fosso FA04

River Station (Sezione)	Q Total (Portata) [m ³ /s]	Length Chanel (Parziale) [m]	Min Ch El (Q.ta fondo) [m.s.m.]	W.S. Elev. (Pelo libero) [m.s.m.]	Crit. W.S. (Quota altezza critica) [m.s.m.]	EG Elev (Quota Energia) [m.s.m.]	E.G. Slope (Pend. Energia) [m/m]	Vel Chnl (Velocità) [m/s]	Flow Area (Area sez. liq.) [m ²]	Top Width (Largh. Sup.) [m]	Froude # Chl (n° Froude)	Shear Total (Tens. Trascinam.) [N/m ²]	W.P. Total (Cont. Bagn.) [m]
11	28.98	19.57	74.36	76.19	76.19	76.67	0.014571	3.15	10.43	11.78	0.92	115.30	12.93
10	28.98	8.13	73.44	74.72	75.18	76.08	0.054863	5.17	5.61	5.77	1.68	446.37	6.76
9	28.98	11.05	73.00	74.06	74.51	75.57	0.067621	5.45	5.31	6.03	1.85	509.39	6.92
8	28.98	13.66	72.75	73.89	74.20	74.84	0.039472	4.32	6.71	7.40	1.45	313.79	8.28
7	28.98	11.02	72.55	73.74	73.87	74.32	0.024253	3.43	9.38	14.93	1.17	143.45	15.55
6	28.98	19.76	72.25	73.13	73.37	73.90	0.060738	3.88	7.46	14.37	1.72	297.95	14.92
5	28.98	20.56	70.69	71.55	71.93	72.66	0.060797	4.68	6.19	8.85	1.79	394.28	9.37
4	28.98	56.44	69.43	70.44	70.78	71.49	0.052288	4.54	6.38	8.56	1.68	362.80	9.02
3	28.98	70.67	67.59	71.01	69.61	71.06	0.001327	1.22	43.68	57.83	0.25	9.23	61.61
2	28.98	42.63	63.15	65.11	65.11	65.94	0.025790	4.03	7.19	4.34	1.00	254.57	7.14
1	28.98		61.10	63.29	63.65	64.43	0.048207	4.73	6.13	6.05	1.50	378.32	7.65

Tabella 16 – Risultati della simulazione numerica post operam - Reticolo minore dx F. Alcantara - Fosso FA04

7.2 MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA VALLONE BEATRICE ALLA PK 5 +450

7.2.1 Scenario post-operam

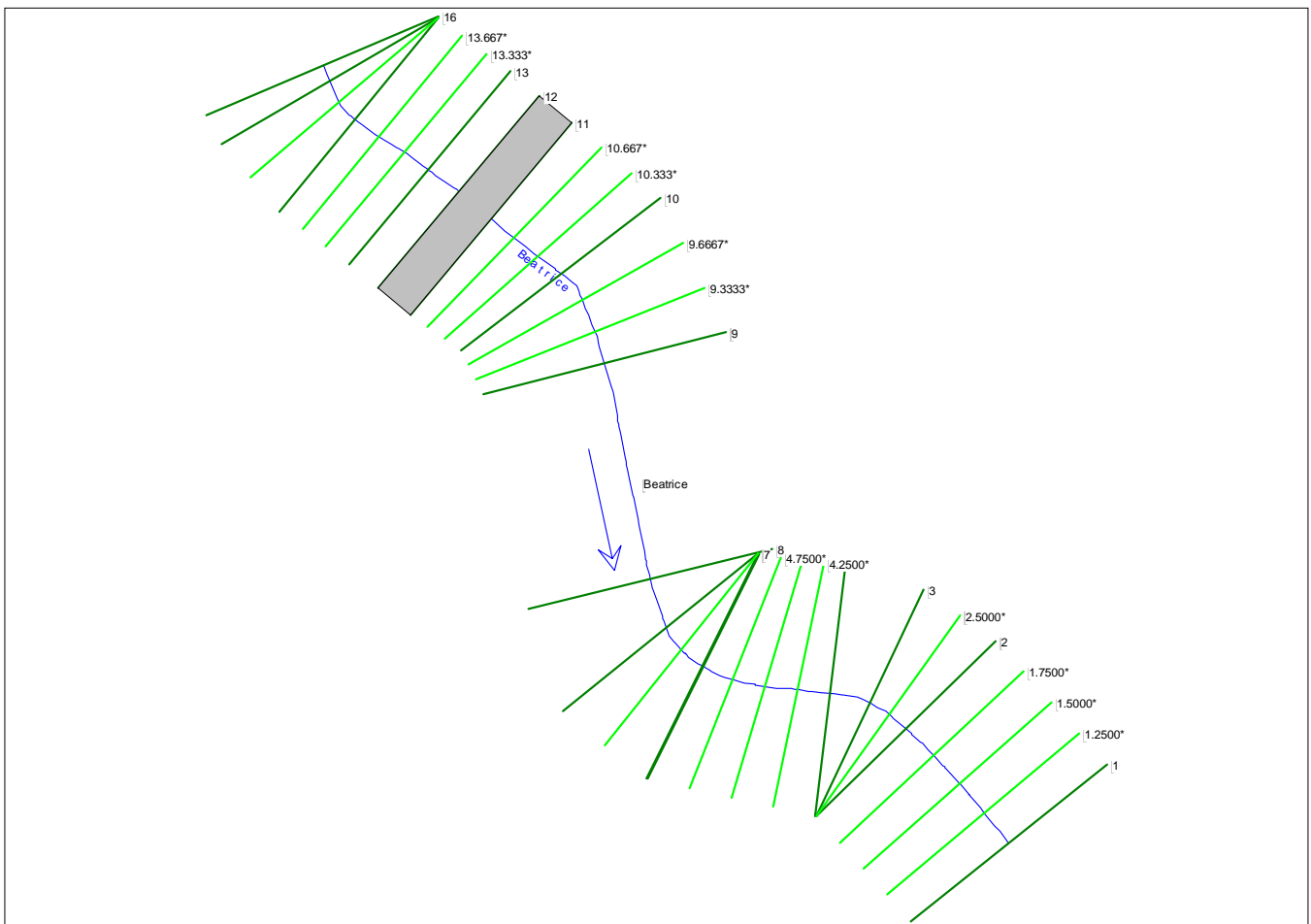


Figura 22 – Schema planimetrico post operam - Reticolo minore V.ne Beatrice alla Pk 5+450

