



# ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

## PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

### Bolognetta S.c.p.a.

## - PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:  
Dott. Maurizio D'Angelo



Titolo elaborato: **IDROLOGIA E IDRAULICA - OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE**  
**Fiume Mulinazzo - Svincolo Ciminna**  
**SF05 Relazione idrologica e studio idraulico**

Codice Unico Progetto (CUP): **F41B03000230001**

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PV	ID	RT19	6	2

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
	PVIDRT19_62_4137	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS		Maggio 2021	Q. Napoleoni S. Fortino N. Behmann
1	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA D.L.		Maggio 2020	Q. Napoleoni S. Fortino D. Tironi
0	PRIMA EMISSIONE		Dicembre 2019	Q. Napoleoni S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

Progettisti:  
F.A.C.E. S.r.l. - Società di ingegneria  
via Flaminia 71 - 00196 Roma  
tel: 06 32609519  
e-mail: info@facesrl.com  
pec: pec.facesrl@pec.com

Direttore Tecnico: ing. Antonio Ambrosi

Consulenti:  
  
**E&G S.r.l.**  
ENVIRONMENT & GEOTECHNIC  
STUDIO DI INGEGNERIA GEOTECNICA E AMBIENTALE

Direttore Tecnico: ing. Quintilio Napoleoni



Il Progettista Responsabile  
Ing. Antonio Ambrosi



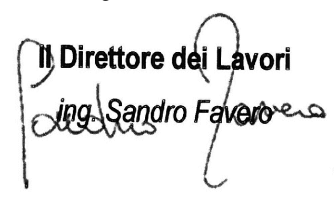
Il Geologo  
Dott. Geol. Gualtiero Bellomo



Il Coordinatore per la Sicurezza  
in fase di Esecuzione:  
Arch. Francesco Rondelli



Il Direttore dei Lavori:  
Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA: \_\_\_\_\_ PROTOCOLLO: \_\_\_\_\_ VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **LO410CE1101**

Dott. Ing. Luigi Mupo

## INDICE

1	PREMESSA .....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
4	DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO .....	5
4.1	APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA DEL PROGETTO VAPI .....	5
4.1.1	Determinazione del parametro CN .....	9
4.1.2	Calcolo del coefficiente di deflusso .....	13
4.1.3	Calcolo della portata di progetto.....	14
5	SOFTWARE UTILIZZATI .....	15
5.1	Metodologia di calcolo Software HEC-RAS .....	16
6	RISULTATI DELLE ANALISI .....	21
6.1	Risultati modellazione idraulica.....	21
6.2	Verifica delle protezioni di fondo alveo.....	28
7	CONSIDERAZIONI SUL PONTE DI MONTE ESISTENTE.....	30
8	CONCLUSIONI .....	40

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la “*Relazione Idrologica e Studio Idraulico*” relativa all’opera di regimazione fluviale SF05, in corrispondenza dello svincolo Ciminna.

Alla luce dei danni provocati dalle esondazioni del Novembre 2018, si propone, nel presente Progetto di Variante n. 3, l’estensione della sistemazione fluviale in oggetto a valle dell’interferenza principale, dal km 4+920 al km 5+240.

La soluzione progettuale proposta prevede la riprofilatura delle sezioni, e la protezione delle stesse con rivestimenti in materassi tipo Reno e gabbioni.

Le verifiche proposte sono riferite alla portata avente tempo di ritorno pari a 300 anni.

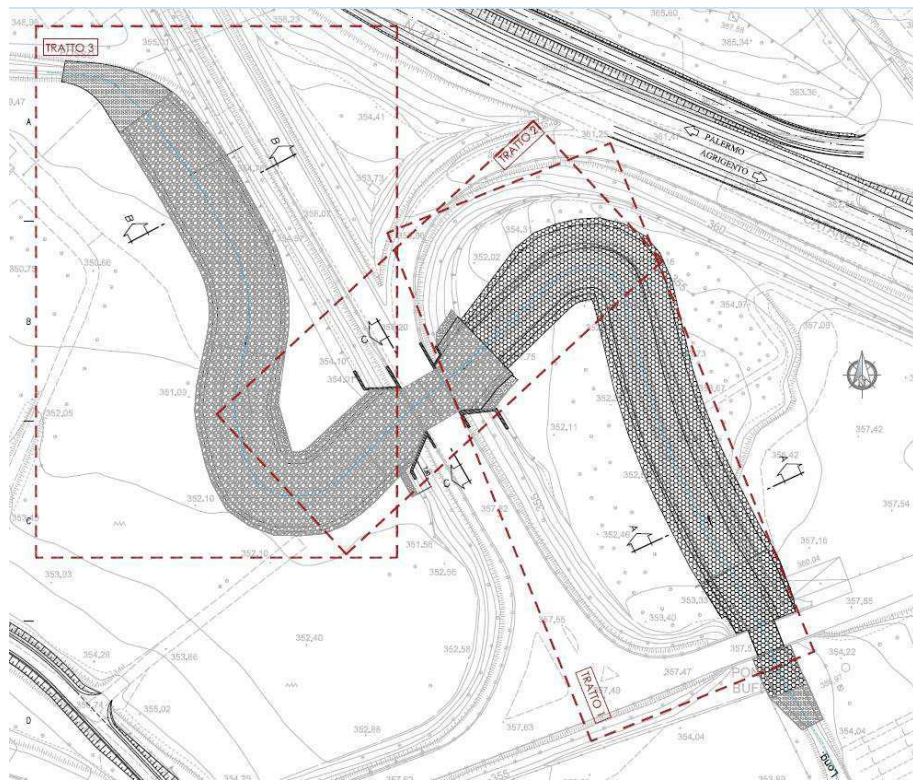


Figura 1 Stralcio della planimetria di progetto

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel presente studio, si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 27/01/2018 - "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 7 del 21 Gennaio 2019 - "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche".
- P.A.I della Regione Siciliana , Relazione Generale 2004.
- P.A.I della Regione Siciliana, rapporti "Bacino idrografico del fiume Milicia (n.0.34)" "Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia e il bacino del fiume San Leonardo (n.0.35)" "Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia ed il bacino del fiume Eleuterio (n.0.36)" "Bacino idrografico del fiume San Leonardo (PA)" (2004 e successivi aggiornamenti).

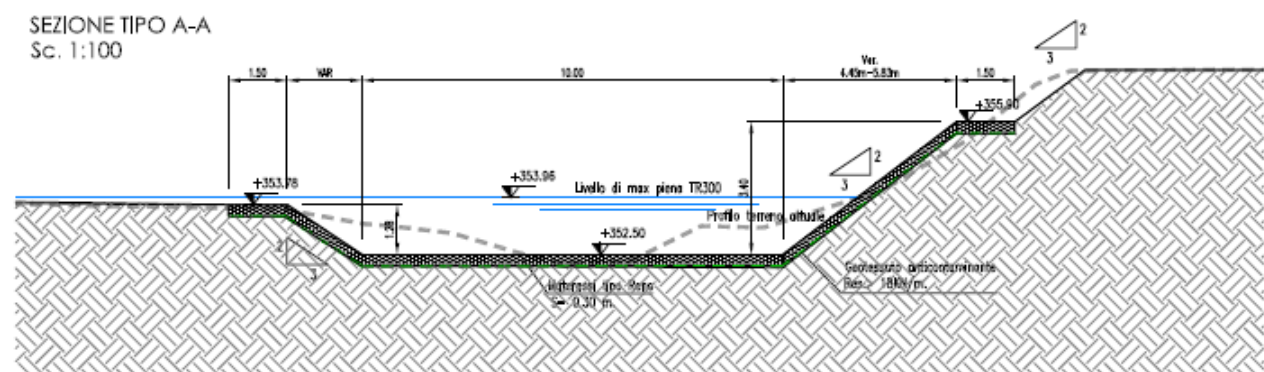
## 3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera di regimazione fluviale SF05 si estende tra i due ponti esistenti allo svincolo di Ciminna al km 5+270, sino a circa 150 m a valle del ponte di valle.

La sistemazione proposta prevede:

- Riprofilatura fondo alveo e rivestimento con materassi tipo Reno di spessore 30 cm nelle sezioni poste tra i due ponti (Sez. tipo A-A);
- Riprofilatura fondo alveo e rivestimento in gabbioni dal ponte di monte a fine sistemazione fluviale (Sez tipo C-C e B-B);
- Rivestimento con materassi tipo Reno di spessore 30 cm in corrispondenza del primo ponte di monte sino al raccordo con tipologico A-A.

Di seguito sono riportati gli stralci delle sistemazioni di progetto, si rimanda agli elaborati grafici relativi all'opera in esame per maggiori dettagli.





Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

Figura 2: Sezione tipo A-A

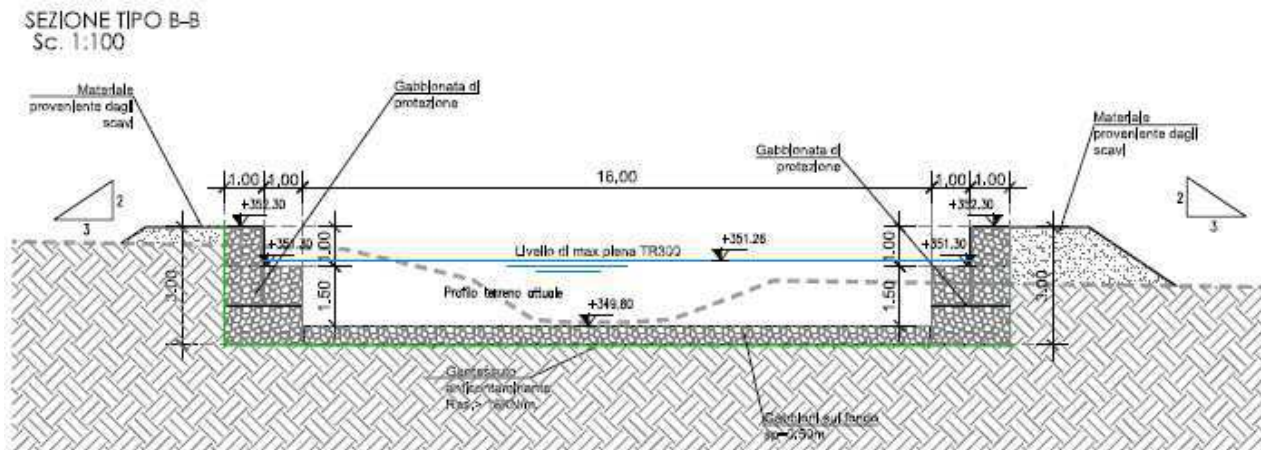


Figura 3 Sezione tipo B-B

SEZIONE TIPO C-C  
Sc. 1:100

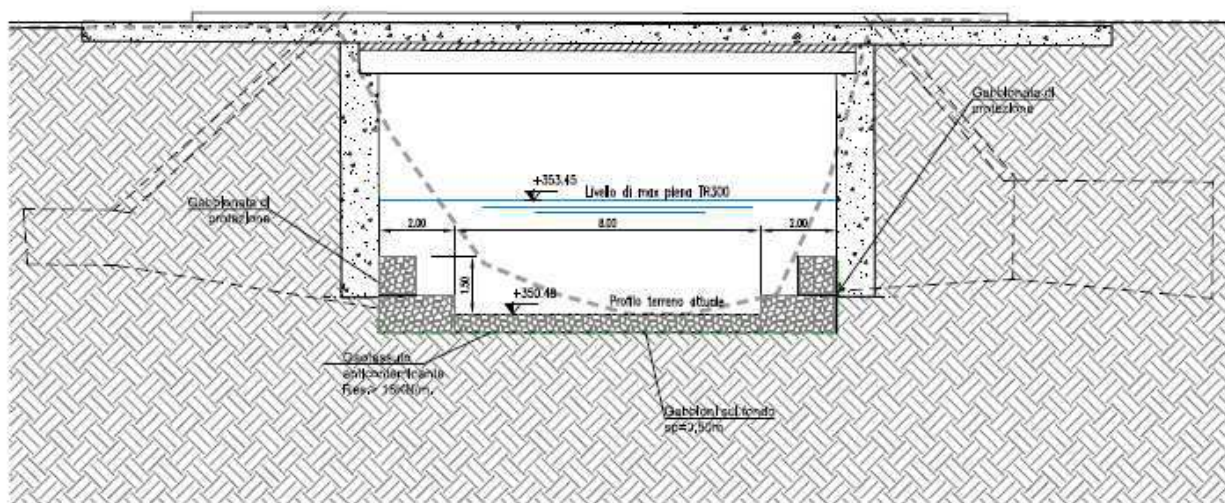


Figura 4 Sezione tipo C-C

## 4 DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

Si riporta nel presente paragrafo la metodologia proposta per il calcolo della portata di progetto del fiume Mulinazzo.

### 4.1 APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA DEL PROGETTO VAPI

Con riferimento al bacino oggetto di studio, l'individuazione delle caratteristiche pluviometriche è stata determinata in conformità a quanto previsto dal progetto di valutazione Piene (VaPi) del gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), mediante le procedure di regionalizzazione, secondo le procedure indicate nel rapporto della Regione Sicilia (Ferro e Carnozzo 1993).