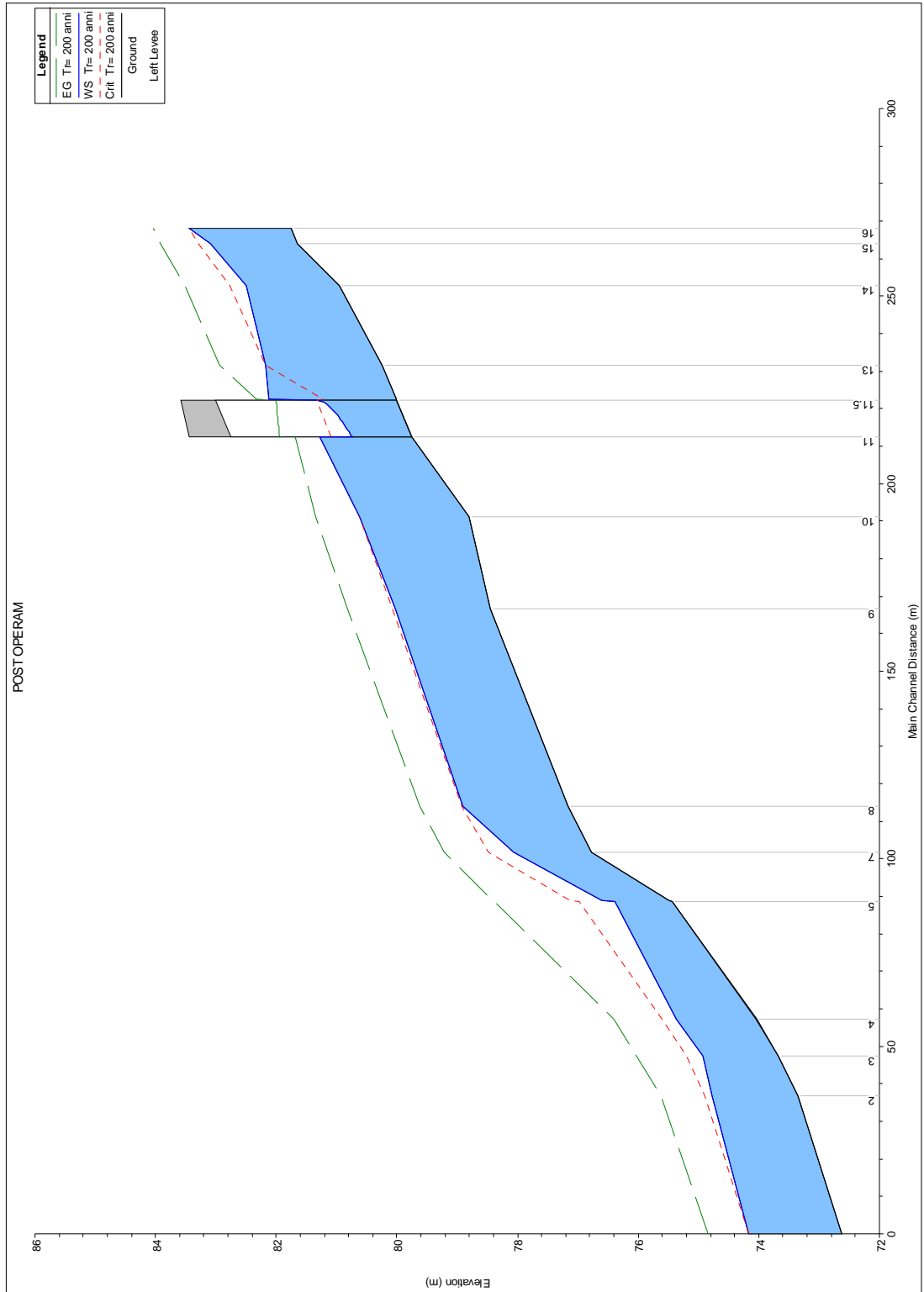
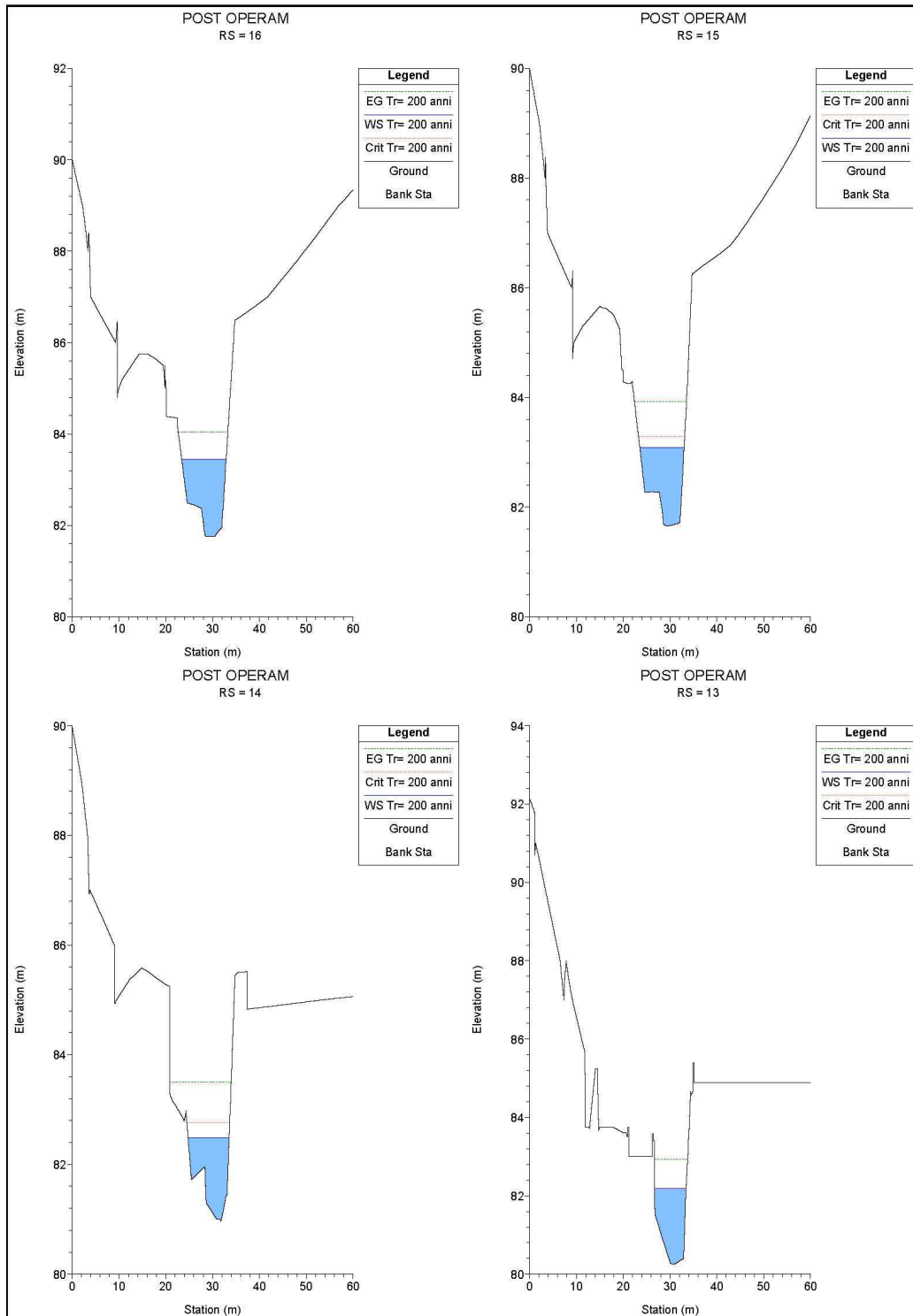
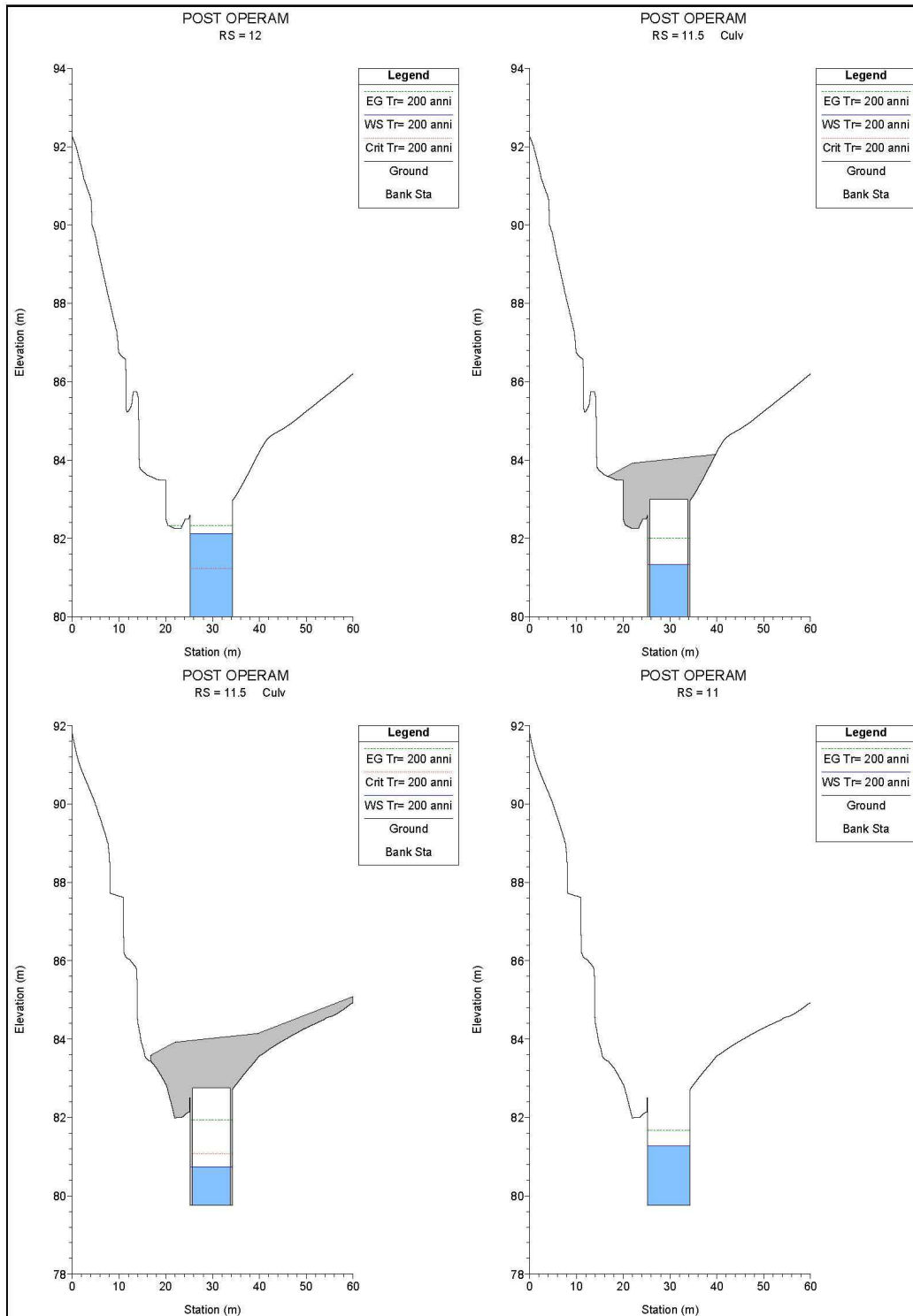
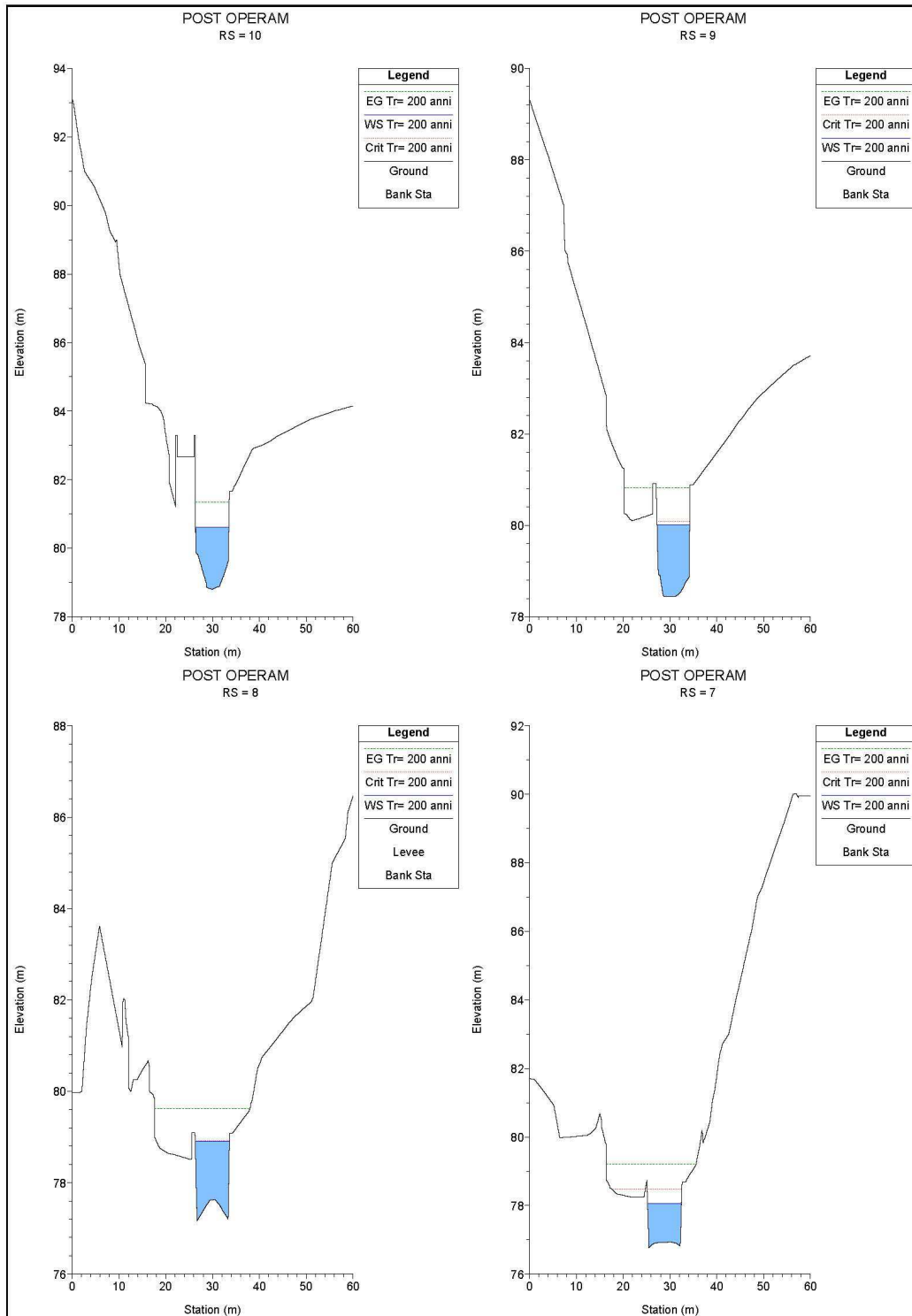
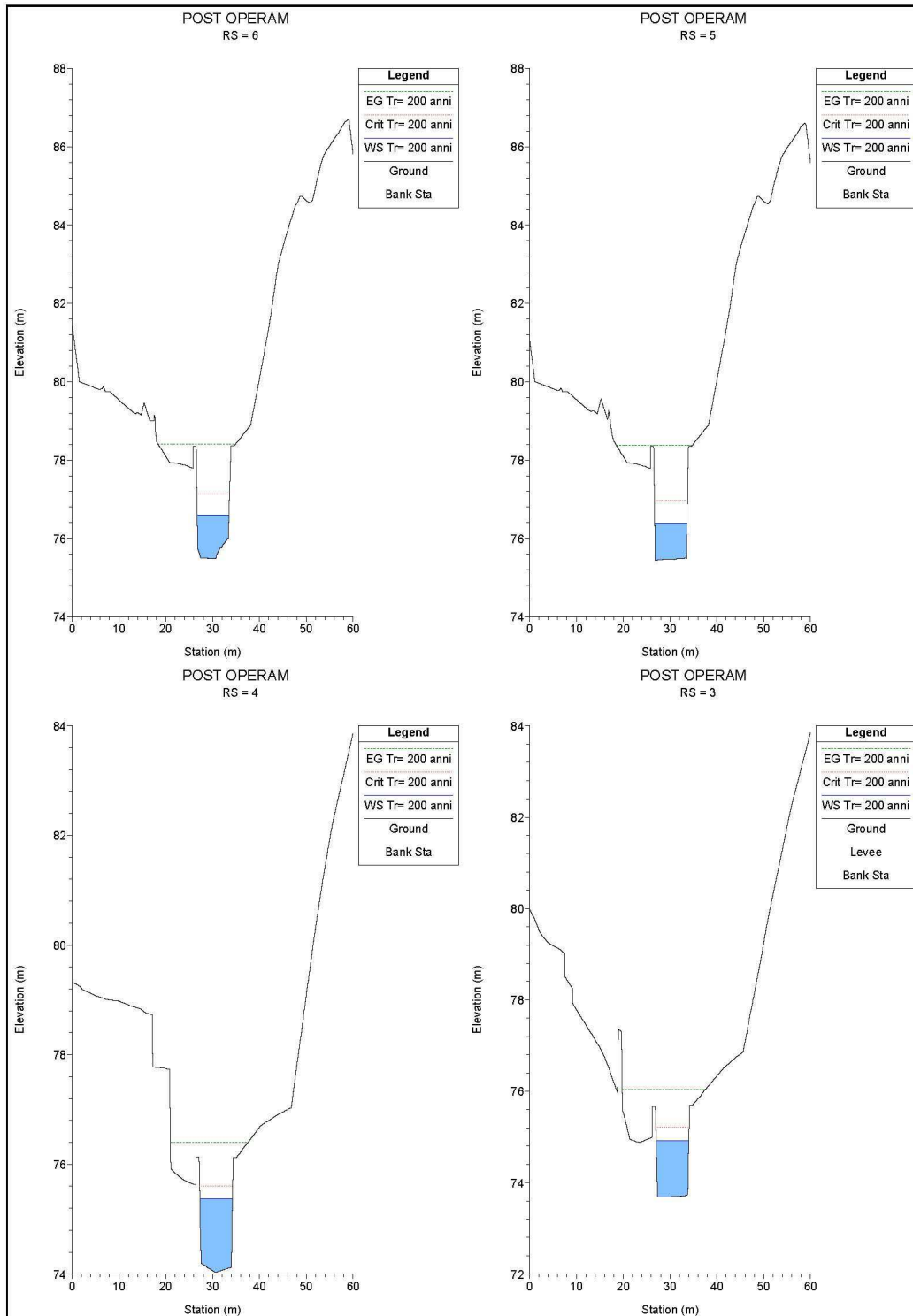


Figura 23 – Profilo post operam Reticolo minore V.ne Beatrice alla Pk 5+450









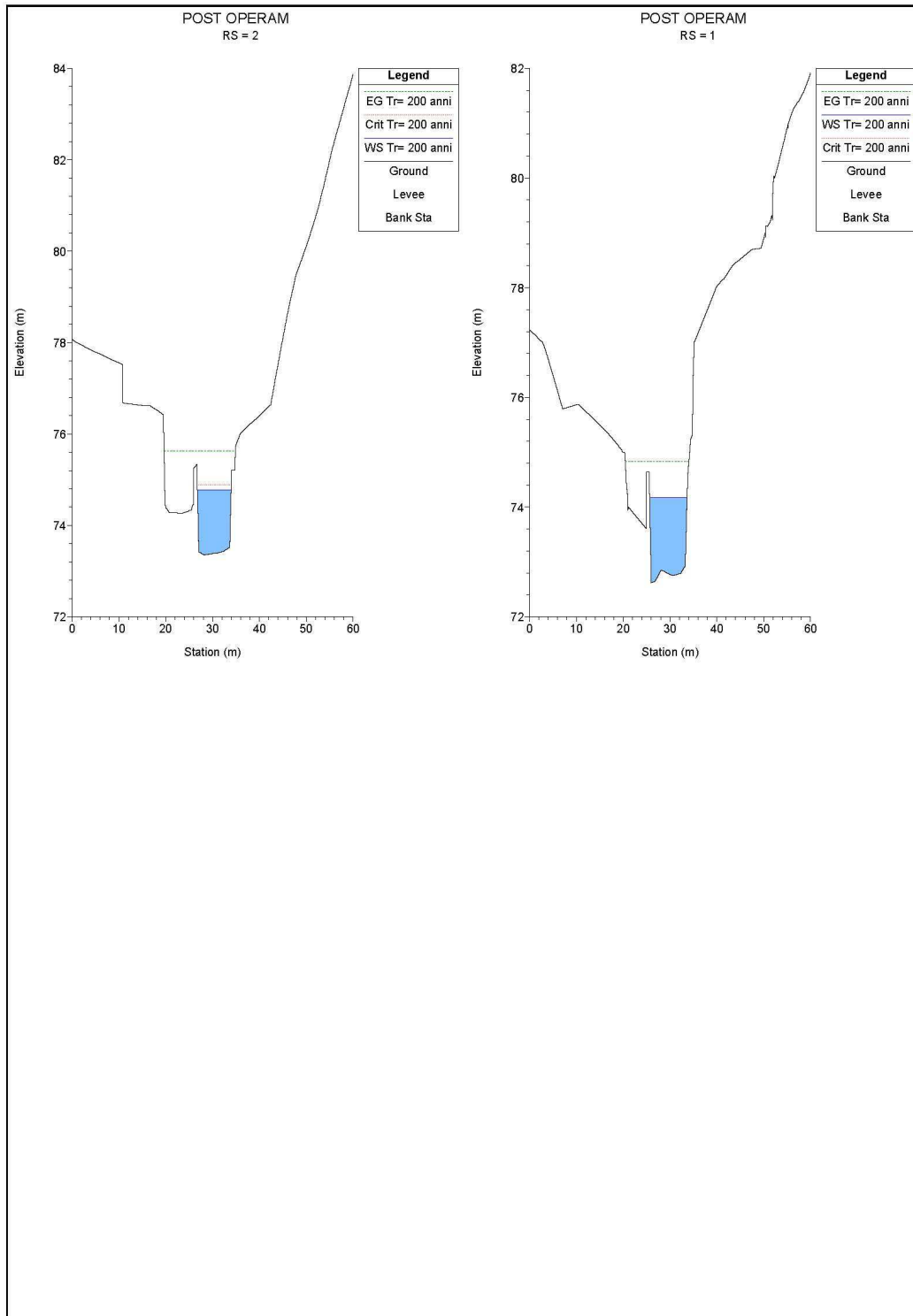


Figura 24 – Sezioni trasversali post operam Reticolo minore V.ne Beatrice alla Pk 5+450



LINEA MESSINA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO – RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO

LOTTO 01

Relazione idraulica opere minori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 78 RI	ID 0002 002	B	91 di 115

River Station (Sezione)	Q Total (Portata) [m ³ /s]	Length Chanel (Parziale) [m]	Min Ch El (Q.ta fondo) [m.s.m.]	W.S. Elev. (Pelo libero) [m.s.m.]	Crit. W.S. (Quota altezza critica) [m.s.m.]	EG Elev (Quota Energia) [m.s.m.]	E.G. Slope (Pend. Energia) [m/m]	Vel Chnl (Velocità) [m/s]	Flow Area (Area sez. liq.) [m ²]	Top Width (Largh. Sup.) [m]	Froude # Chl (n° Froude)	Shear Total (Tens. Trascinam.) [N/m ²]	W.P. Total (Cont. Bagn.) [m]
16	38.54	3.96	81.75	83.45	83.45	84.04	0.017806	3.42	11.28	9.50	1.00	180.95	10.89
15	38.54	11.32	81.65	83.09	83.28	83.93	0.030619	4.05	9.52	9.47	1.29	267.51	10.68
14	38.54	21.32	80.96	82.49	82.76	83.51	0.040902	4.47	8.62	8.76	1.44	333.75	10.36
13	38.54	9.04	80.25	82.18	82.18	82.93	0.020368	3.84	10.04	6.70	1.00	222.99	8.99
12	38.54	9.97	80.00	82.12	81.23	82.33	0.003983	2.02	19.12	9.00	0.44	56.38	13.25
11	38.54	21.32	79.75	81.28		81.68	0.010535	2.80	13.76	9.00	0.72	117.87	12.06
10	38.54	24.35	78.80	80.62	80.62	81.35	0.019511	3.78	10.20	7.10	1.01	215.33	9.06
9	38.54	52.82	78.45	80.02	80.08	80.83	0.023176	3.98	9.68	6.97	1.08	243.32	9.04
8	38.54	12.21	77.16	78.90	78.92	79.62	0.022566	3.76	10.25	7.33	1.01	221.68	10.23
7	38.54	12.91	76.77	78.06	78.48	79.21	0.043313	4.75	8.12	7.25	1.43	370.30	9.31
6	38.54	0.20	75.48	76.60	77.13	78.41	0.077977	5.96	6.46	6.79	1.95	603.42	8.19
5	38.54	31.36	75.44	76.39	76.97	78.38	0.095498	6.24	6.17	6.86	2.10	680.48	8.49
4	38.54	9.86	74.04	75.37	75.60	76.40	0.034520	4.50	8.56	6.98	1.30	323.12	8.97
3	38.54	10.67	73.68	74.92	75.21	76.03	0.038746	4.66	8.26	7.00	1.37	350.62	8.95
2	38.54	36.74	73.35	74.77	74.89	75.62	0.026128	4.08	9.45	7.20	1.14	259.72	9.32
1	38.54		72.62	74.17	74.17	74.84	0.019668	3.61	10.66	7.99	1.00	201.92	10.18

Tabella 17 – Risultati della simulazione numerica post operam - Reticolo minore V.ne Beatrice alla Pk 5+450

7.3 MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA VALLONE SANT'ANTONIO ALLA PK 13 +700

7.3.1 Scenario post-operam

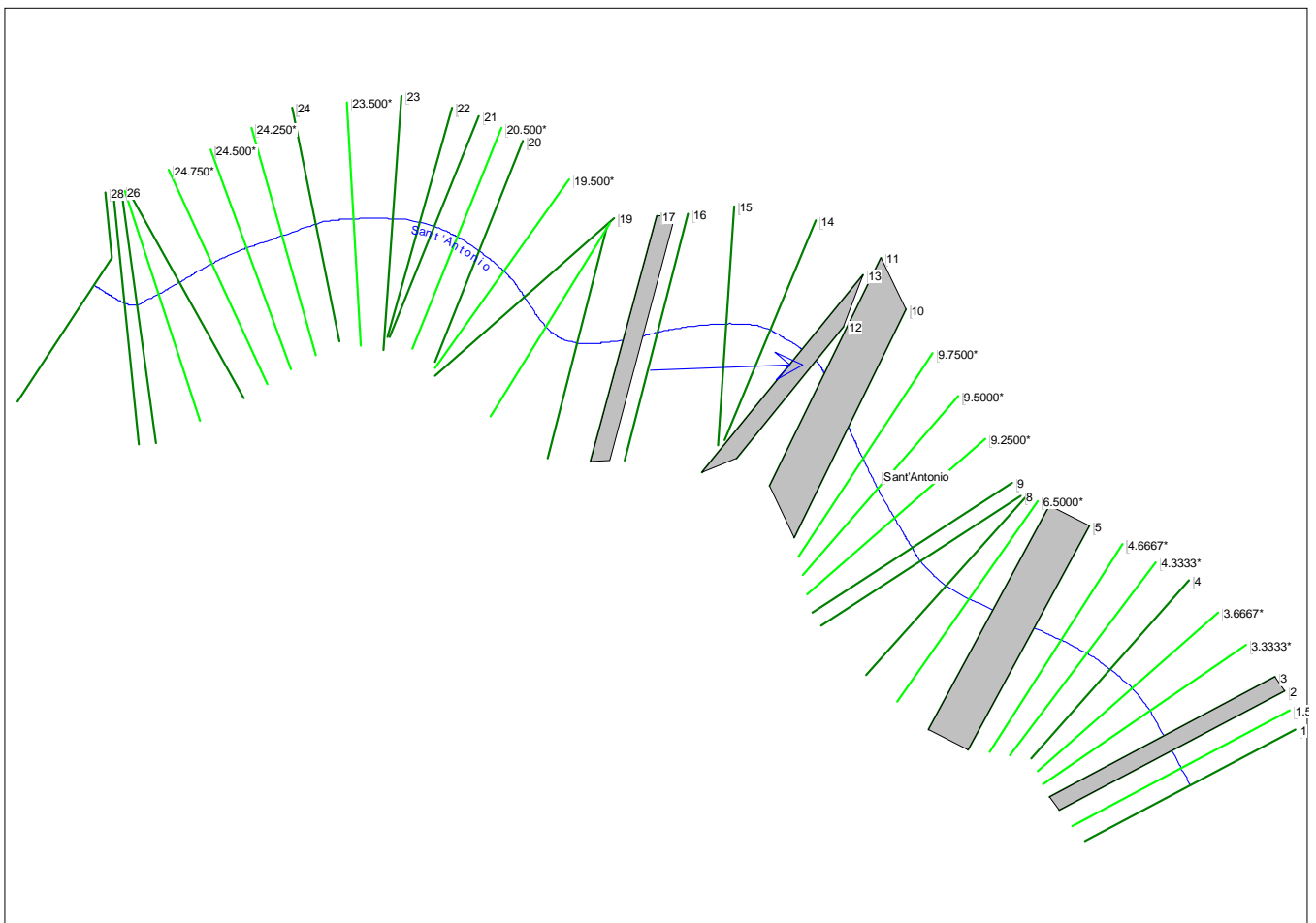


Figura 25 – Schema planimetrico post operam - Reticolo minore V.ne Sant'Antonio alla Pk 13+700