La determinazione dell'altezza di pioggia ( $h$ ), e le relative intensità ( $i$ ) è stata condotta utilizzando il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution).

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola in tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni parametri statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico della serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante per l'intera regione Sicilia. L'intera regione si ritiene pertanto una zona pluviometricamente omogenea ed i valori dei parametri sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

Il secondo livello di regionalizzazione prevede l'individuazione di sottozone omogenee (SZO) all'interno di quella individuata al primo livello. In tali zone risulta costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometricamente omogenee.

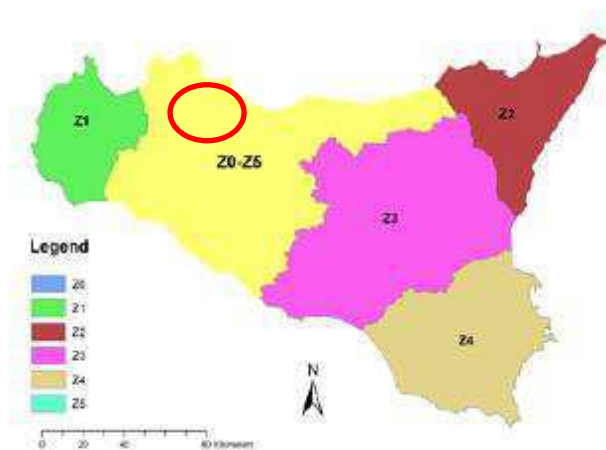


Figura 5: Sottozona pluviometricamente omogenee regione Sicilia. Cerchiata in rosso l'area di interesse.

In ogni sottozona la variabile adimensionale  $h = h(t, T)$ , valore dell'altezza di pioggia per fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media della legge TCEV, assume la seguente espressione:

$$K_T = a * \ln(T) + b$$

Dove:

$K_T$ : coefficiente adimensionale di crescita per ogni SZO fissato il tempo di ritorno;

$a, b$ : parametri per le differenti SZO definiti nella tabella seguente.

Sottozona Parametro	$Z_0 - Z_5$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
<b>a</b>	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
<b>b</b>	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 4.2: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti  $a$  e  $b$  per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al., 2007).

Figura 6: Coefficienti  $a, b$  per la definizione del coefficiente di crescita. Cerchiata in rosso la zona di interesse.

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità ( $\mu$ ) e le grandezze relative al sito di misura, dipendenti dai parametri geografici.

L'espressione della curva di probabilità pluviometria assume quindi la forma:

$$h(t, T) = K_T * \mu(t)$$

Dove:

$h(t, T)$ : è l'altezza di pioggia per assegnata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$ ;

$\mu(t)$ : assume per le stazioni pluviografiche siciliane la seguente forma:  $\mu(t) = a * t^n$ , con  $a, n$  tabellati per ogni stazione pluviografica.

Nel presente caso, vista l'ubicazione dell'area oggetto del presente studio, sono stati utilizzati i valori di  $a$  ed  $n$  afferenti alla stazione pluviometrica di **Ciminna**.

L'espressione analitica della legge di probabilità pluviometrica, per il tempo di ritorno pari a 300 anni assume quindi la seguente forma:

$$h(t, T = 300) = 63.85 * t^{0.3529}$$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

Tab. 5.III - Valori delle costanti a e n della (5.17) per le stazioni pluviografiche siciliane

Codice	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
1	Monforte S. Giorgio	Niceto	35.9	0.3391
2	Milazzo	Tra Muro e Mela	30.3	0.2208
3	Castroreale	Longano	27.4	0.4470
4	Montalbano Elicona	Mazzarra	26.2	0.4255
5	Tindari	Tra Mazzarra e Timeto	26.5	0.2977
6	S. Piero Patti	Timeto	28.3	0.3369
7	Capo d'Orlando	Tra Naso e Zappulla	20.5	0.2934
8	Tortorici	Zappulla	28.4	0.3347
9	Alcara Li Fusi	Rosmarino	23.2	0.3970
10	Sanfratello	Inganno	21.9	0.3723
11	S. Stefano di Camastra	S. Stefano	26.7	0.2560
12	Castelbuono	Pollina	25.6	0.3451
13	Isnello	Pollina	25.0	0.4109
14	Cefalù	Pollina	27.3	0.2827
15	Collesano	Roccella	28.1	0.3880
16	Caltavuturo	Imera Settentrionale	20.4	0.4252
17	Gioia (Fattoria)	Torto	20.5	0.3147
18	Termini Imerese	Tra Torto e S. Leonardo	30.5	0.2635
19	Imbriaca	S. Leonardo	22.6	0.3567
20	Vicari	S. Leonardo	22.5	0.3205
21	Campofelice di Fitalia	S. Leonardo	22.9	0.2244
22	Mezzocuso	S. Leonardo	20.6	0.3415



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

Codice	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
23	Sambuchi	S. Leonardo	19.5	0.3172
24	Caccamo	S. Leonardo	22.0	0.3414
25	Ciminna	S. Leonardo	20.8	0.3529
26	Monumentale	S. Leonardo	29.3	0.2608
27	Turdiepi (Fattoria)	Eleuterio	21.6	0.3511
28	Lupo	Eleuterio	24.9	0.2819
29	Ficuzza	Eleuterio	22.2	0.3088
30	Ficuzza Bosco	Eleuterio	24.1	0.3792
31	Marineo	Eleuterio	27.4	0.2979
32	Risalaimi	Eleuterio	24.9	0.3272
33	Misilmeri	Eleuterio	21.0	0.3054
34	Pioppo	Oreto	27.4	0.4032
35	Altofonte	Oreto	25.0	0.3567
36	Romitello	Tra Oreto e Giancaldara	30.1	0.2972
37	S. Martino delle Scale	Tra Oreto e Giancaldara	28.2	0.3327
38	Montepellegrino	Tra Oreto e Giancaldara	29.5	0.2733
39	Partinico	Tra Oreto e Giancaldara	21.2	0.3120
40	Palermo Ist. Zoot.	Tra Oreto e Giancaldara	25.1	0.2928
41	Palermo Serv. Idr.	Tra Oreto e Giancaldara	28.7	0.3143
42	Palermo Oss. Astr.	Tra Oreto e Giancaldara	22.2	0.2687
43	Palermo Ist. Castel.	Tra Oreto e Giancaldara	23.2	0.3119
44	Isola delle femmine	Tra Oreto e Giancaldara	21.7	0.2968
45	Ginestra	Giancaldara	27.9	0.3874

Figura 7: Parametri a, n delle curve CPP per le differenti stazioni pluviometriche.

All'analisi pluviometrica segue la valutazione della portata al colmo di piena istantanea. Per tale valutazione ci si è riferiti al modello di regionalizzazione proposto dal VaPi Sicilia al terzo livello di

regionalizzazione, utilizzando come metodo di trasformazione afflussi-deflussi la formula razionale per la quale:

$$Q = \frac{\psi * I(t_c) * A}{3.6} [mc/s]$$

Dove:

$\psi$ : Coefficiente di deflusso;

$I(t_c)$ : Intensità di precipitazione massima registrata in un intervallo orario pari al tempo di corrivazione del bacino;

A: Area del bacino.

L'area del bacino di pertinenza della zona di studio è stata posta pari a 26.24 km<sup>2</sup>, coerentemente agli studi idrologici presentati nelle precedenti fasi progettuali, i cui contenuti sono stati verificati dallo scrivente a monte della redazione del presente elaborato.

Il tempo di corrivazione del bacino è stato ricavato utilizzando la metodologia indicata dal Vapi della regione Sicilia, per la quale:

$$t_c = 0.35\sqrt{A}$$

Nel caso in esame risulta pertanto:

$$t_c = 1.8 [h]$$

Il valore del coefficiente di deflusso è stato determinato mediante il metodo “Curve Number” proposto dal Soil Conservation Service (1972), metodologia indicata dai rapporti relativi al *P.A.I. per il “Bacino idrografico del fiume Milicia (n.0.34)” “Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia e il bacino del fiume San Leonardo (n.0.35)” “Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia ed il bacino del fiume Eleuterio (n.0.36)” “Bacino idrografico del fiume San Leonardo (PA)”* (2004 e successivi aggiornamenti). La metodologia completa viene illustrata nel seguente paragrafo.

#### 4.1.1 Determinazione del parametro CN

Il metodo del Curve Number si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) risulti legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda (effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale secondo la relazione:

$$P_{net} = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} [mm] \quad (1)$$

Dove:

S: Massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni sature;

I<sub>a</sub>: Perdita iniziale, equivalente al valore limite di altezza di pioggia che può essere trattenuta dal terreno senza che si origini il deflusso.

In assenza di adeguate osservazioni utili il parametro I<sub>a</sub> può essere calcolato come:

$$I_a = 0.2 * S \quad (2)$$

La valutazione di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), secondo la seguente relazione:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) [mm] \quad (3)$$

Dove CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e della condizione di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base delle capacità di assorbimento del terreno, ha classificato i vari tipi di suolo in 4 gruppi (A,B,C,D) come indicato nella tabella che segue.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Tabella 1 - Metodo SCS-CN Classi di suolo

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di uso del suolo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
<u>Terreno coltivato</u>				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
<u>Terreno a pascolo</u>				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
<u>Terreni boscosi o forestati</u>				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
<u>Spazi aperti, prati rasati, parchi</u>				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
<u>Aree commerciali (area impermeabile 85%)</u>	89	92	94	95
<u>Distretti industriali (area impermeabile 72%)</u>	81	88	91	93
<u>Aree residenziali</u>				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
<u>Parcheggi, tetti, autostrade</u>	98	98	98	98
<u>Strade</u>				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

**Tabella 2 - Metodo SCS-CN ;CN per diversi tipi di uso del suolo per condizioni di umidità iniziale media (Classe II)**

I valori di CN riportati in tabella si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo intermedia secondo la classifica AMC (Antecedent Moisture Condition). Si assume pertanto che il valore di CN vari in relazione alle condizioni di imbibimento all'atto della piena. Tale stato di imbibimento viene espresso, dalla classificazione AMC, in base ad un indice di altezza di pioggia corrispondente all'altezza cumulata dei 5 giorni precedenti all'evento che si intende considerare (API5).

Noto il valore di CN per le condizioni medie (ACM II), è possibile ricavare il corrispondente valore per le condizioni di interesse secondo le curve di seguito riportate.

CLASSE AMC	Altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I - asciutta	< 12.7	< 35.5
II - media	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III - umida	> 28.0	> 53.3

**Tabella 3 - Definizione della classe di umidità in base all'indice API<sub>5</sub>**

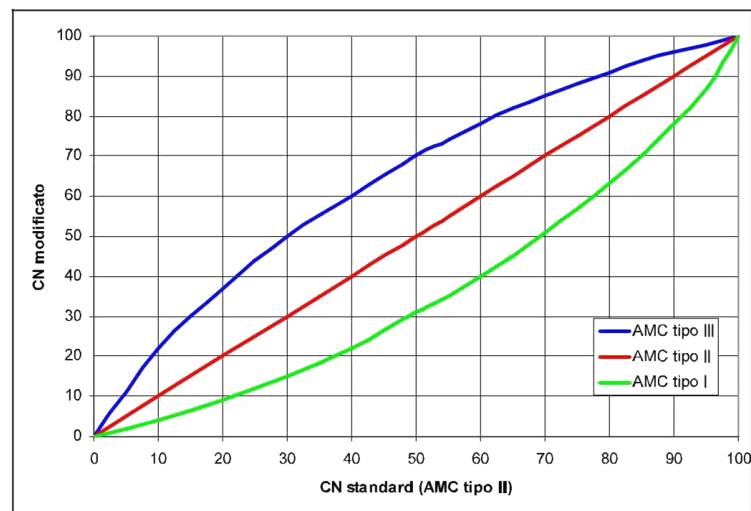


Figura 8 - Curve di conversione dei valori di CN per le diverse condizioni iniziali

Considerando le caratteristiche geologiche del bacino idrografico oggetto del presente studio (vedasi relazione Geologica Generale allegata al presente progetto), si è considerata la tipologia idrologica di suolo **D**.

il valore del parametro CN è stato ricavato come media pesata dei valori  $CN_i$  attribuiti ai diversi usi del suolo.

A partire dalla carta di uso del suolo del 2018 della Regione Sicilia, le categorie di uso del suolo presenti nel bacino di competenza sono state ricondotte a 3 categorie principali, a ciascuna delle quali è stato attribuito un valore di CN stabilito sulla base di quanto riportato in Tabella 2.