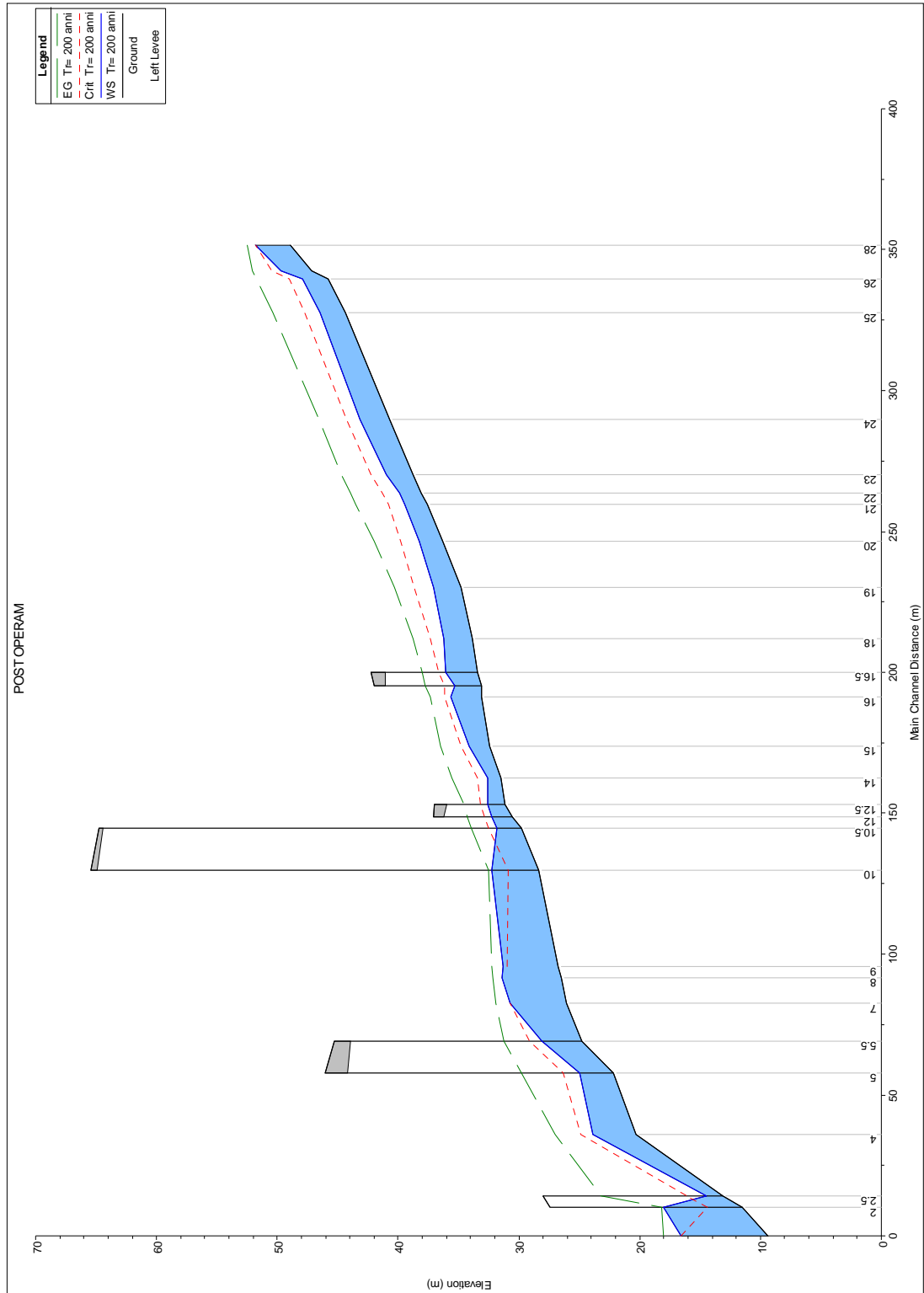
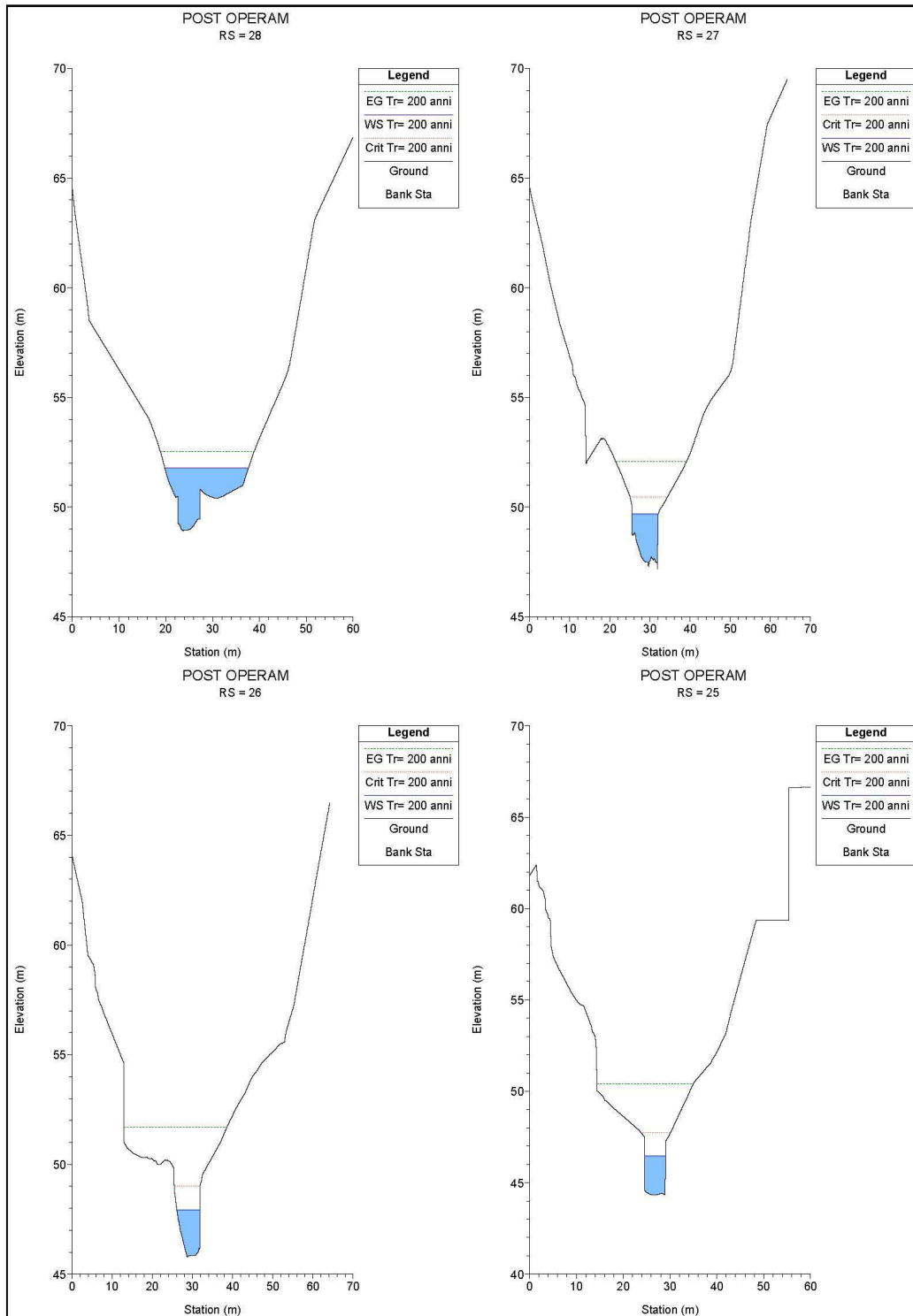
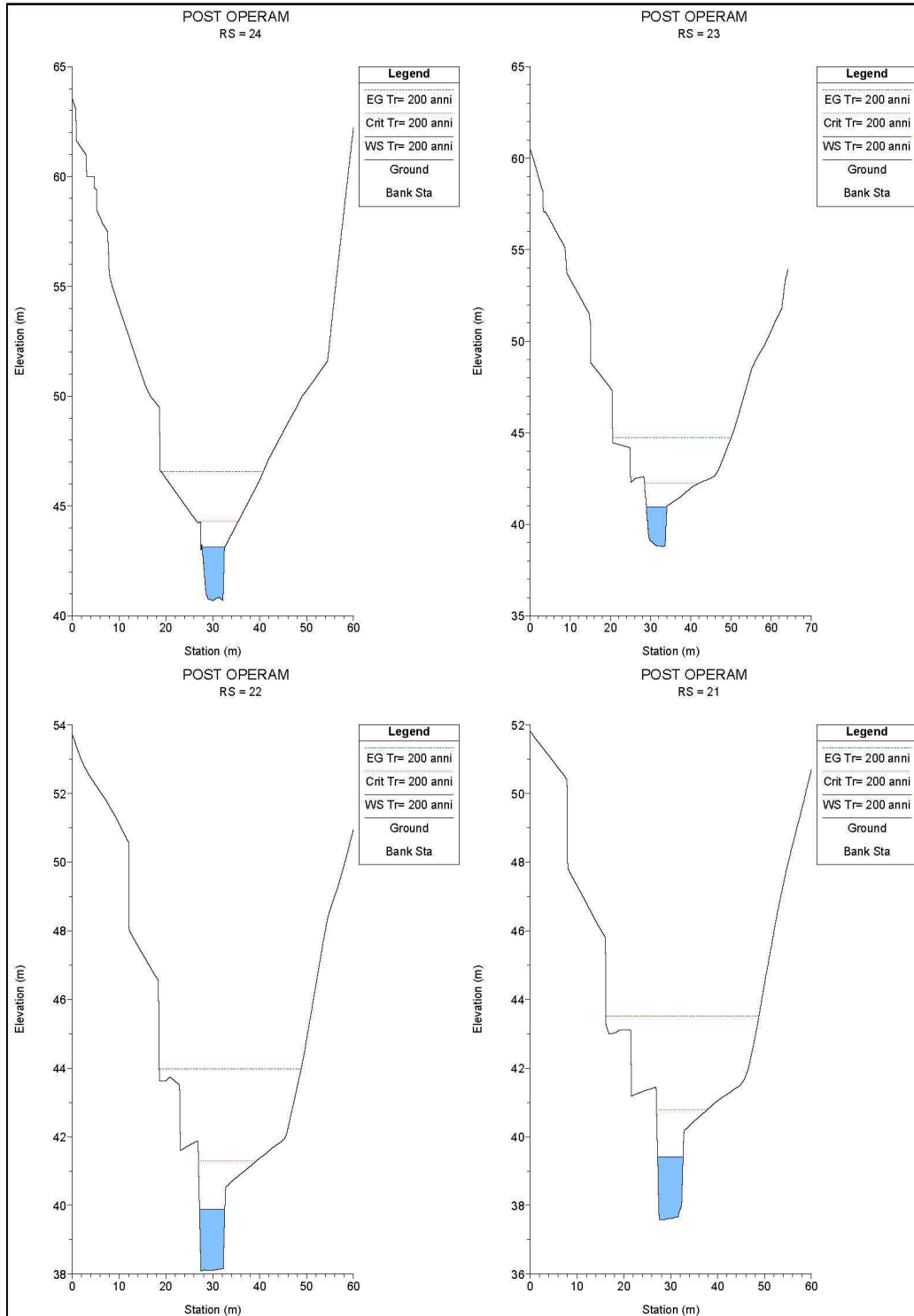
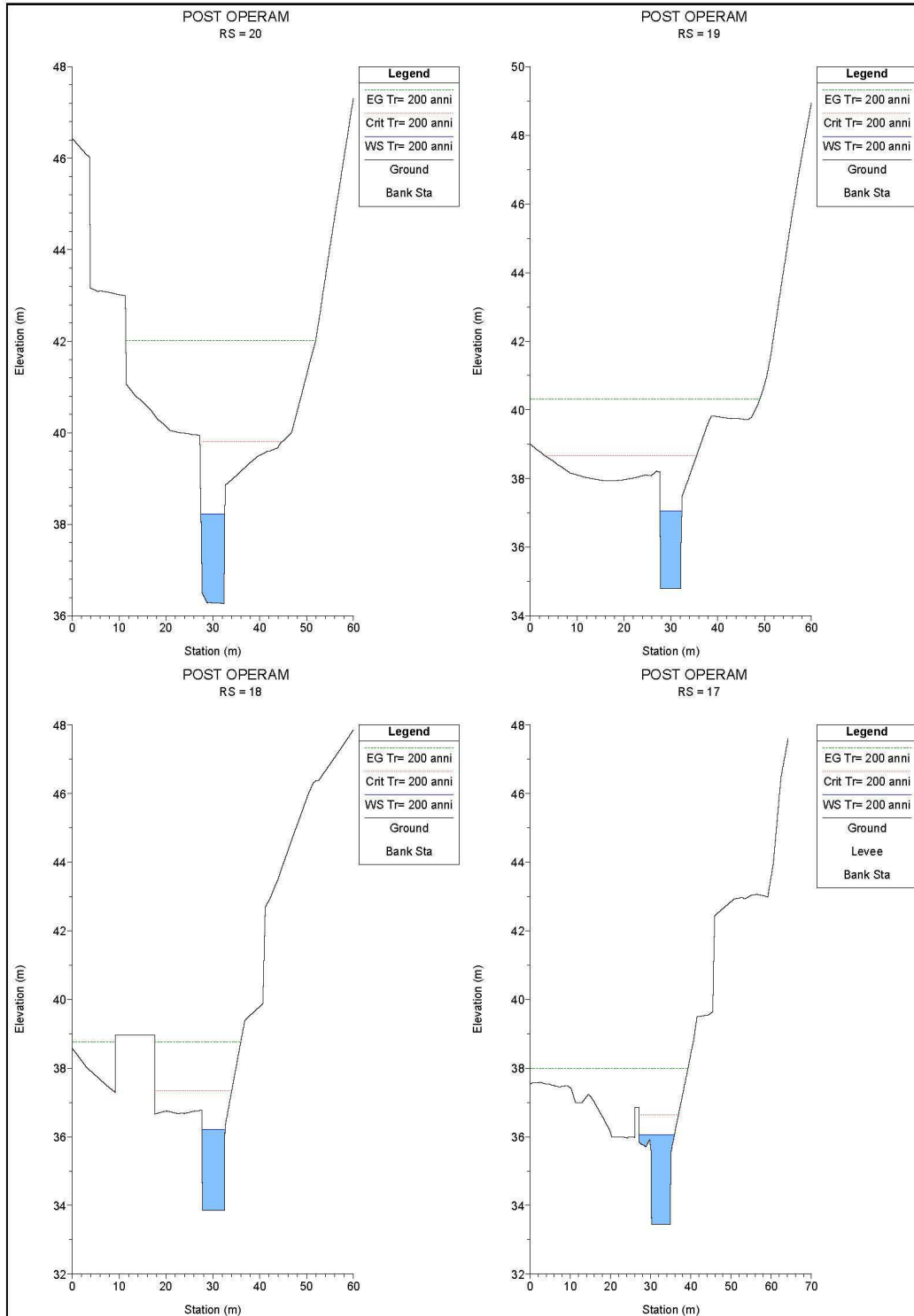
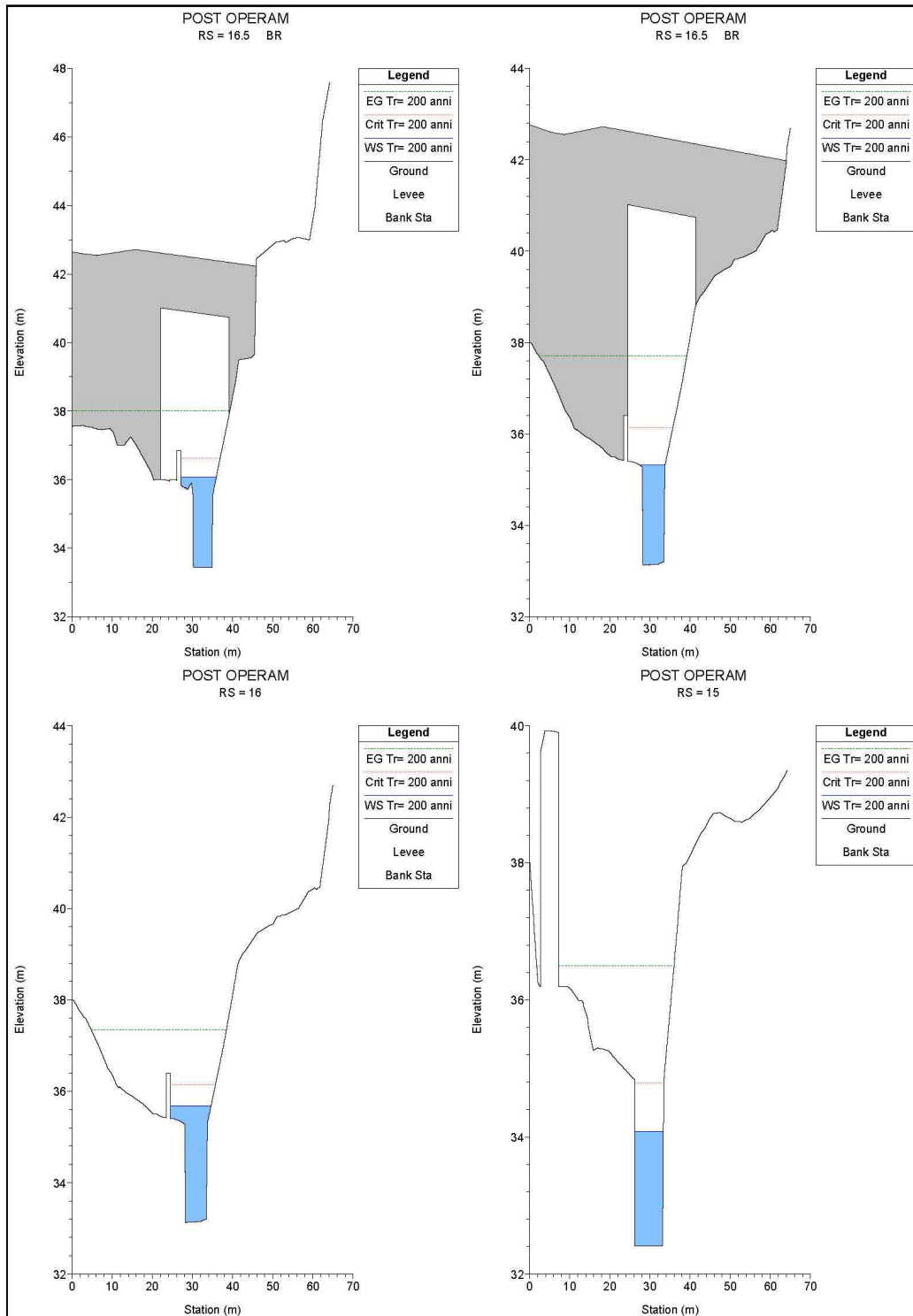


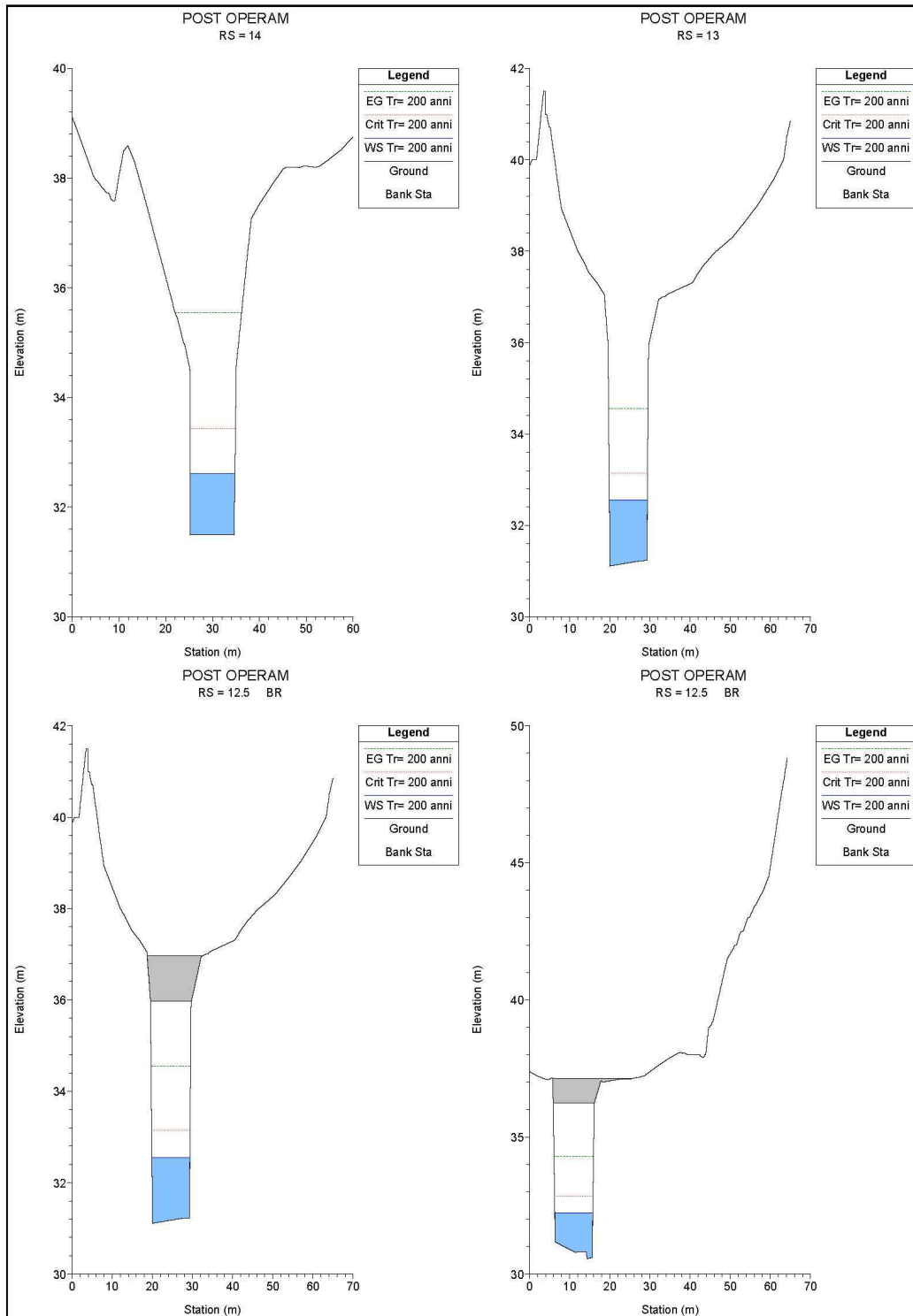
Figura 26 – Profilo post operam Reticolo minore V.ne Sant'Antonio alla Pk 13+700