Si riportano i valori di CN attribuiti a ciascuna categoria:

- 1- Spazi aperti, pascoli e terreni coltivati  $CN_{SA}=85$
- 2- Aree boschive o forestali  $CN_{AB}=82$
- 3- Aree impermeabilizzate, aree residenziali e commerciali  $CN_{AI}=95$

Il valore del CN da attribuire al bacino o sottobacino è stato quindi calcolato come:

$$CN = \frac{\sum_i CN_i A_i}{A_{tot}}$$



Essendo le aree di pertinenza di ogni categoria per il bacino in esame:

- $A_{SA} = 25$  (km<sup>2</sup> Spazi aperti/pascoli e terreni coltivati)
- $A_{AB} = 0.4$  (km<sup>2</sup> Aree boscate e forestali)
- $A_{AI} = 0.8$  (km<sup>2</sup> Aree impermeabilizzate residenziali e commerciali)

Si ottiene quindi:

$$CN = \frac{\sum_i CN_i A_i}{A_{tot}} = \frac{85 * 25 + 82 * 0.4 + 95 * 0.8}{26.24} = 85$$

Considerando una condizione di imbibimento del terreno media (classe AMC II) si è attribuito un valore di CN pari a 85.

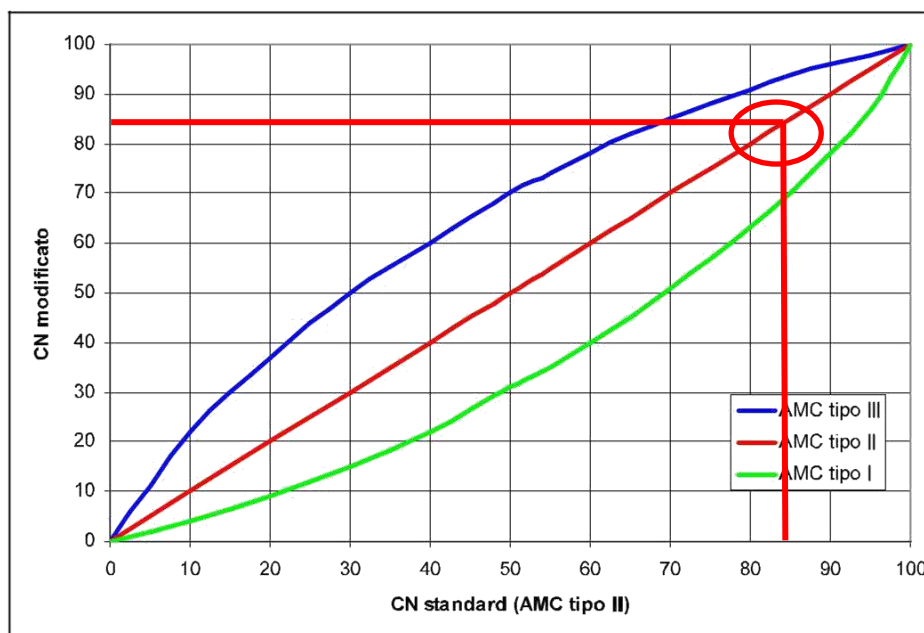


Figura 9 - Procedura grafica per la stima di CN

Il valore di CN così ottenuto risulta in linea con i valori proposti dal rapporto relativo al P.A.I per l'area in esame.

#### 4.1.2 Calcolo del coefficiente di deflusso

La determinazione della pioggia lorda è stata eseguita secondo la metodologia proposta dal VaPi Sicilia, come illustrato nel precedente paragrafo.

Il valore di pioggia lorda, per il tempo di ritorno pari a 300 anni, per il bacino in esame risulta pertanto:

$$h(t_c, T = 300) = 63.85 * 1.8^{0.3529} = 78.5 [mm]$$

Utilizzando le relazioni (1), (2), (3) del paragrafo 8.1.1 si ottengono pertanto i seguenti valori:

- $S = 254 \left( \frac{100}{85} - 1 \right) = 44.8 [mm]$
- $I_a = 0.2 * 44.8 = 9.0$
- $P_{net} = \frac{(78.5-9.0)^2}{78.5-9.0+44.8} = 42.2 [mm]$

Il valore del coefficiente di deflusso è quindi calcolabile come rapporto tra la pioggia effettiva e la pioggia netta calcolata con il metodo SCS-CN e pertanto pari a:

$$\psi = \frac{P_{net}}{P} = 0.54$$

#### 4.1.3 Calcolo della portata di progetto

La portata di progetto con tempo di ritorno trecentennale è quindi stata calcolata sulla base delle metodologie e dei risultati illustrati nei precedenti paragrafi. Applicando pertanto la formula razionale, utilizzando i coefficienti di deflusso calcolati con il metodo SCS, si ottiene per il bacino in esame:

$$Q = 172 m^3/s$$

## 5 SOFTWARE UTILIZZATI

Per il calcolo delle opere in esame è stato impiegato il software HEC-RAS 5.0.5 della US Army Corps of Engineers, secondo uno schema monodimensionale della propagazione dei deflussi in alveo in condizioni di moto permanente in corrente mista.

Per il suddetto software/codice di calcolo si dichiara di aver condotto una valutazione di affidabilità e dell'idoneità al caso specifico di applicazione, attraverso verifiche alternative di controllo sui modelli realizzati ed una validazione critica dei risultati degli stessi mediante analisi semplificate tradizionali, nonché di aver esaminato la documentazione fornita dal produttore o dal distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione dei programmi.

Le sezioni da implementare nel software di calcolo sono state estrapolate seguendo i seguenti criteri:

- In corrispondenza dell'alveo le sezioni risultano perpendicolari allo stesso in condizioni di piena;
- Non deve esserci sovrapposizione delle sezioni;
- Numerazione progressiva a partire dalla prima sezione di valle;
- In corrispondenza dell'attraversamento è necessario tracciare 4 sezioni secondo lo schema di seguito riportato in Figura 10.

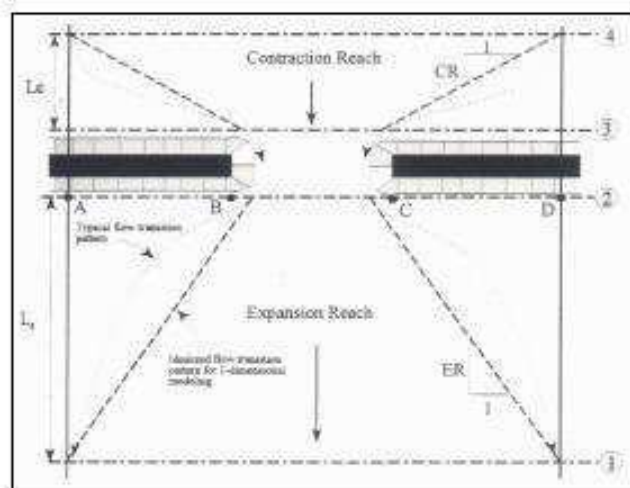


Figura 10 Schema per il tracciamento delle sezioni in corrispondenza di un ponte

La necessità di inserire 4 sezioni per la corretta modellazione dell'attraversamento deriva dal fatto che Hec-Ras valuta le perdite di energia causate da questa struttura in tre parti:

- Dovute all'espansione del flusso che si verifica immediatamente a valle
- Dovute alla contrazione del flusso che si verifica immediatamente a monte
- Dovute all'opera stessa.

Per i coefficienti di contrazione ed espansione sono stati utilizzati i valori di 0,1 e 0,3, valevoli per graduali transizioni, e di 0,3 e 0,5 per le sezioni dei ponti.

Le equazioni che governano la modellazione saranno descritte più nel dettaglio nel paragrafo seguente.

## 5.1 METODOLOGIA DI CALCOLO SOFTWARE HEC-RAS

Il modello di simulazione HEC-RAS (River Analysis System) è stato inizialmente sviluppato dall'US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center per lo studio delle reti di canali aperti, attraverso la ricostruzione dei profili idraulici di moto permanente in regime subcritico e supercritico, operando nell'ipotesi di monodimensionalità del flusso.

La determinazione dei parametri fisici che descrivono il deflusso all'interno di una sezione d'alveo in HEC-RAS è basata sulle seguenti ipotesi semplificative:

- moto monodimensionale;
- moto gradualmente variato;
- distribuzione idrostatica delle pressioni in ciascuna sezione (linee di corrente rettilinee e parallele);
- alvei a debole pendenza ( $i < 1:10$ );
- perdite di carico continue mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;
- sponde e fondo delle sezioni fisse (no erosione).

Sotto le predette ipotesi, le principali caratteristiche della corrente (livello idrico e velocità media) vengono calcolate a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle, a seconda che il regime sia rispettivamente supercritico o subcritico, risolvendo, con la procedura iterativa dello standard step method, l'equazione che esprime il bilancio di energia della corrente tra le medesime sezioni ():

$$z_1 + h_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} + \Delta H \quad (1)$$

dove, indicando con i pedici 1 e 2 le grandezze che si riferiscono alle due sezioni che individuano il volume di controllo:

- $h_1$  e  $h_2$  sono le altezze idriche;
- $z_1$  e  $z_2$  sono le quote del fondo alveo rispetto ad un riferimento prefissato;  $V_1$  e  $V_2$  sono le velocità medie;
- $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  sono i coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche o coefficienti di Coriolis;

- $\Delta H$  è la perdita di carico tra le due sezioni.

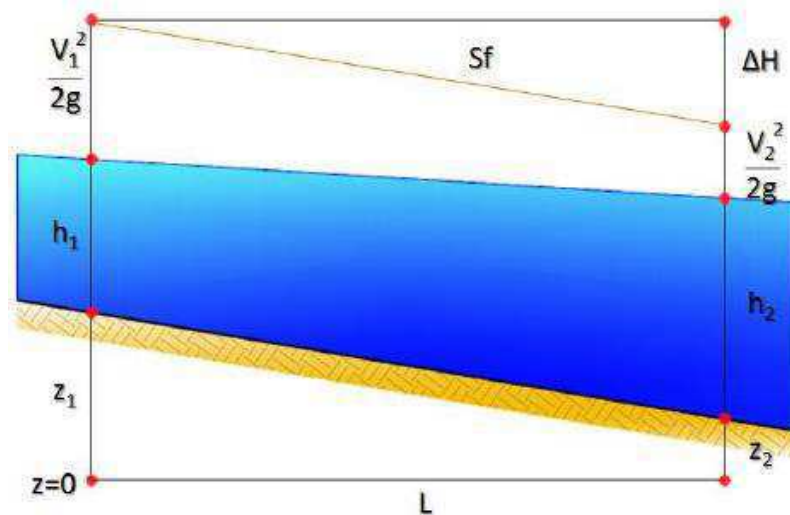


Figura11 - Conservazione dell'energia, schema di calcolo

L'equazione (1) esprime il ben noto principio per cui la variazione tra due sezioni dell'energia specifica della corrente è pari alle perdite distribuite, derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno della massa liquida, ed alle perdite localizzate, in genere dovute alla presenza di strutture in alveo che inizialmente producono un restringimento della corrente e un successivo allargamento con formazione di vortici.

La perdita di carico tra le due sezioni viene, infatti, valutata come la somma di due termini: una componente di attrito  $h_f$ , dovuta alla scabrezza di fondo, calcolata per mezzo dell'equazione di Manning, e una componente  $h_0$  che rappresenta le perdite dovute a contrazioni ed espansioni della vena fluida, calcolata come frazione del carico cinetico:

$$\Delta H = h_f + h_0 = L \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

con  $S_f$  : cadente della linea dei carichi totali;

C: coefficiente di contrazione ed espansione.

HEC-RAS possiede quattro diverse modalità per la valutazione della cadente media  $S_f$  :

1. Trasporto medio valutato tra le sezioni 1,2;
2. Media aritmetica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2;
3. Media geometrica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2;
4. Media armonica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2;



Il programma utilizza per default la prima delle quattro opzioni, a meno di indicazioni diverse da parte dell'utente. Il programma offre una quinta opzione che consente la selezione automatica della formula più idonea tra quelle illustrate in funzione del regime della corrente.

Il codice HEC-RAS suddivide l'area interessata dal moto in tre zone principali: zona golenale sinistra (LOB, left overbank), alveo ordinario (CH, channel), zona golenale destra (ROB, right overbank). Per tener conto dell'andamento curvilineo dell'asse, la distanza di calcolo tra due sezioni viene ponderata rispetto alla frazione di portata che fluisce rispettivamente nelle tre zone.

La lunghezza mediata del tratto viene quindi calcolata come:

$$L = \frac{L_{LOB} \cdot \bar{Q}_{LOB} + L_{CH} \cdot \bar{Q}_{CH} + L_{ROB} \cdot \bar{Q}_{ROB}}{\bar{Q}_{LOB} + \bar{Q}_{CH} + \bar{Q}_{ROB}} \quad (3)$$

Con:

LLOB, LCH, LROB : lunghezze del tratto relative rispettivamente all'area golenale sinistra, alveo ordinario e area golenale destra;

QLOB, QCH, QROB : portate medie attraverso la sezione rispettivamente in golena sinistra, alveo ordinario e golena destra.

Per illustrare lo standard step method utilizzato da HEC-RAS per la soluzione dell'equazione (1) si possono descrivere i passi necessari per il calcolo del profilo relativo a condizioni di moto subcritico con l'equazione dell'energia.

Si suppongano quindi due sezioni di cui si conosca la quota della superficie libera della sezione di valle; il problema che si vuole risolvere è la conoscenza della quota corrispondente alla sezione di monte.

Assumendo che la geometria delle sezioni sia nota, i termini incogniti dell'equazione sono  $h_1$ ,  $V_1$  e  $\Delta H$ .  $V_1$  è desumibile direttamente dal valore di  $h_1$ , per cui le incognite possono essere ridotte a due. Con due incognite è necessaria una seconda equazione, riguardante le perdite di energia ed espressa da  $h_e = h_f + h_o$ , per poter ottenere una soluzione. Stante la tipologia delle equazioni, la ricerca della soluzione sarà del tipo "trial and error", per successivi tentativi.

I passi attraverso cui avviene il calcolo sono i seguenti:

- Viene supposta una quota di pelo libero per la sezione di monte. Un primo tentativo può essere fatto imponendo la pendenza della linea dell'energia pari alla pendenza del tronco d'alveo; quindi,  $\Delta h = (Q/K)^2 L$ , dove  $\Delta h$  rappresenta la variazione nella quota del pelo libero,  $Q$  è la portata,  $K$  il termine di trasporto e  $L$  la distanza dalla sezione a monte;
- Sulla base della quota di pelo libero assunta e della geometria della sezione, vengono determinati i termini cinetico e il trasporto totale per la sezione a monte;

- Con i valori calcolati del termine cinetico e di trasporto del passo 2, viene calcolato il valore di  $h_e$ ;
- Con il valore calcolato di  $h_e$ , viene calcolata l'altezza di pelo libero della sezione a monte utilizzando l'equazione dell'energia;
- Viene fatto un confronto fra il valore calcolato al passo 4 e il valore impostato al passo 1. Se la differenza non è inferiore a una prefissata tolleranza (di default pari a 3 mm), il ciclo riprende cambiando il valore al passo 1.

Questa tecnica richiede tempi di elaborazione brevissimi e non incontra problemi di convergenza nemmeno in presenza di discontinuità geometriche o idrauliche.

In corrispondenza di particolari situazioni localizzate, per le quali il moto non può, a rigore, essere considerato gradualmente variato, come avviene in corrispondenza di ponti, tombini, stramazzi, risalti idraulici ecc. (passaggio attraverso lo stato critico), per il calcolo dei profili idrici viene utilizzata l'equazione di bilancio della quantità di moto:

$$P_1 - P_2 + W_x - F_f = M_1 - M_2 \quad (4)$$

Dove:

- $P_1$  e  $P_2$  sono le spinte agenti in corrispondenza delle sezioni 1 e 2;
- $W_x$  è la componente della forza peso del volume di controllo nella direzione del moto;  $F_f$  è la forza resistente dovuta all'attrito;
- $M_2$  e  $M_1$  sono i flussi della quantità di moto entranti ed uscenti dalle sezioni 2 e 1.

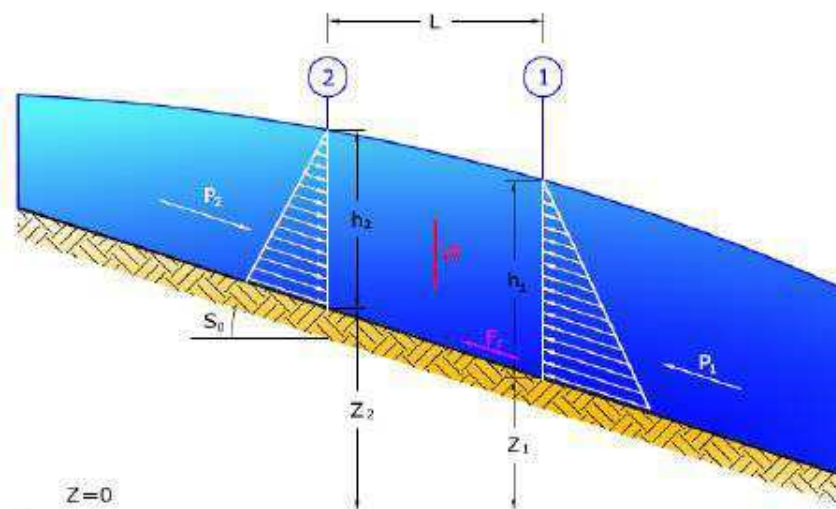


Figura 12 - Conservazione della quantità di moto, schema di calcolo

Esplicitando i vari termini si ottiene la formula funzionale dell'equazione di conservazione della quantità di moto utilizzata da HEC-RAS:

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

---

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

$$\frac{\beta_2 \cdot Q_2^2}{g \cdot \Sigma_2} + \Sigma_2 \cdot h_2 + \left( \frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot S_0 - \left( \frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot \overline{S_f} = \frac{\beta_1 \cdot Q_1^2}{g \cdot \Sigma_1} + \Sigma_1 \cdot h_1$$

## 6 RISULTATI DELLE ANALISI

### 6.1 RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA

Sull'intero tratto è stato utilizzato un coefficiente di Manning pari a 0.03 ad eccezione delle sezioni per le quali è previsto l'utilizzo di materassi tipo Reno per le quali il Manning è posto pari a 0.027. Per la determinazione della portata di progetto si veda il par. 4 della presente relazione.

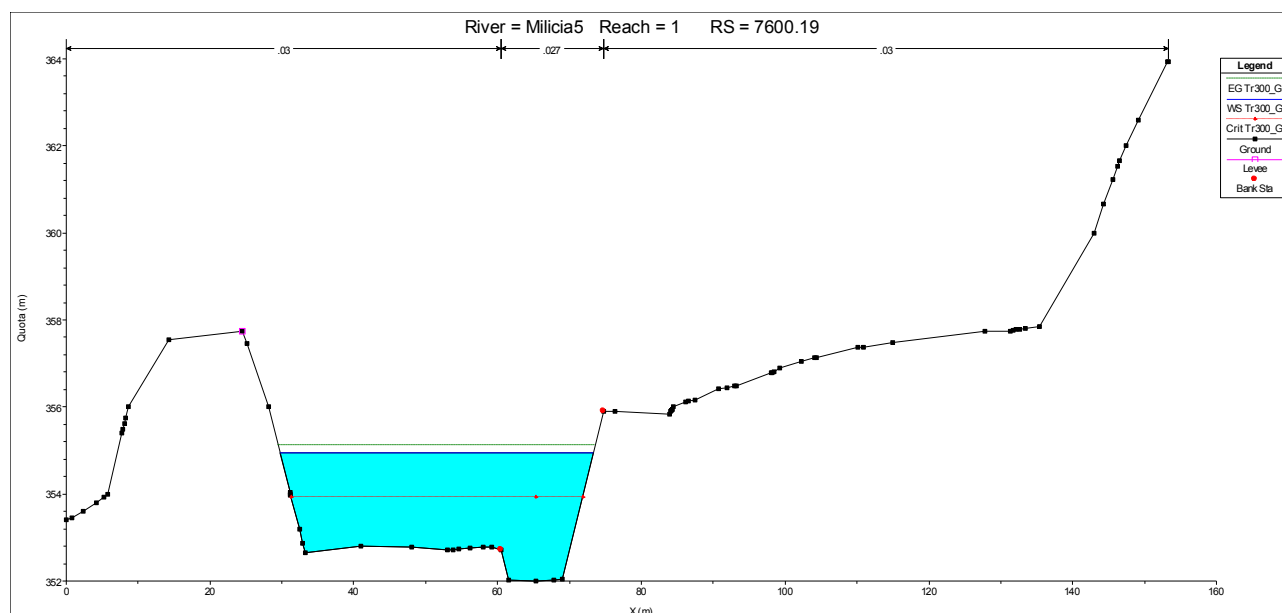


Figura 13- River station 7600.19 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

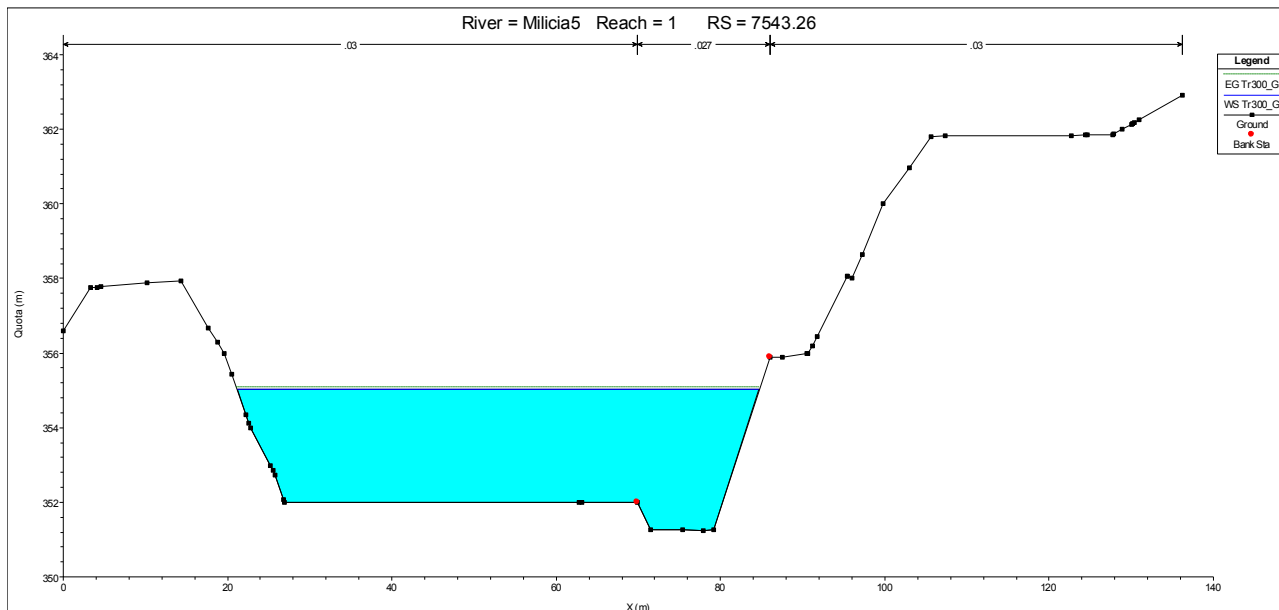


Figura 14- River station 7543.26 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

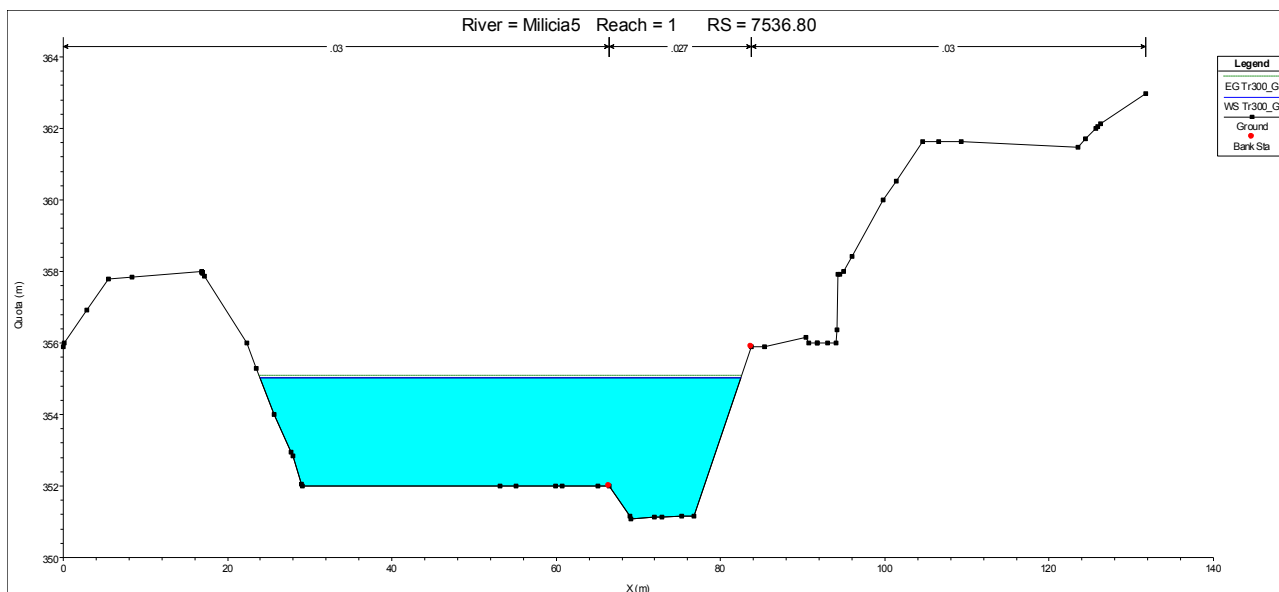


Figura 15- River station 7536.80 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