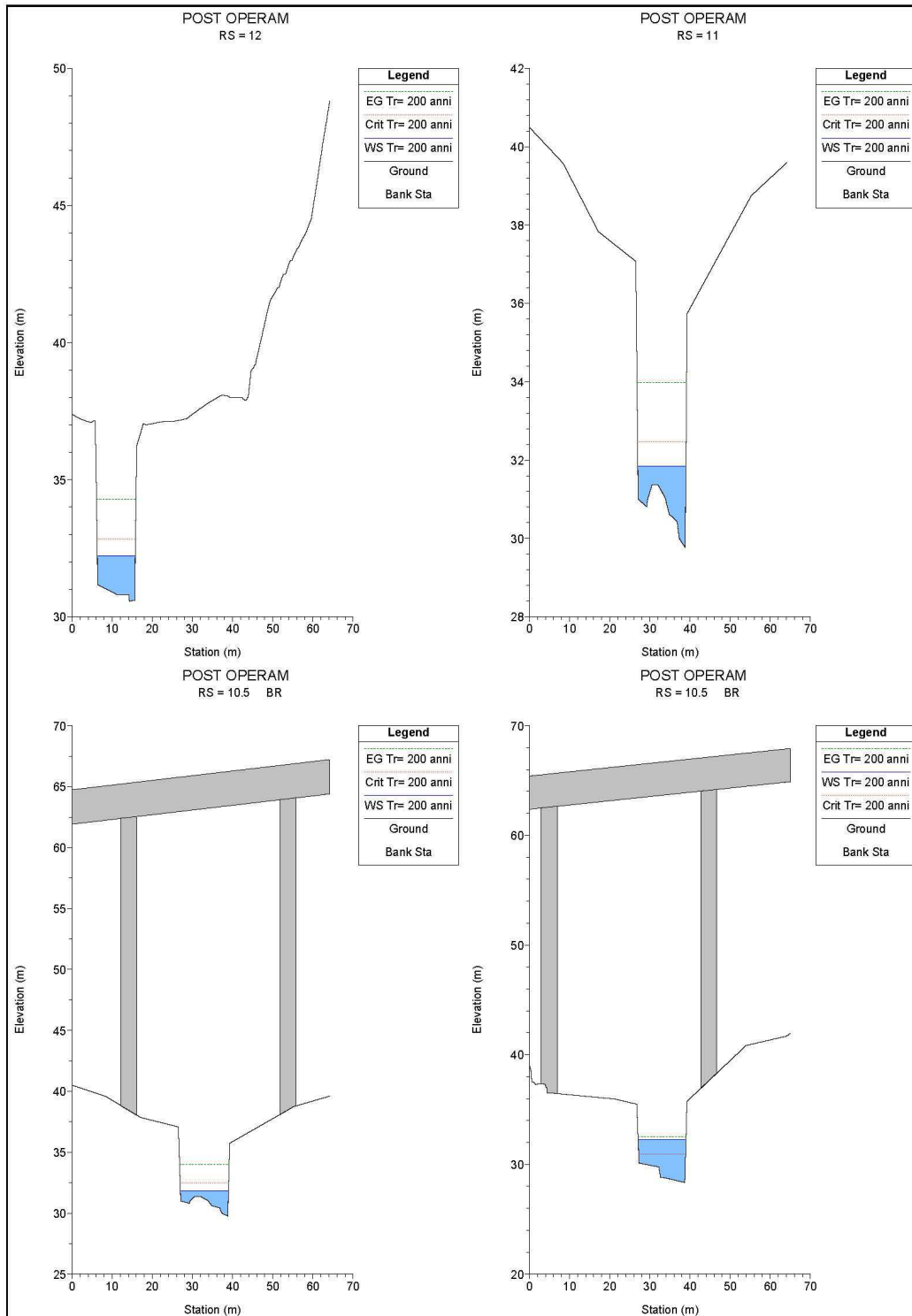


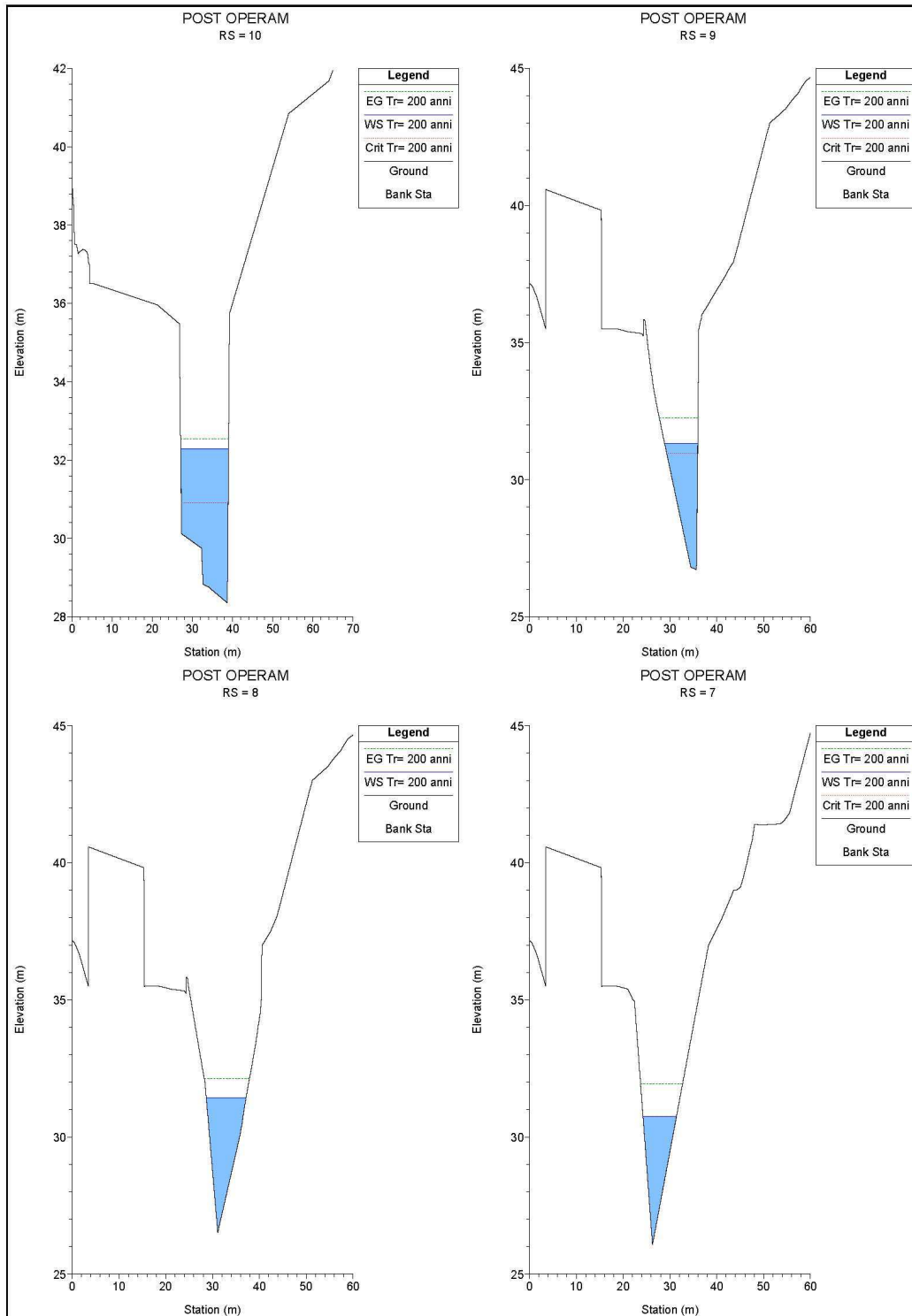


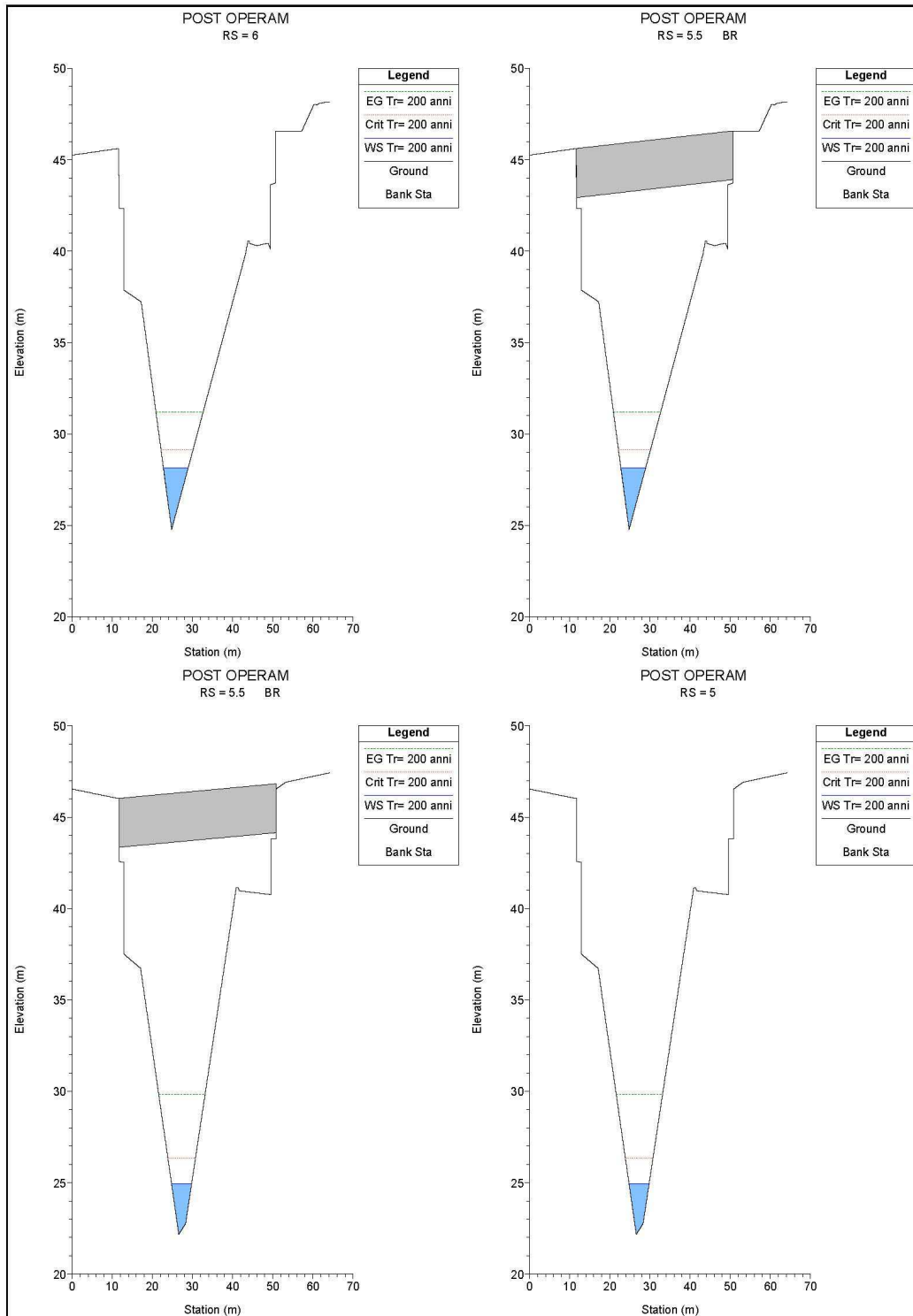


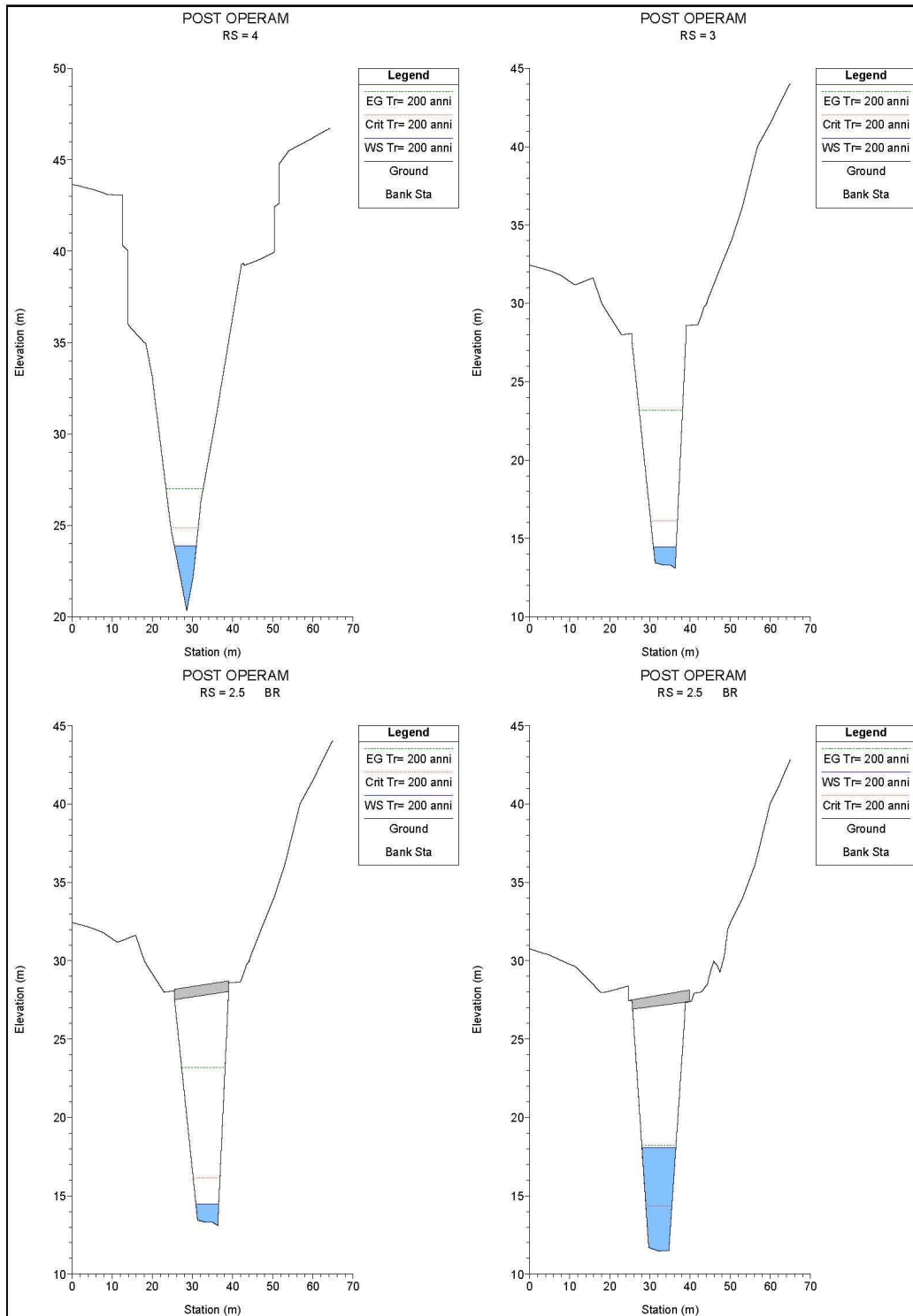












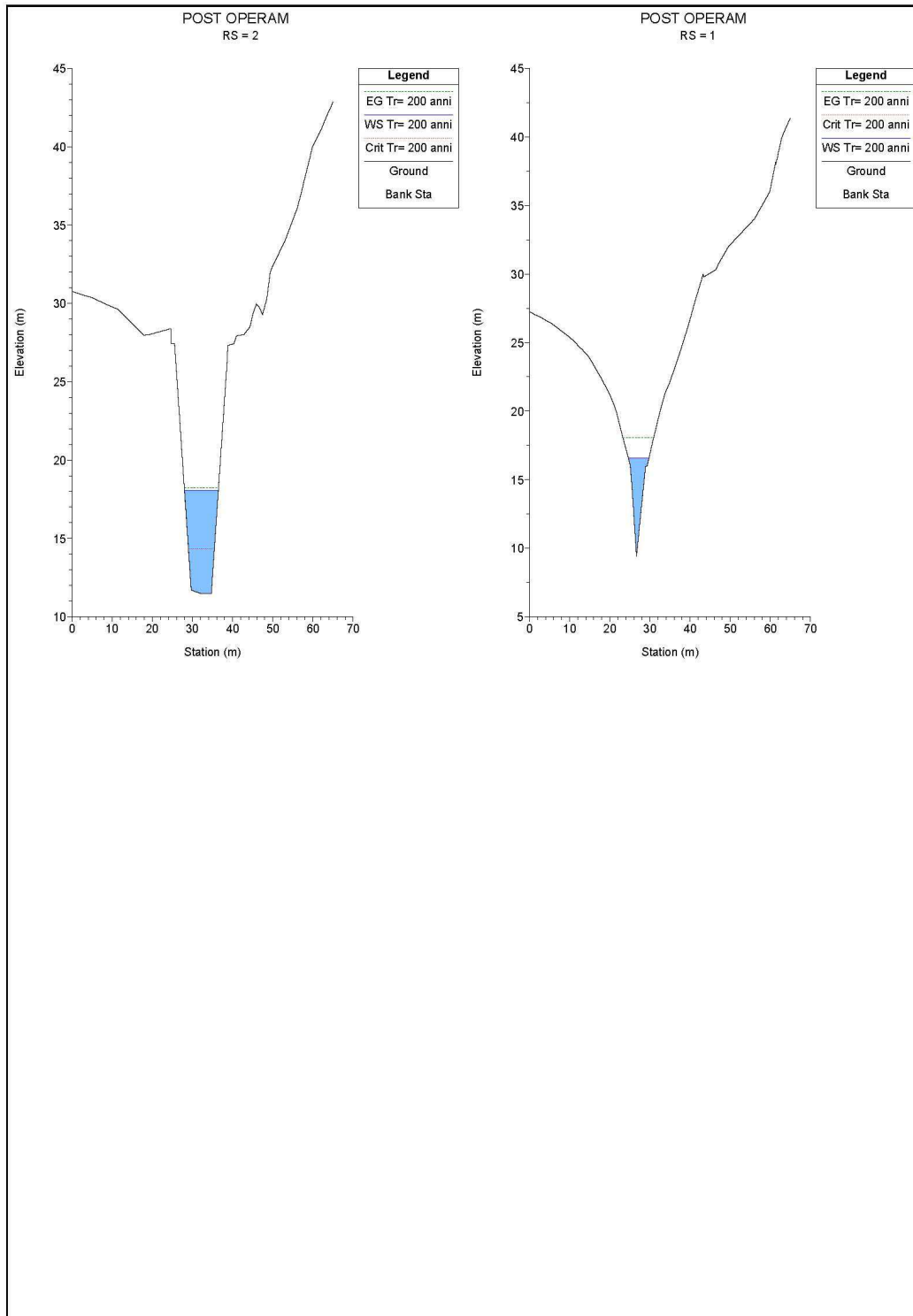


Figura 27 – Sezioni trasversali post operam Reticolo minore V.ne Sant'Antonio alla Pk 13+700

River Station (Sezione)	Q Total (Portata) [m ³ /s]	Length Chan (Parziale) [m]	Min Ch El (Q.ta fondo) [m.s.m.]	W.S. Elev. (Pelo libero) [m.s.m.]	Crit. W.S. (Quota altezza critica) [m.s.m.]	EG Elev (Quota Energia) [m.s.m.]	E.G. Slope (Pend. Energia) [m/m]	Vel Chnl (Velocità) [m/s]	Flow Area (Area sez. liq.) [m ²]	Top Width (Largh. Sup.) [m]	Froude # Chl (n° Froude)	Shear Total (Tens. Trascinam.) [N/m ²]	W.P. Total (Cont. Bagn.) [m]
28	80.68	9.06	48.93	51.80	51.80	52.52	0.016237	4.34	26.48	17.92	0.85	192.49	21.91
27	80.68	3.14	47.18	49.70	50.46	52.07	0.066127	6.82	11.83	6.60	1.61	697.76	11.00
26	80.68	12.08	45.77	47.92	49.02	51.68	0.100939	8.59	9.39	5.71	2.14	1114.01	8.34
25	80.68	37.54	44.33	46.48	47.73	50.40	0.108784	8.77	9.20	4.46	1.95	1169.28	8.40
24	80.68	19.60	40.69	43.13	44.30	46.58	0.088719	8.22	9.82	5.03	1.83	959.82	8.90
23	80.68	6.78	38.78	40.96	42.24	44.72	0.097760	8.59	9.39	5.14	2.03	1104.37	8.15
22	80.68	3.92	38.09	39.89	41.29	43.97	0.115805	8.94	9.02	5.41	2.21	1223.96	8.37
21	80.68	12.97	37.58	39.42	40.78	43.52	0.113979	8.97	9.00	5.41	2.22	1224.26	8.21
20	80.68	16.33	36.27	38.23	39.80	42.02	0.103455	8.62	9.36	5.09	2.03	1126.84	8.42
19	80.68	18.40	34.79	37.06	38.66	40.32	0.086348	8.00	10.09	4.62	1.73	961.95	8.88
18	80.68	11.77	33.85	36.22	37.35	38.77	0.061974	7.07	11.42	4.94	1.48	735.19	9.44