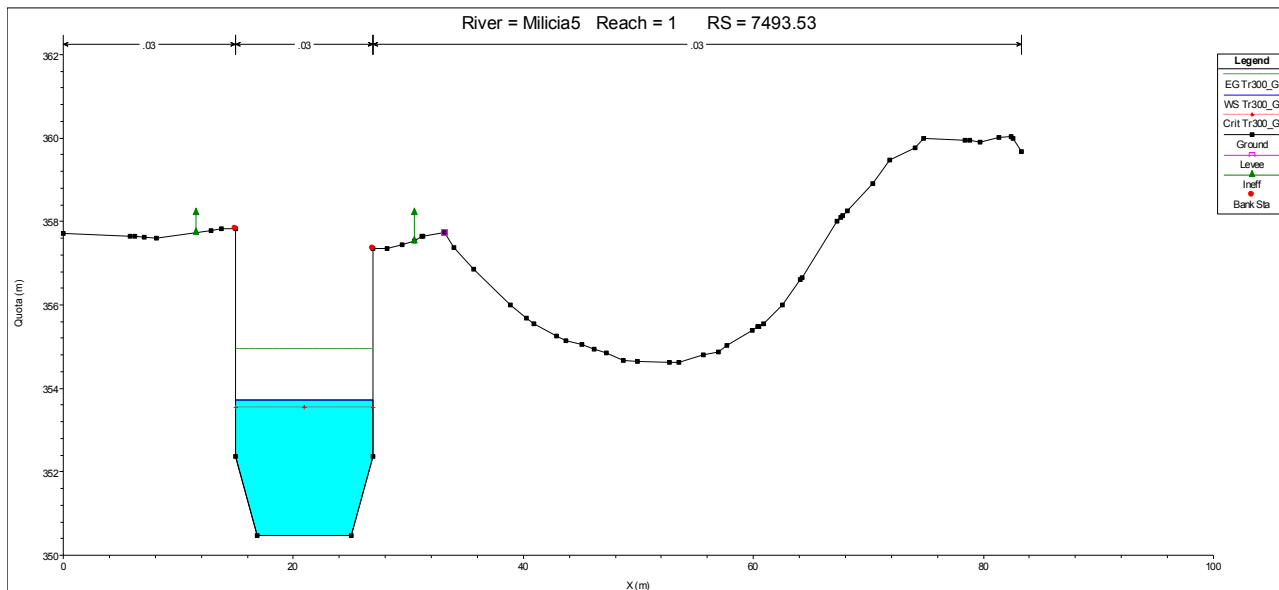


Figura 16- River station 7493.53 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

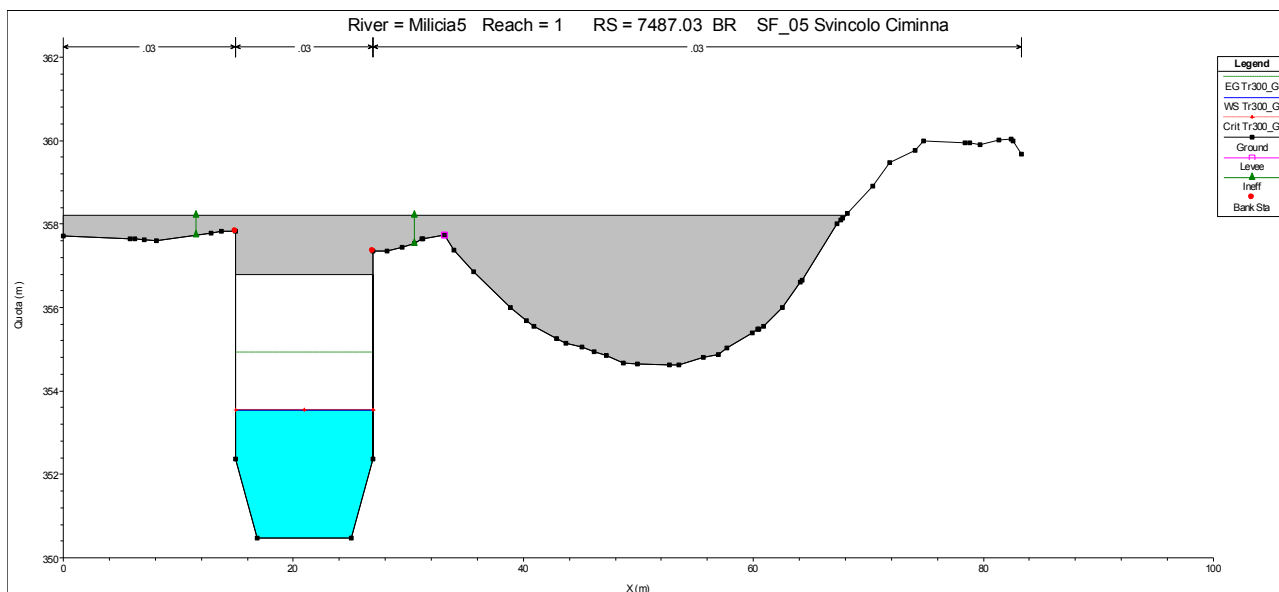
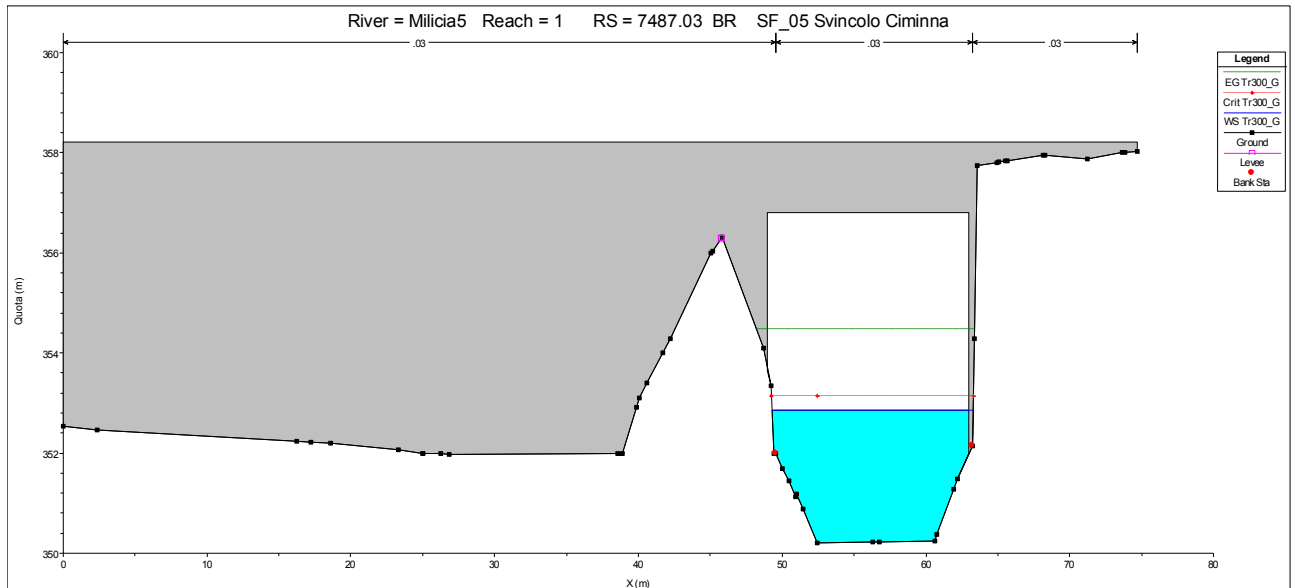


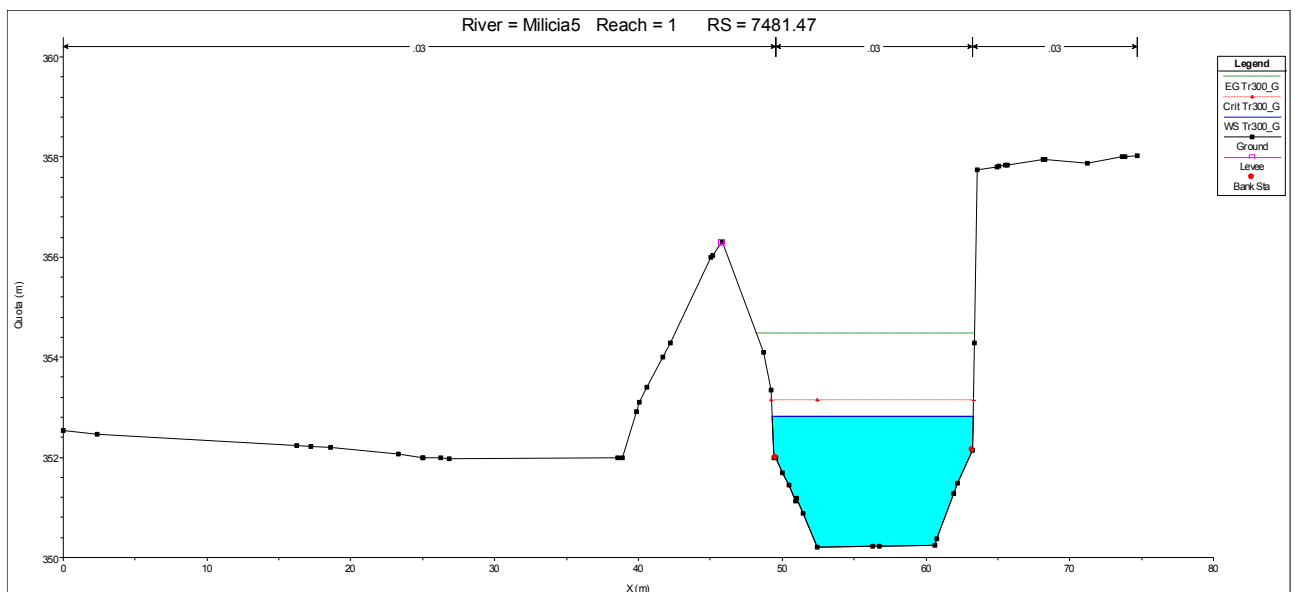
Figura 17- River station 7487.03 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".  
**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico**



**Figura 18- River station 7487.03D del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni**



**Figura 19- River station 7481.47 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni**

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

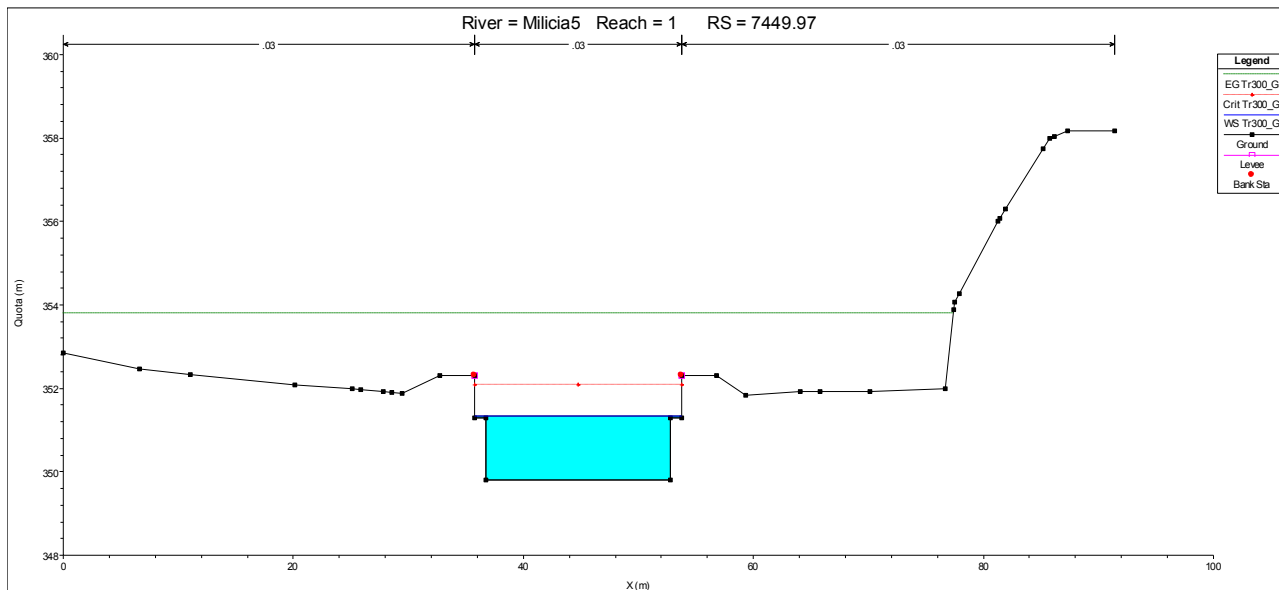


Figura 20- River station 7449.97 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