17	80.68	8.75	33.45	36.07	36.63	38.00	0.040249	6.20	13.82	8.87	1.27	409.20	13.33
16	80.68	17.50	33.13	35.68	36.14	37.34	0.032638	5.77	15.05	10.12	1.18	334.56	14.39
15	80.68	11.22	32.41	34.08	34.79	36.50	0.063273	6.88	11.72	7.17	1.72	710.54	10.24
14	80.68	9.49	31.49	32.61	33.44	35.55	0.103897	7.59	10.63	9.57	2.30	930.88	11.64
13	80.68	4.47	31.11	32.55	33.15	34.55	0.057150	6.27	12.88	9.48	1.72	601.53	12.00
12	80.68	4.10	30.56	32.23	32.83	34.29	0.060863	6.35	12.70	9.46	1.75	623.99	12.15
11	80.68	14.69	29.76	31.85	32.47	33.98	0.086518	6.47	12.47	11.99	2.03	700.05	15.12
10	80.68	34.39	28.35	32.29	30.91	32.54	0.003230	2.24	36.02	11.94	0.41	62.69	18.20
9	80.68	4.01	26.72	31.32	30.95	32.26	0.018083	4.29	18.79	7.06	0.84	255.97	13.02
8	80.68	9.05	26.52	31.43		32.12	0.011256	3.69	21.85	8.49	0.73	181.26	13.31
7	80.68	13.38	26.07	30.75	30.75	31.93	0.023994	4.82	16.73	7.15	1.01	327.07	12.03
6	80.68	11.26	24.77	28.14	29.13	31.20	0.082164	7.74	10.42	6.18	1.90	905.07	9.28
5	80.68	21.93	22.17	24.94	26.34	29.83	0.140579	9.80	8.24	4.97	2.43	1472.67	7.71
4	80.68	21.82	20.32	23.89	24.88	26.99	0.081399	7.80	10.35	5.49	1.81	912.16	9.06
3	80.68	4.10	13.11	14.47	16.12	23.18	0.355576	13.07	6.17	5.68	4.00	2863.35	7.52
2	80.68	10.01	11.47	18.05	14.36	18.23	0.001702	1.84	43.86	8.44	0.26	39.76	18.41
1	80.68		9.43	16.56	16.58	18.05	0.049204	5.40	14.94	5.13	1.01	463.47	15.56

Tabella 18 – Risultati della simulazione numerica post operam - Reticolo minore V.ne Sant’Antonio alla Pk 13+700

7.4 MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA TOMBINO LETOJANNI ALLA PK 1+350

7.4.1 Scenario post-operam



Figura 28 – Schema planimetrico post operam - Reticolo minore Tombino Letojanni alla Pk 1+350

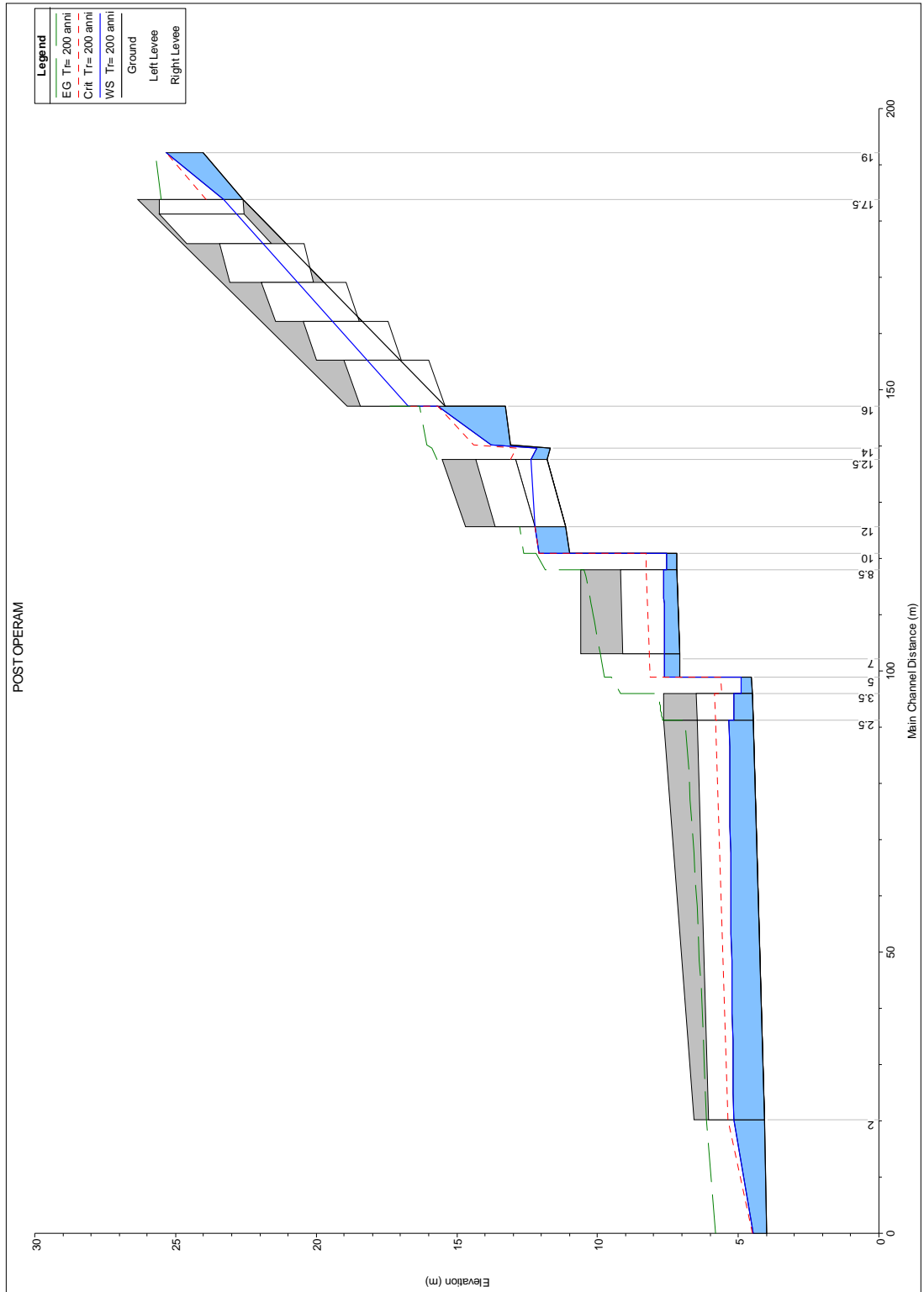
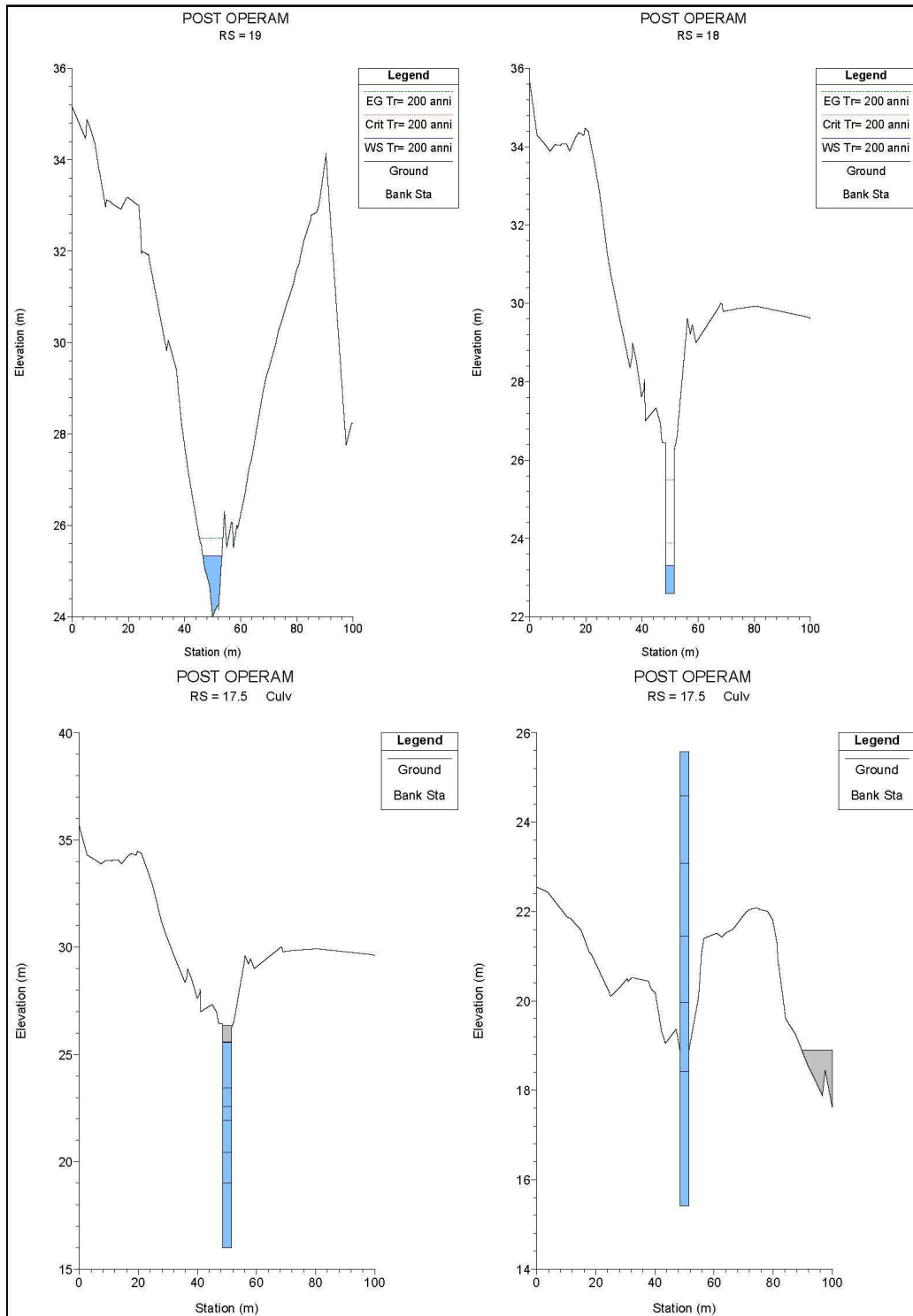
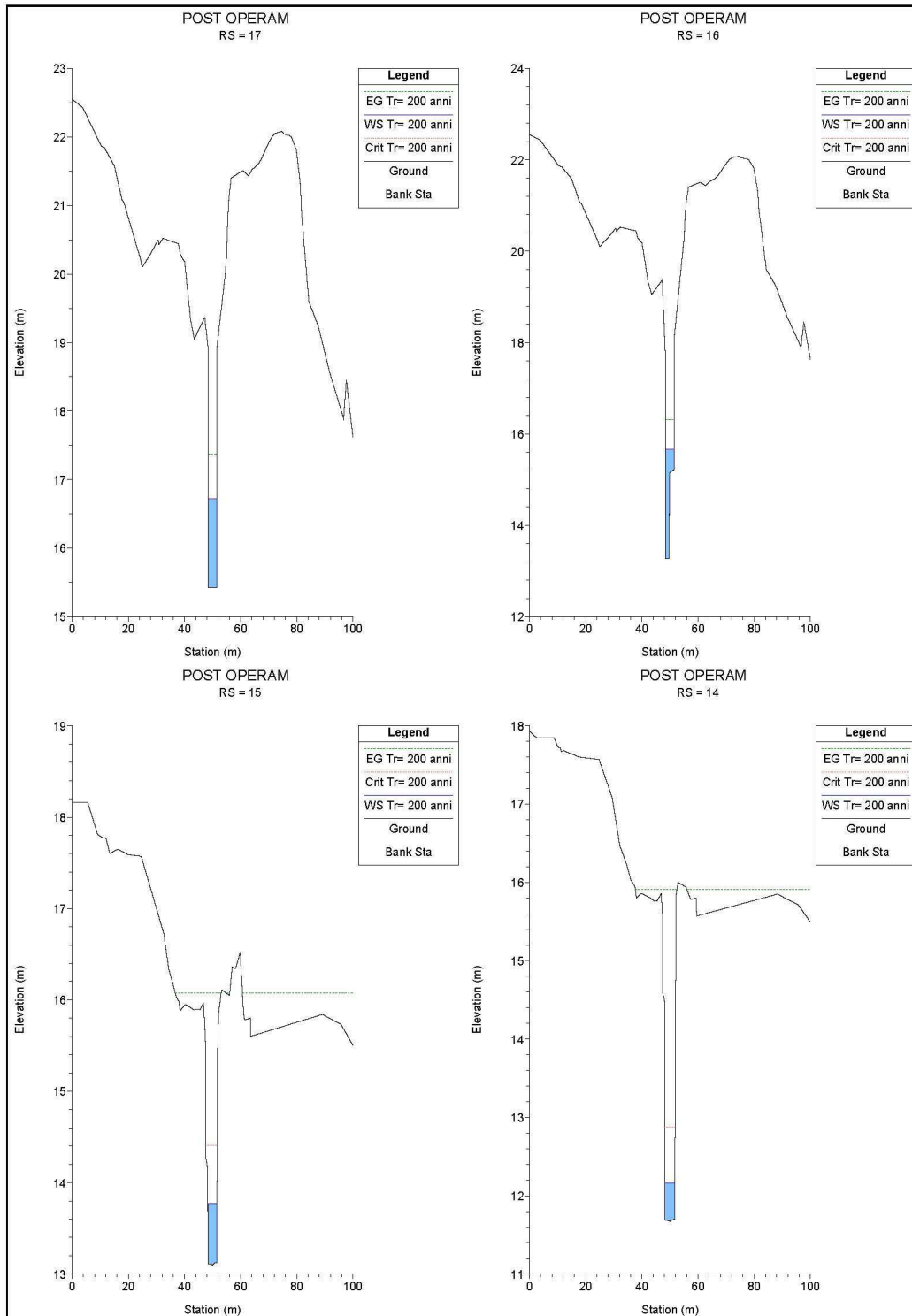
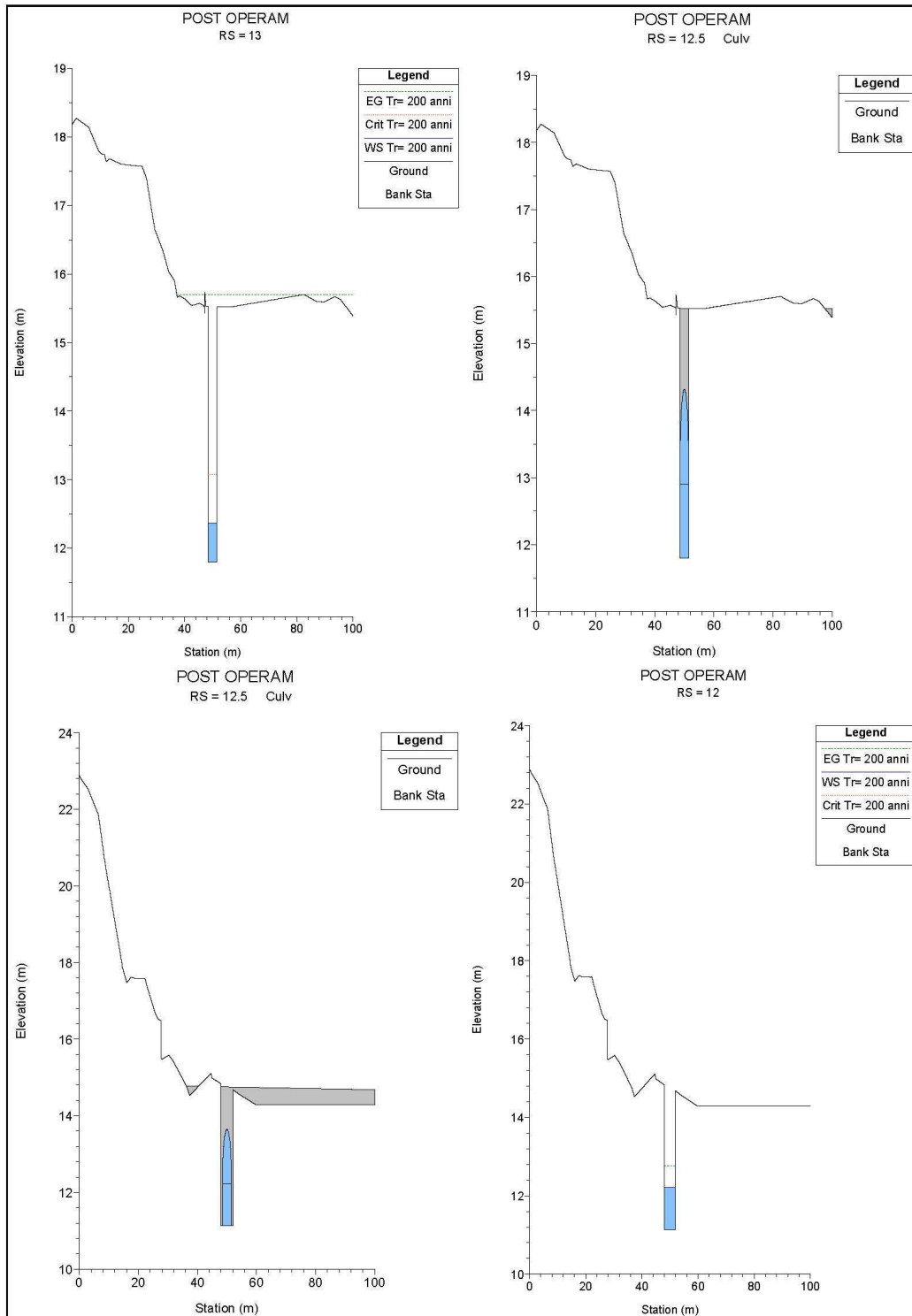
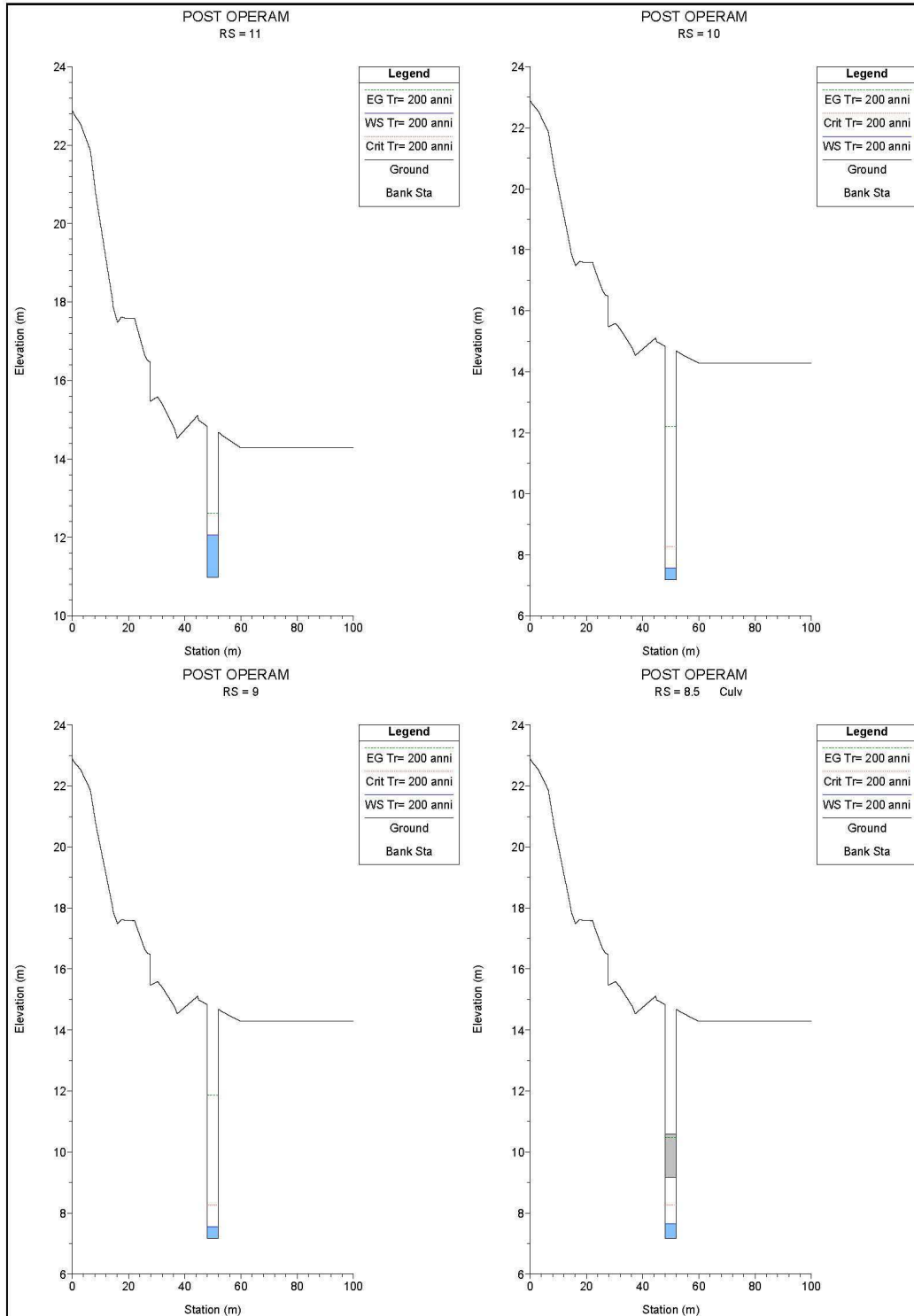


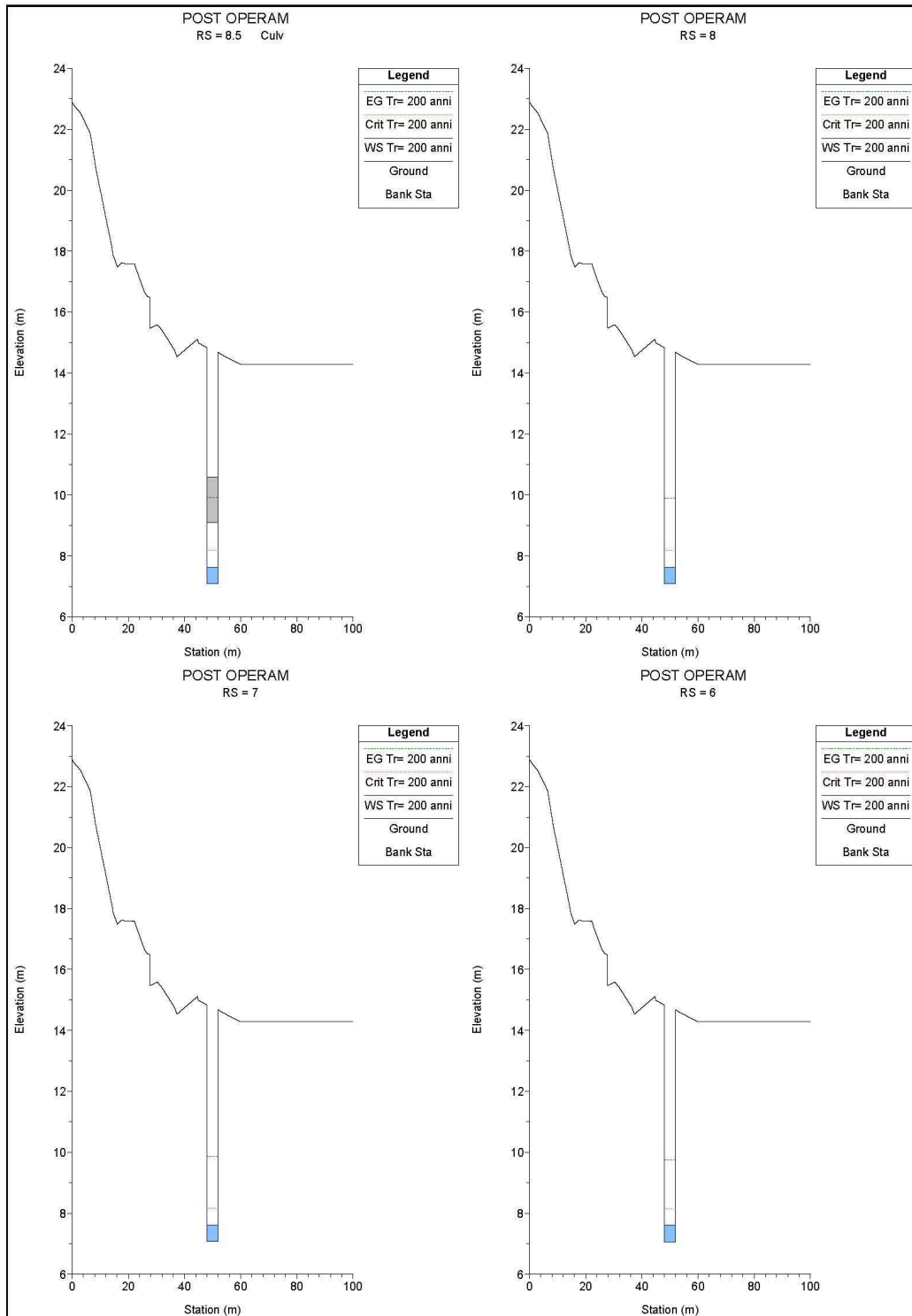
Figura 29 – Profilo post operam Reticolo minore Tombino Letojanni alla Pk 1+350