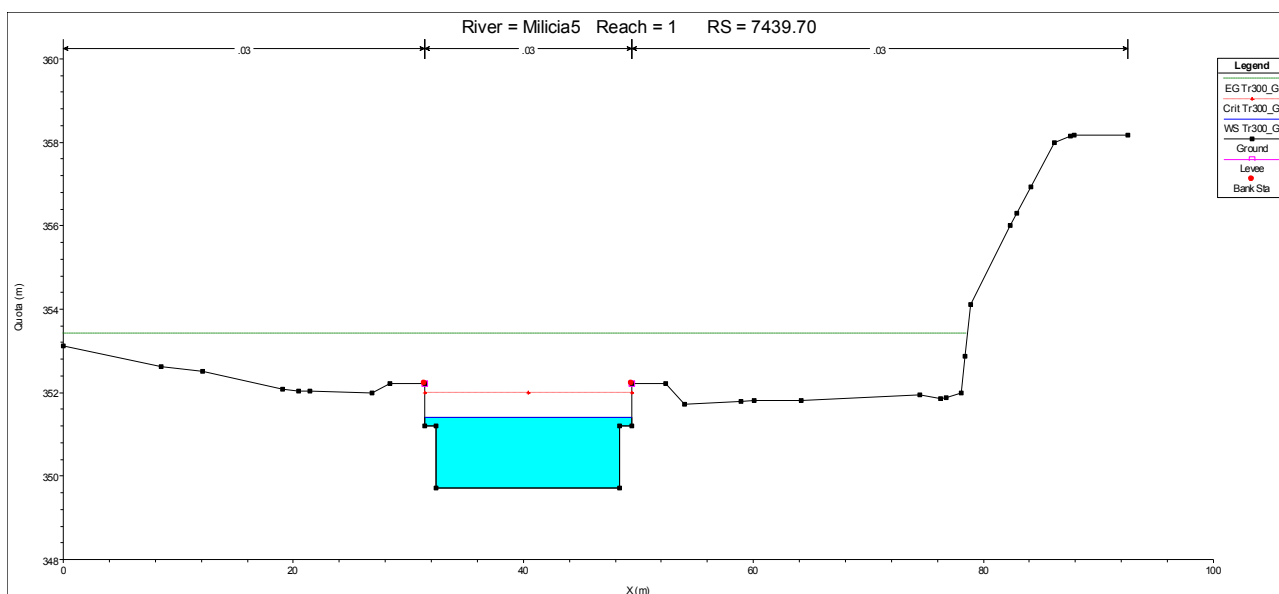
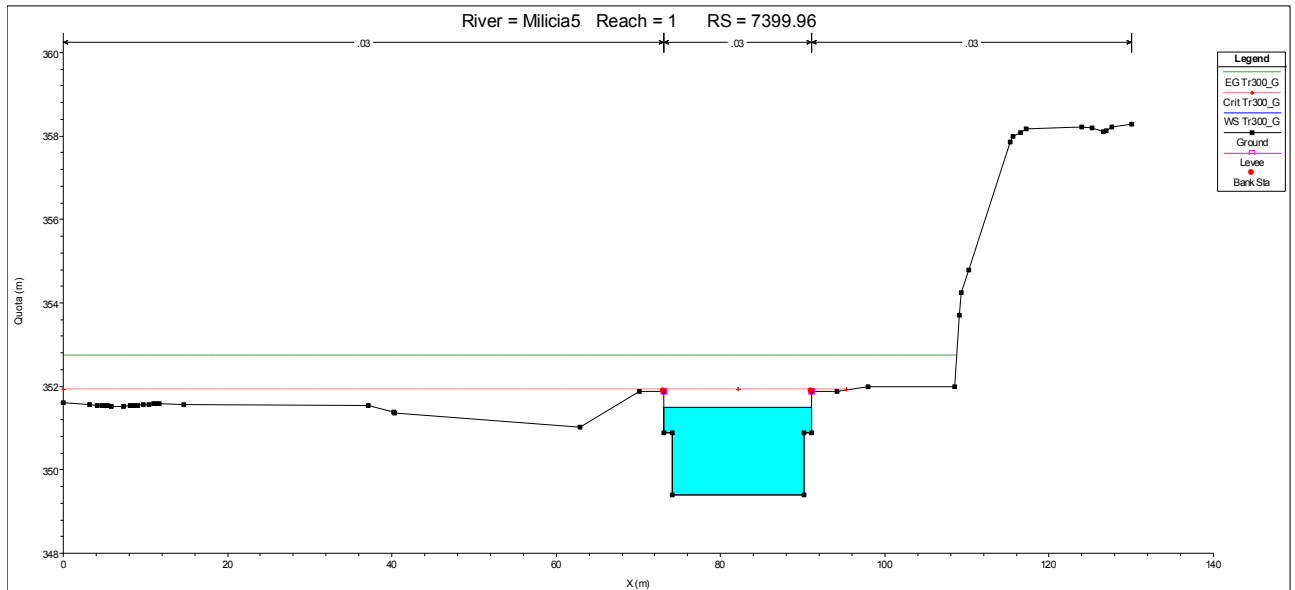


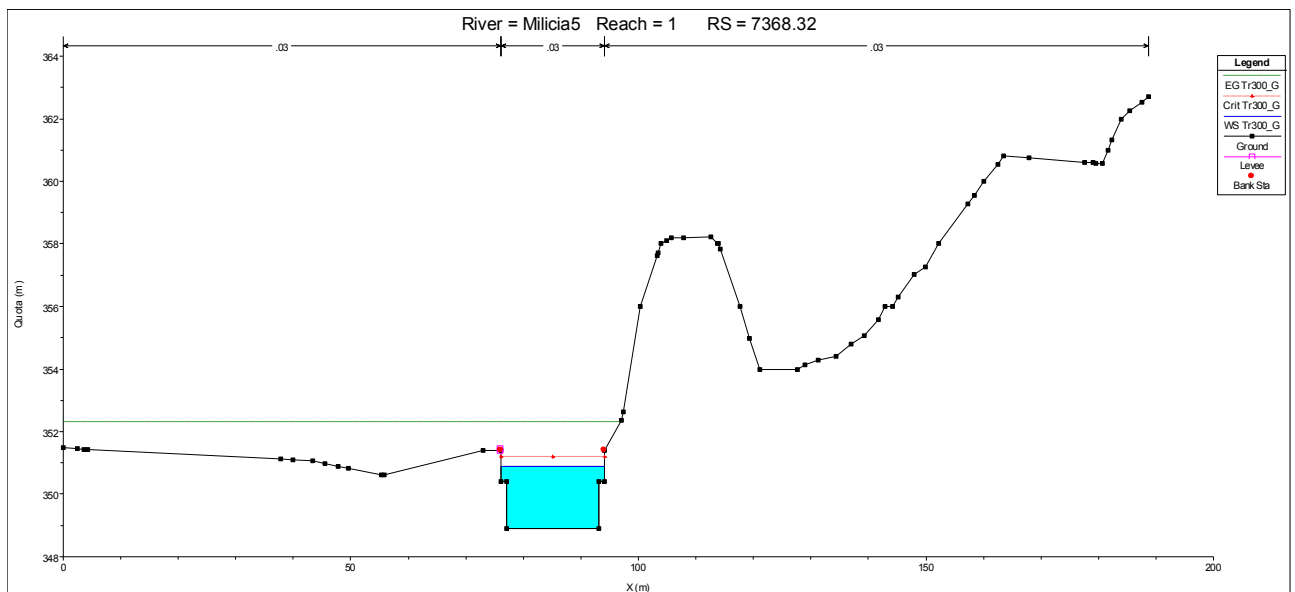
Figura 21- River station 7439.70 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".  
**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico**



**Figura 22- River station 7399.96 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni**



**Figura 23- River station 7368.32 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni**

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

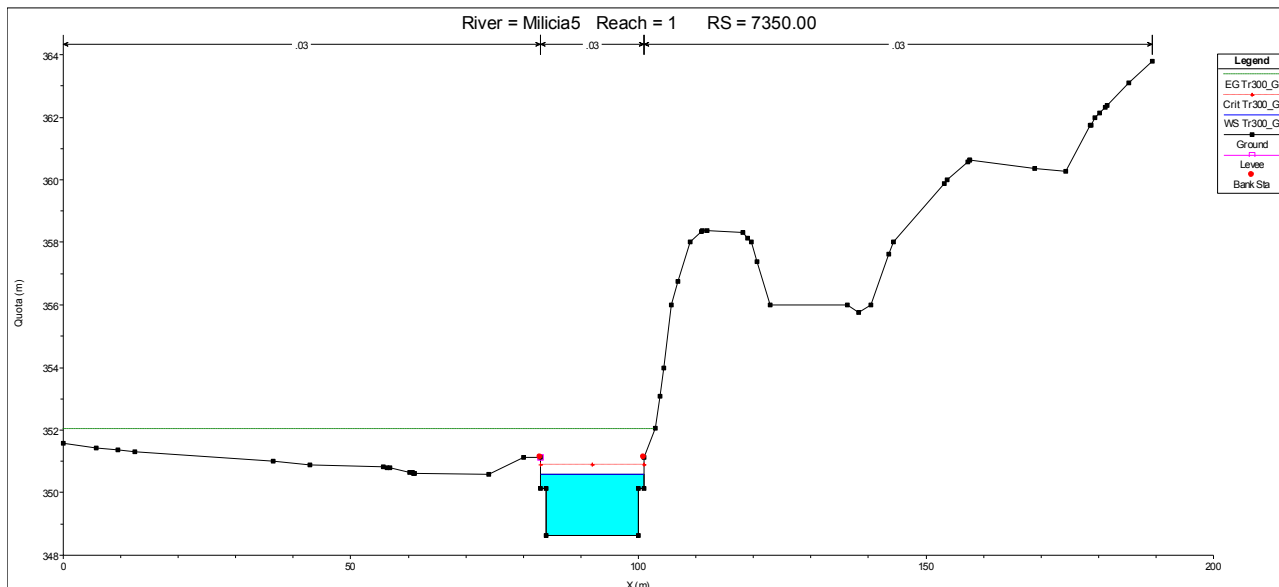


Figura 24- River station 7350.00 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

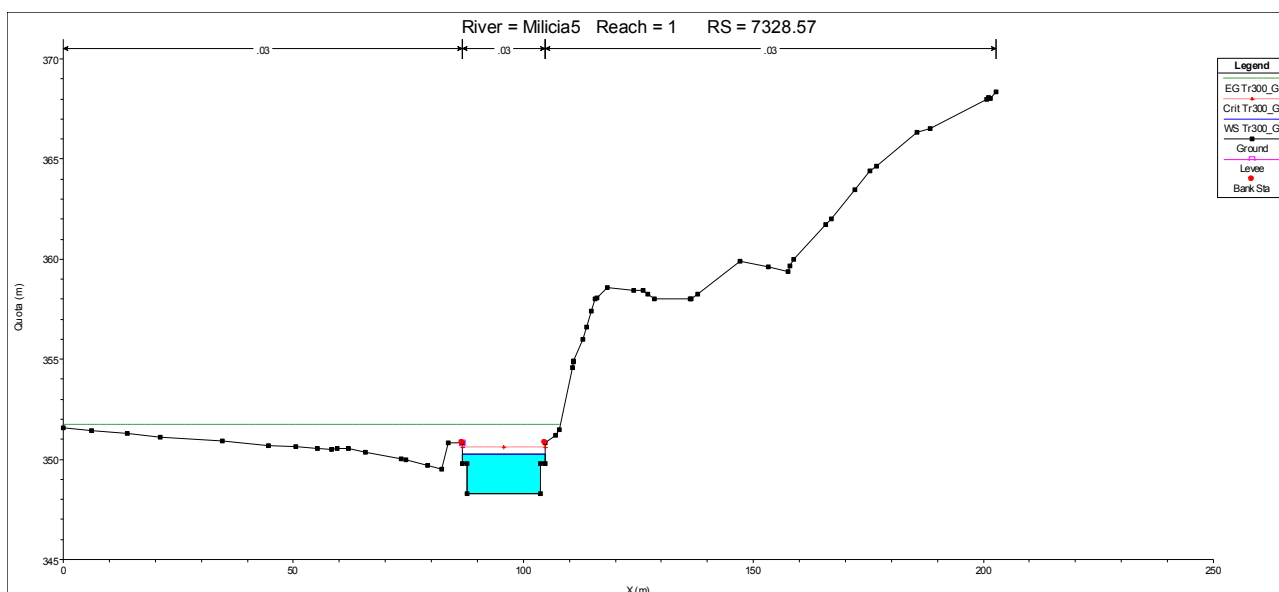


Figura 25- River station 7328.57 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

Come mostrato dai risultati ottenuti, nelle sezioni comprese tra i due ponti, la portata avente tempo di ritorno 300 anni, causa un'esondazione in sinistra idraulica. Le analisi effettuate nell'ambito del presente studio hanno infatti indicato come, allo stato di fatto, le velocità della corrente sarebbero risultate incompatibili con il confinamento nel flusso all'interno di una sistemazione tra i due ponti. Tale area di esondazione si sviluppa interamente nell'area golenale di pertinenza, non interessando il rilevato stradale in destra idraulica.

## 6.2 VERIFICA DELLE PROTEZIONI DI FONDO ALVEO

La verifica dell'intervento di protezione spondale e di fondo alveo, previsto nel presente progetto è stata eseguita secondo la metodologia di seguito descritta.

Per la determinazione della velocità critica del materiale costituente i rivestimenti (gabbioni e materassi tipo reno) si è fatto riferimento alla formulazione di Shields per la quale:

$$\tau_{cr} = \gamma R_H i$$

Dove:

$\tau_{cr}$ : tensione critica di trascinamento

$\gamma$ : peso specifico della massa liquida

$R_H$ : raggio idraulico

$i$ : pendenza del fondo

Secondo la formulazione di Gauckler-Strikler la stessa relazione può essere scritta come:

$$\tau_{cr} = \gamma \frac{v_{cr}^2}{K_s^2 R_H^{1/3}}$$

Considerato un materiale cui  $\gamma_s = 2600 \text{ kg/m}^3$  la precedente equazione può scriversi come:

$$v_{cr} = 0.31 K_s R_H^{1/6} \sqrt{d}$$

Dove il coefficiente di scabrezza  $K_s$  assume valori compresi tra 25 e 35  $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ .

Nella verifica in esame sono stati considerati i seguenti valori tabellati.

Material	Allowable velocity [m/s]
Gabions 0.50m - $d_{50} = 0.21 \text{ m}$	7.60
Reno mattress 0.17m - $d_{50} = 0.10 \text{ m}$	4.20
Reno mattress 0.23m - $d_{50} = 0.12 \text{ m}$	5.50
Reno mattress 0.30m - $d_{50} = 0.15 \text{ m}$	6.40
MacMat R	1.50 - 3.00(*)

\* For duration less than 60 hours (Utah water research Laboratory)

Come mostrato nella tabella seguente, i risultati ottenuti dal modello di calcolo l'intervento di progetto risulta verificato.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

River Station	Portata (mc/s)	Velocità in alveo (m/s)	Tipologia Protezione
7600.19	172	2.02	MATERASSI TIPO RENO Sp. 0.3 m
7543.26	172	1.01	
7536.80	172	1.10	
7493.53	172	4.88	
7487.03	172	BRIDGE	GABBIONI
7481.47	172	5.68	
7449.97	172	6.95	
7439.70	172	6.28	
7399.96	172	4.94	
7368.32	172	5.29	
7350.00	172	5.30	
7328.57	172	5.11	

Tabella 4 – Output modello HEC-RAS per le sezioni oggetto di sistemazione fluviale



## 7 CONSIDERAZIONI SUL PONTE DI MONTE ESISTENTE

Lo svincolo Ciminna presenta due ponti di attraversamento del corso d'acqua: il primo, lato monte, sulla viabilità complementare esistente che sottopassa la viabilità principale, il secondo, lato valle, su una rampa di immissione nella viabilità principale direzione Agrigento. Il primo ponte di 7 m di luce, è insufficiente a convogliare la portata di piena senza causare un evidente rigurgito a monte dell'attraversamento. L'alveo diventa, in prossimità di questo attraversamento, insufficiente a smaltire la portata di piena con tempo di ritorno 300 anni.

In corrispondenza del ponte la corrente, per poter superare il restringimento, diventa veloce, per poi ritornare lenta a valle dello stesso, dove la piena si espande nuovamente, all'interno dei due rami dello svincolo, in sinistra idraulica.

La modellazione idraulica effettuata, in particolare, ha mostrato come in corrispondenza della piena con tempo di ritorno 300 anni la quota idrometrica nella sezione a monte del ponte sia pari a 356.75 m.s.l.m, superiore di circa 50 cm al punto più basso dell'impalcato.

Alla luce di tali risultati, è stata eseguita una simulazione con la portata avente tempo di ritorno di centocinquanta anni ( $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ ), definita secondo la metodologia illustrata al precedente par. 4, al fine di definire eventuali soglie di superamento. La simulazione ha mostrato, in tali condizioni di piena, un franco di circa 5 cm tra la sezione a monte del ponte e l'intradosso dello stesso.

Di seguito si riportano le sezioni del modello di HEC-RAS in entrambe le configurazioni esaminate.

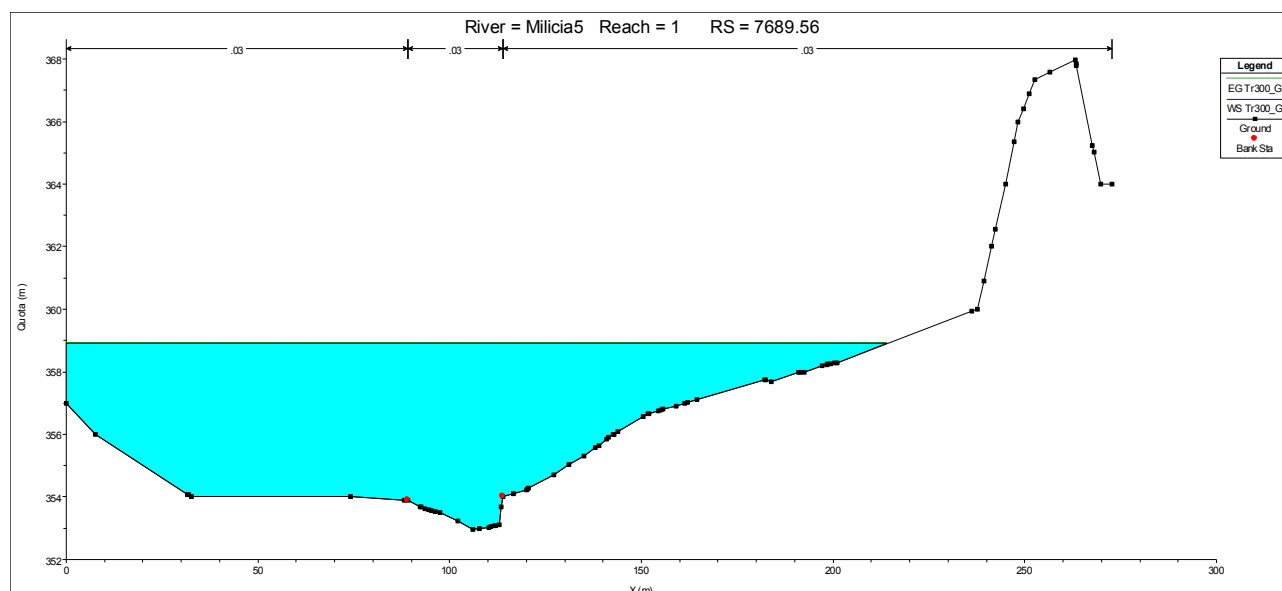


Figura 26- River station 7689.56 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

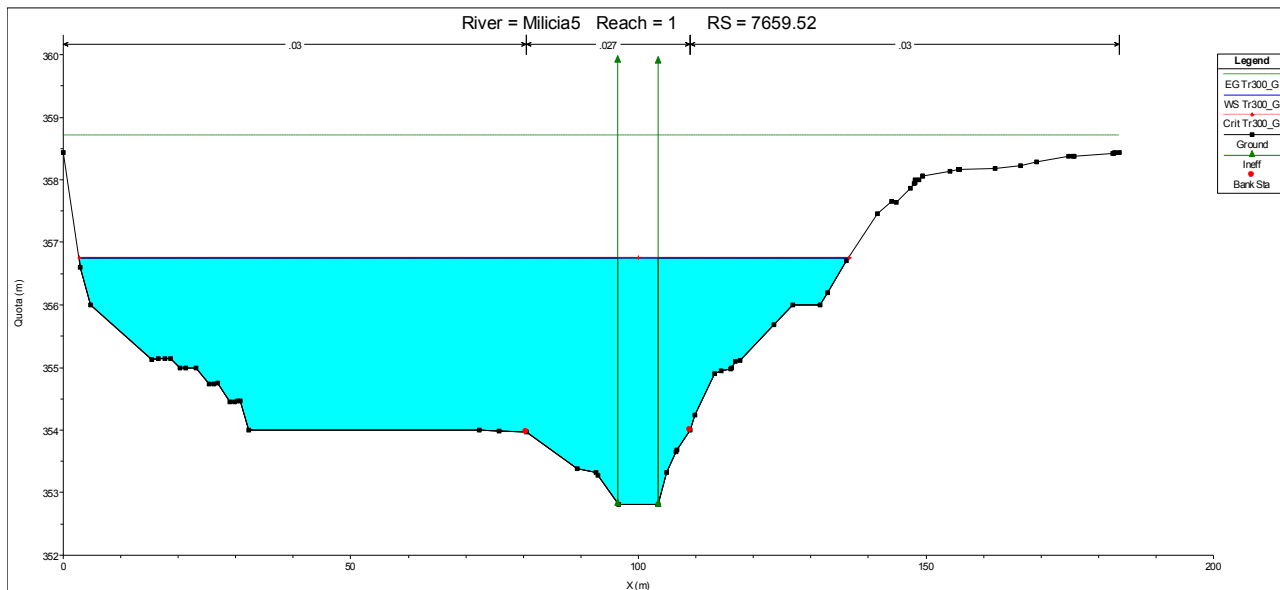


Figura 27- River station 7659.52 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

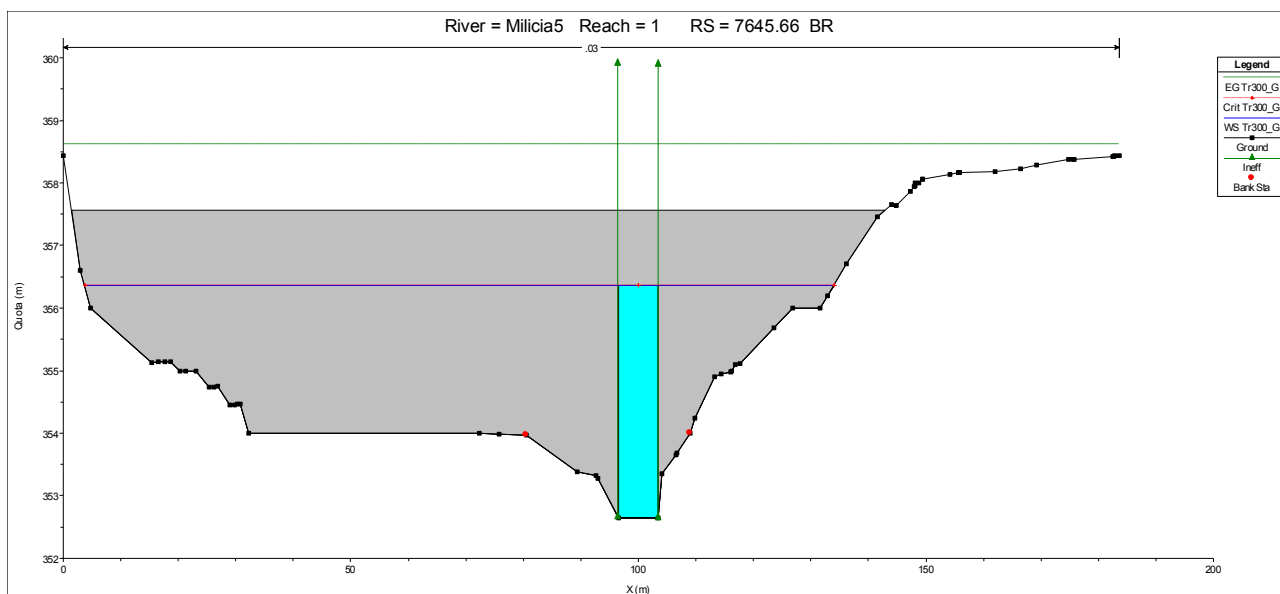


Figura 28- River station 7645.66U del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

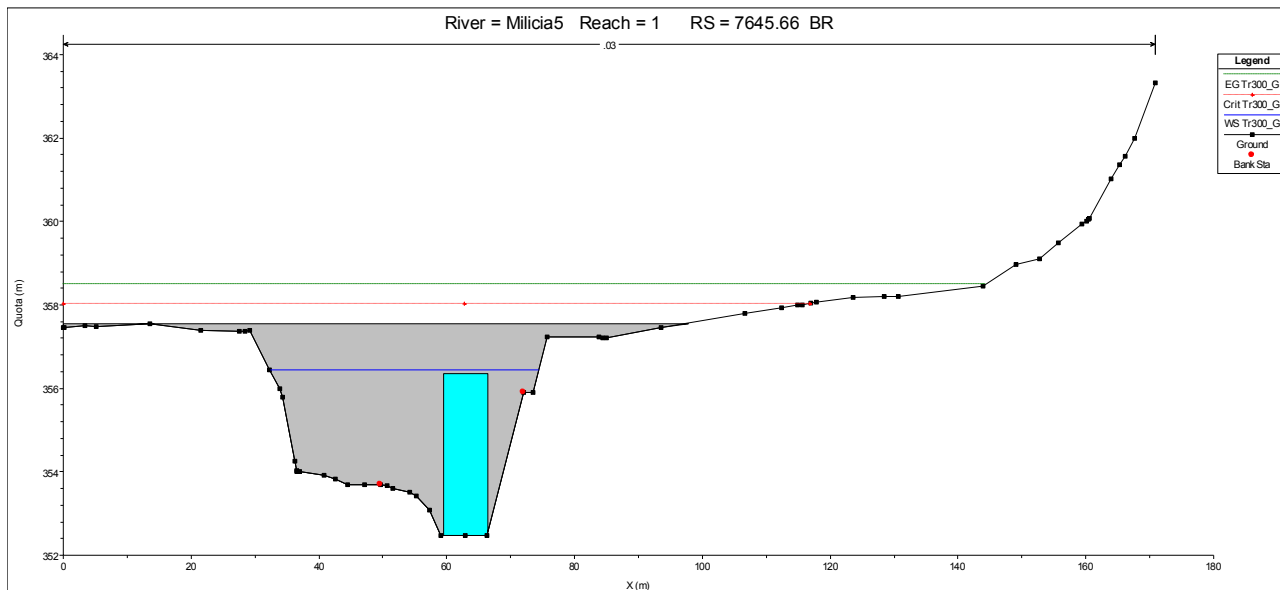


Figura 29- River station 7645.66D del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