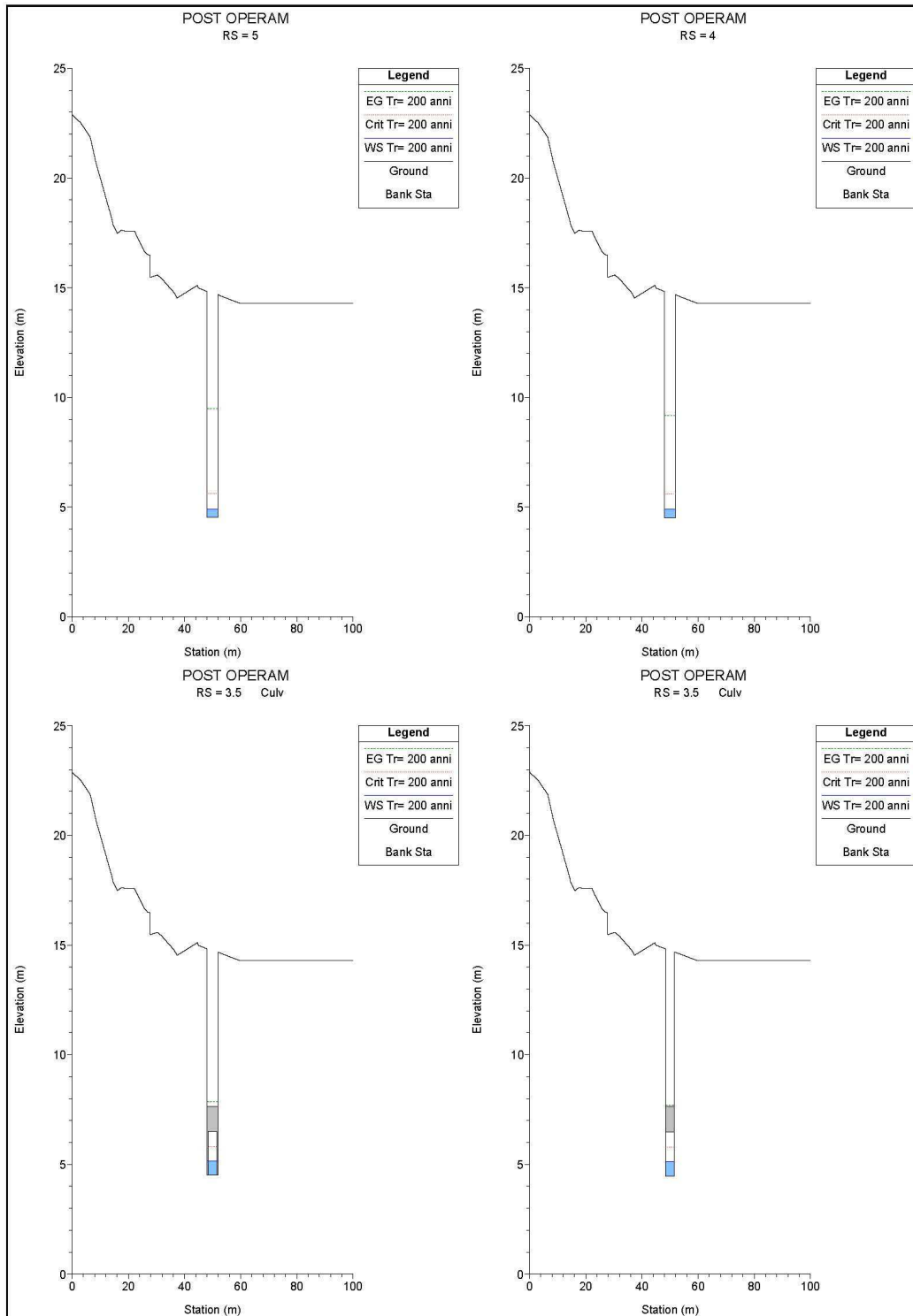


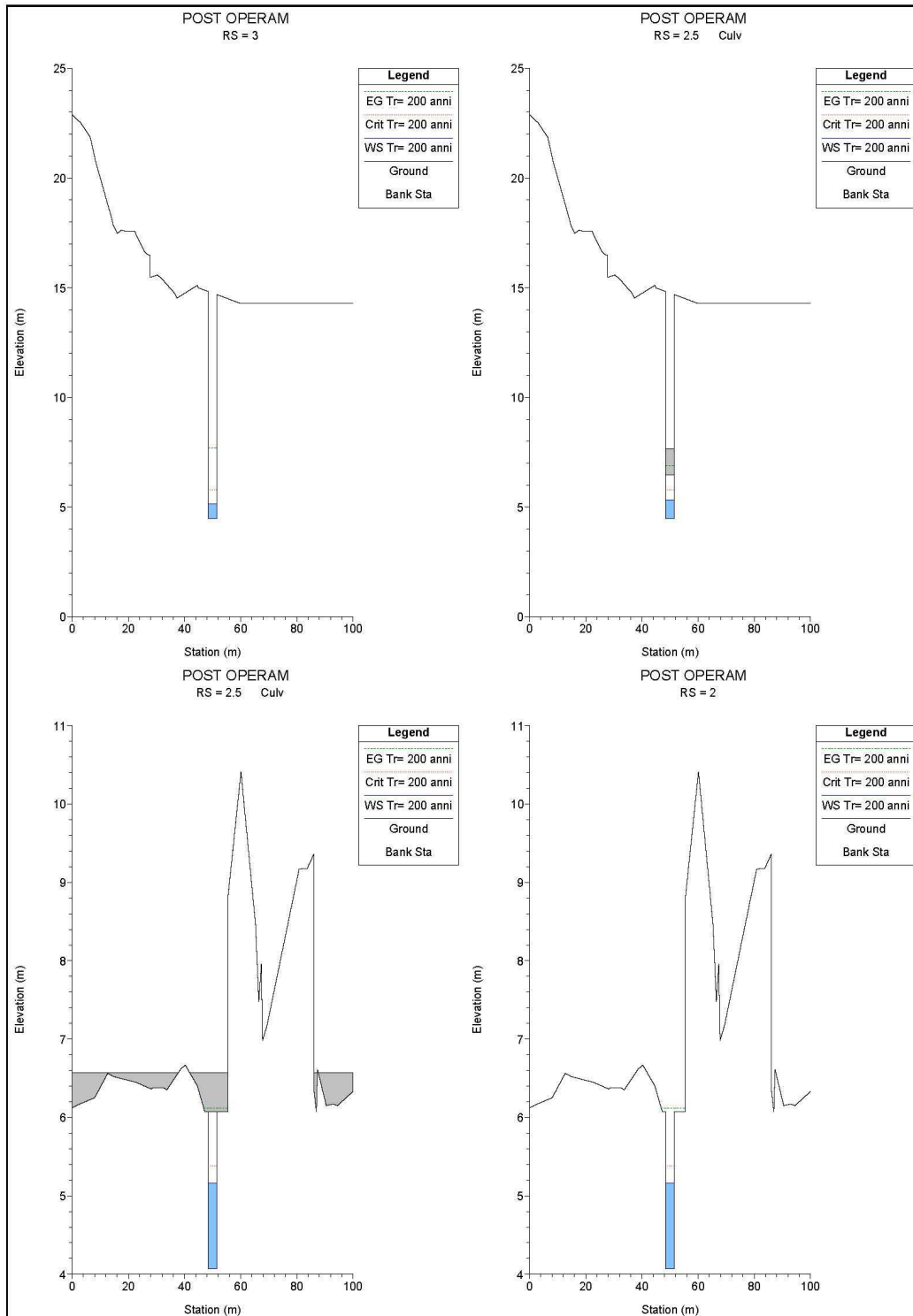












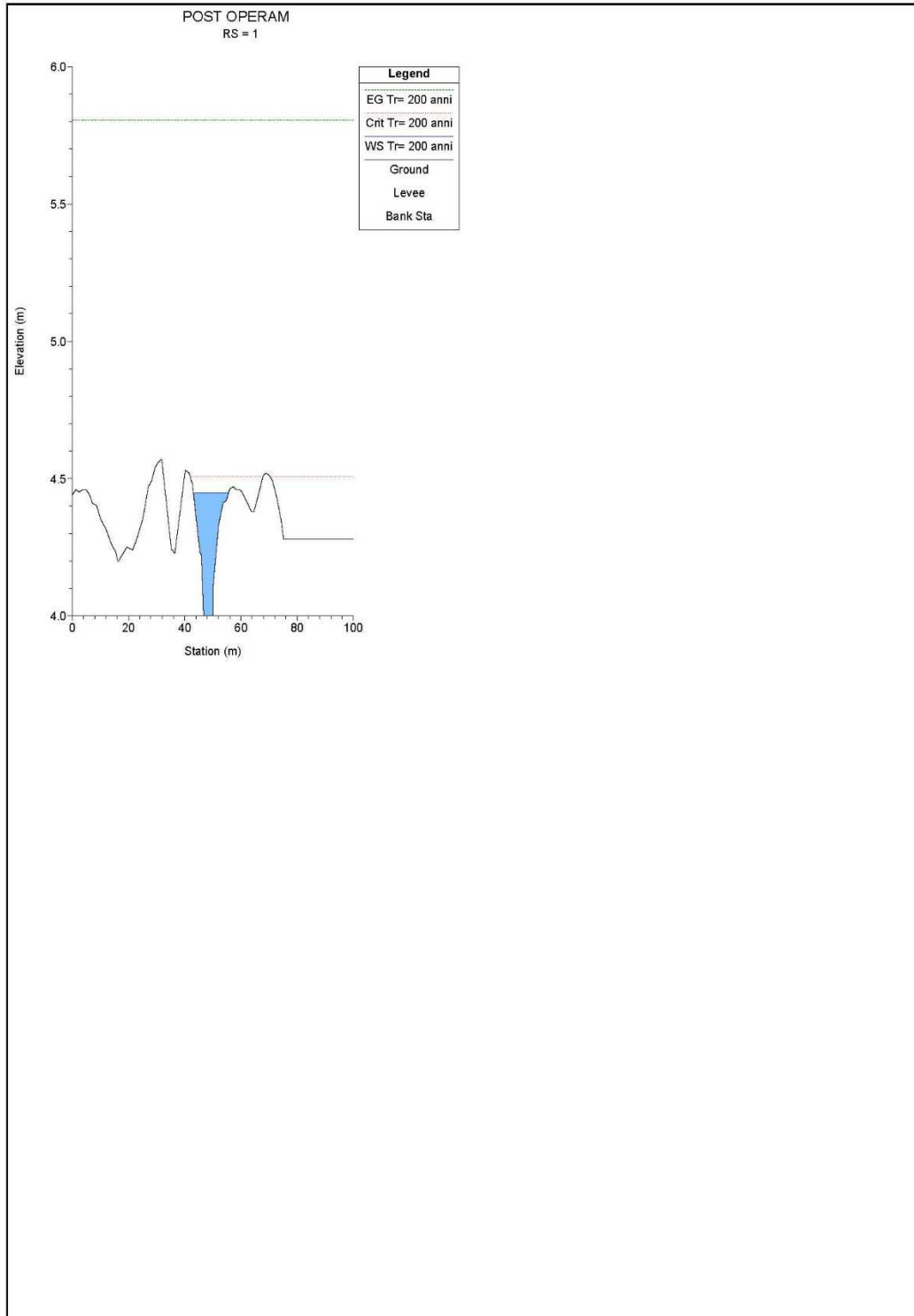


Figura 30 – Sezioni trasversali post operam Reticolo minore Tombino Letojanni alla Pk 1+350

River Station (Sezione)	Q Total (Portata) [m ³ /s]	Length Chanel (Parziale) [m]	Min Ch El (Q.ia fondo) [m.s.m.]	W.S. Elev. (Pelo libero) [m.s.m.]	Crit. W.S. (Quota altezza critica) [m.s.m.]	EG Elev (Quota Energia) [m.s.m.]	E.G. Slope (Pend. Energia) [m/m]	Vel Chnl (Velocità) [m/s]	Flow Area (Area sez. liq.) [m ²]	Top Width (Largh. Sup.) [m]	Froude # Chl (n° Froude)	Shear Total (Tens. Trascinam.) [N/m ²]	W.P. Total (Cont. Bagn.) [m]
19	14.19	8.45	24.00	25.34	25.34	25.72	0.002499	2.74	5.18	6.79	1.00	16.48	7.70
18	14.19	36.72	22.59	23.30	23.89	25.49	0.022162	6.56	2.16	3.05	2.49	105.24	4.47
17	14.19	0.01	15.42	16.72	16.72	17.37	0.004004	3.57	3.97	3.05	1.00	27.58	5.66
16	14.19	6.90	13.27	15.67	15.67	16.31	0.005994	3.55	3.99	3.13	1.00	30.26	7.76
15	14.19	0.60	13.10	13.77	14.41	16.07	0.023871	6.72	2.11	3.29	2.68	111.21	4.45
14	14.19	1.90	11.67	12.16	12.87	15.91	0.053062	8.57	1.65	3.53	4.00	195.76	4.40
13	14.19	11.95	11.80	12.36	13.08	15.70	0.041605	8.09	1.75	3.12	3.44	168.68	4.24
12	14.19	4.75	11.13	12.21	12.21	12.76	0.003365	3.27	4.33	4.00	1.00	23.18	6.17
11	14.19	0.01	10.98	12.06	12.06	12.61	0.003365	3.27	4.33	4.00	1.00	23.19	6.17
10	14.19	3.00	7.19	7.56	8.27	12.20	0.083729	9.54	1.49	4.00	5.00	257.46	4.74
9	14.19	14.87	7.17	7.56	8.25	11.86	0.074570	9.19	1.54	4.00	4.72	236.57	4.77
8	14.19	0.94	7.09	7.62	8.17	9.90	0.027958	6.69	2.12	4.00	2.93	114.92	5.06
7	14.19	3.15	7.08	7.61	8.16	9.87	0.027436	6.65	2.13	4.00	2.91	113.33	5.07
6	14.19	0.01	7.06	7.61	8.14	9.75	0.025413	6.48	2.19	4.00	2.80	107.07	5.09
5	14.19	3.00	4.53	4.90	5.61	9.50	0.082610	9.50	1.49	4.00	4.96	254.94	4.75
4	14.19	4.67	4.51	4.90	5.59	9.17	0.073620	9.15	1.55	4.00	4.70	234.36	4.78
3	14.19	71.19	4.47	5.14	5.78	7.68	0.027211	7.06	2.01	3.00	2.75	123.64	4.34
2	14.19	20.12	4.07	5.16	5.38	6.12	0.006769	4.33	3.28	3.00	1.32	41.96	5.19
1	14.19		4.00	4.45	4.51	5.80	0.040051	5.16	2.75	12.55	3.52	85.17	12.68

Tabella 19 – Risultati della simulazione numerica post operam - Reticolo minore Tombino Letojanni alla Pk 1+350