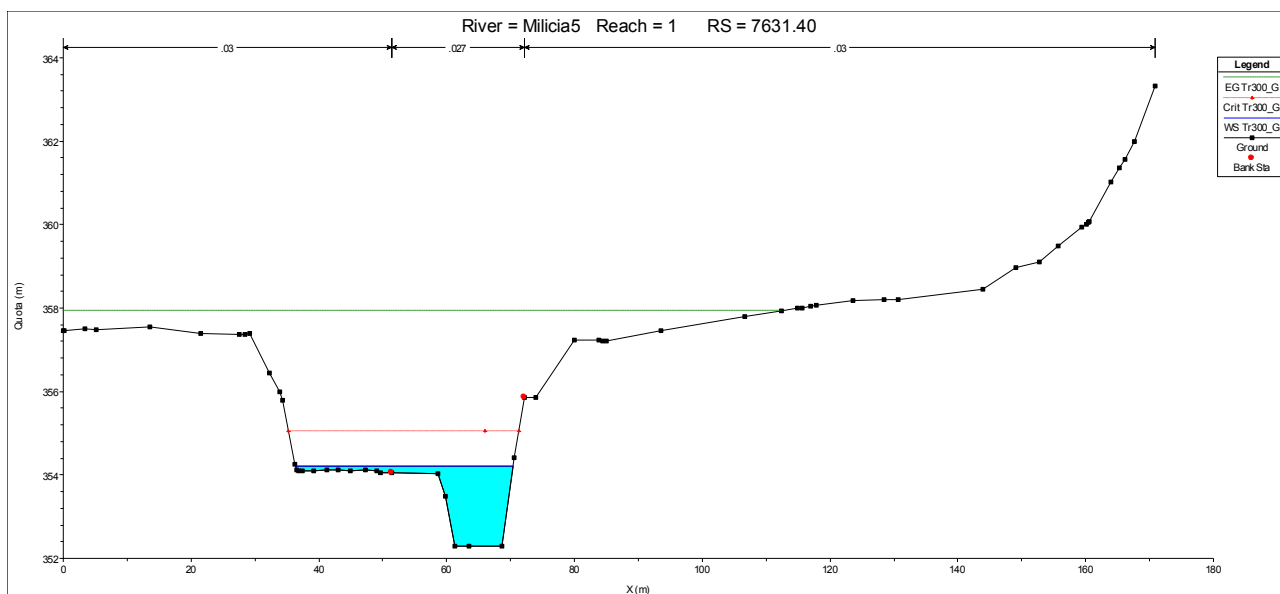


Figura 30- River station 7631.4 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

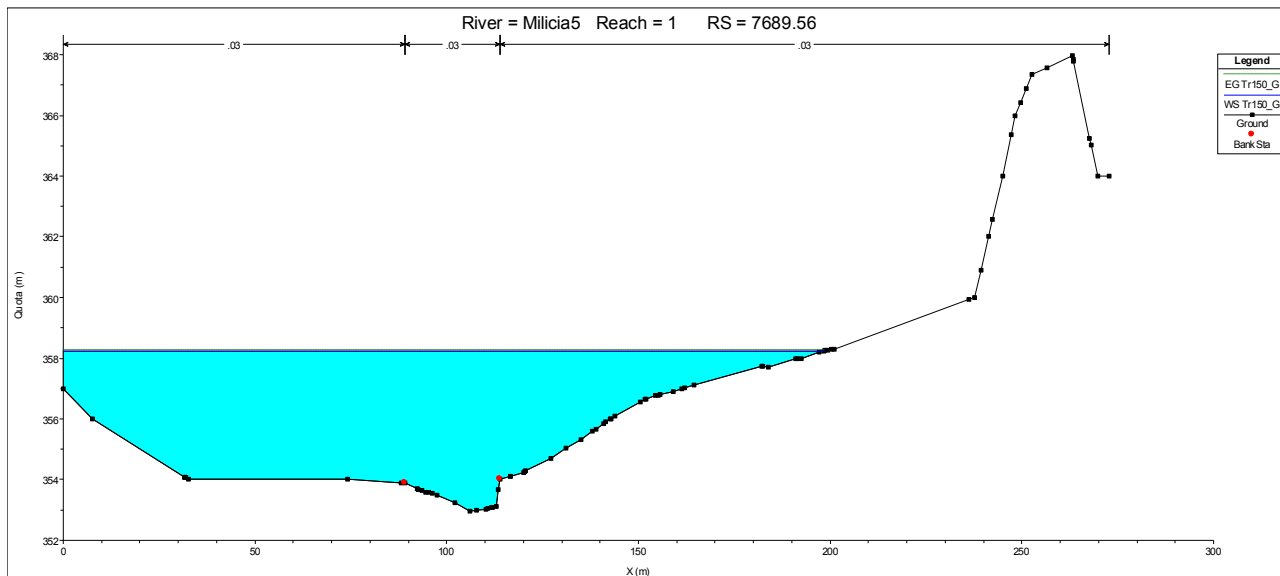


Figura 31- River station 7689.56 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 150anni

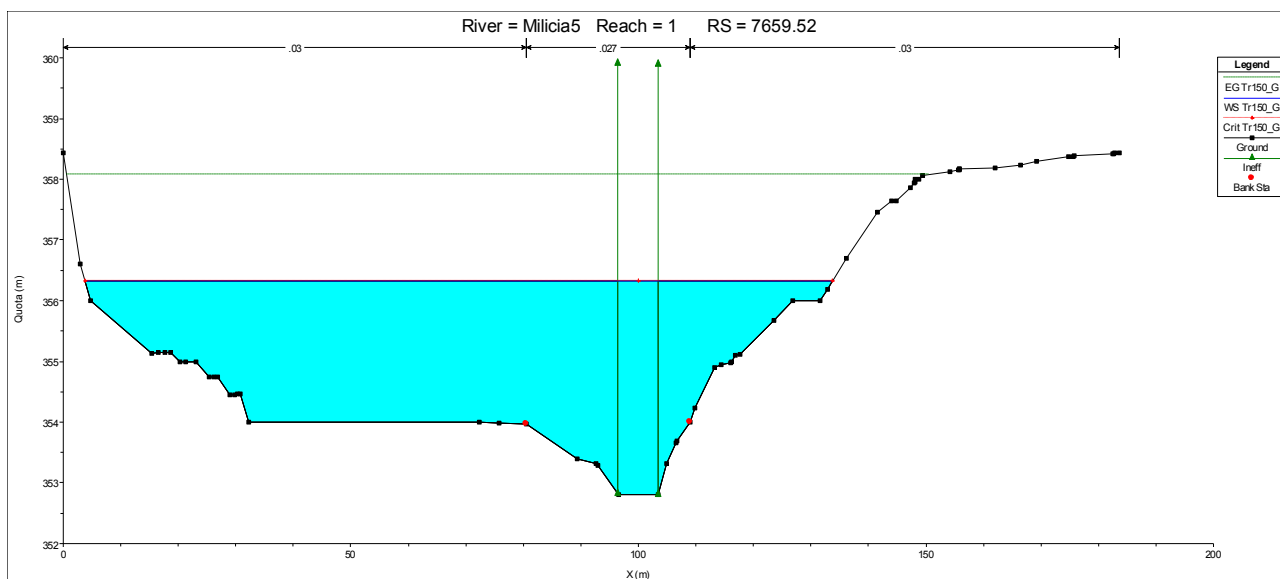
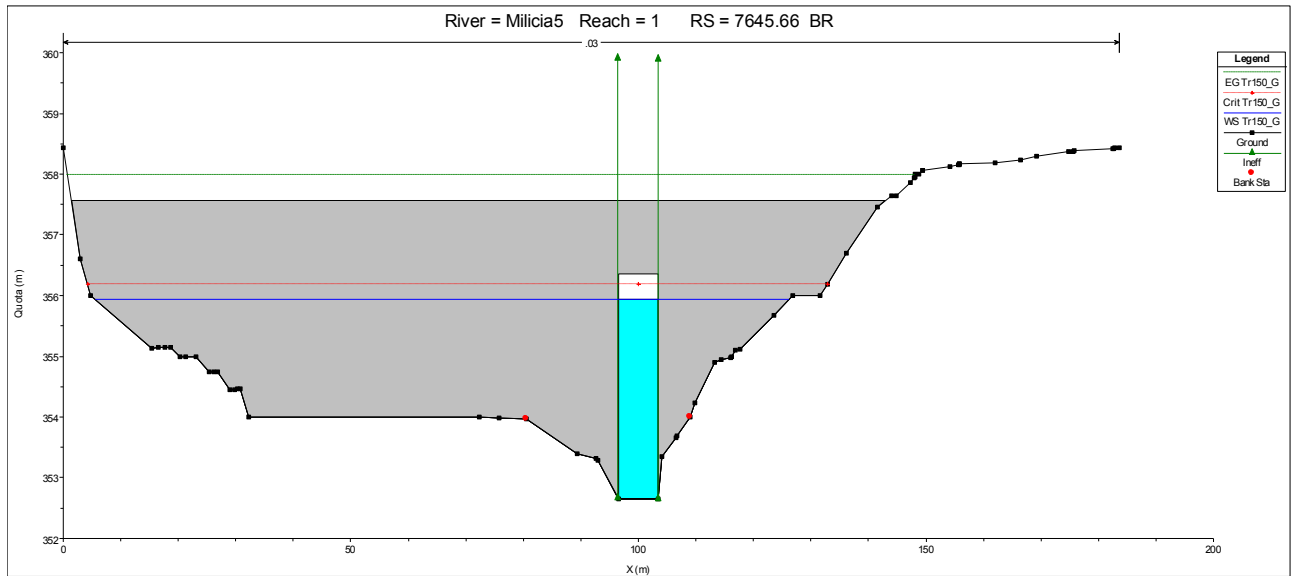


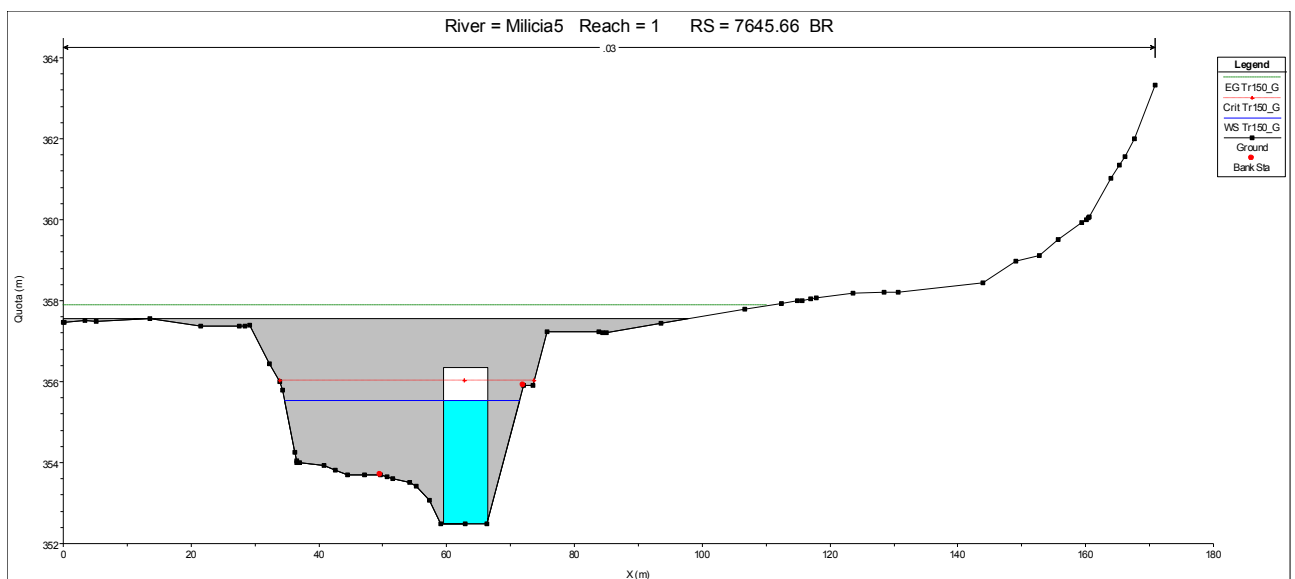
Figura 32- River station 7659.52 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 150 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".  
**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico**



**Figura 33- River station 7645.66U del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 150 anni**



**Figura 34- River station 7645.66D del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 150anni**

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

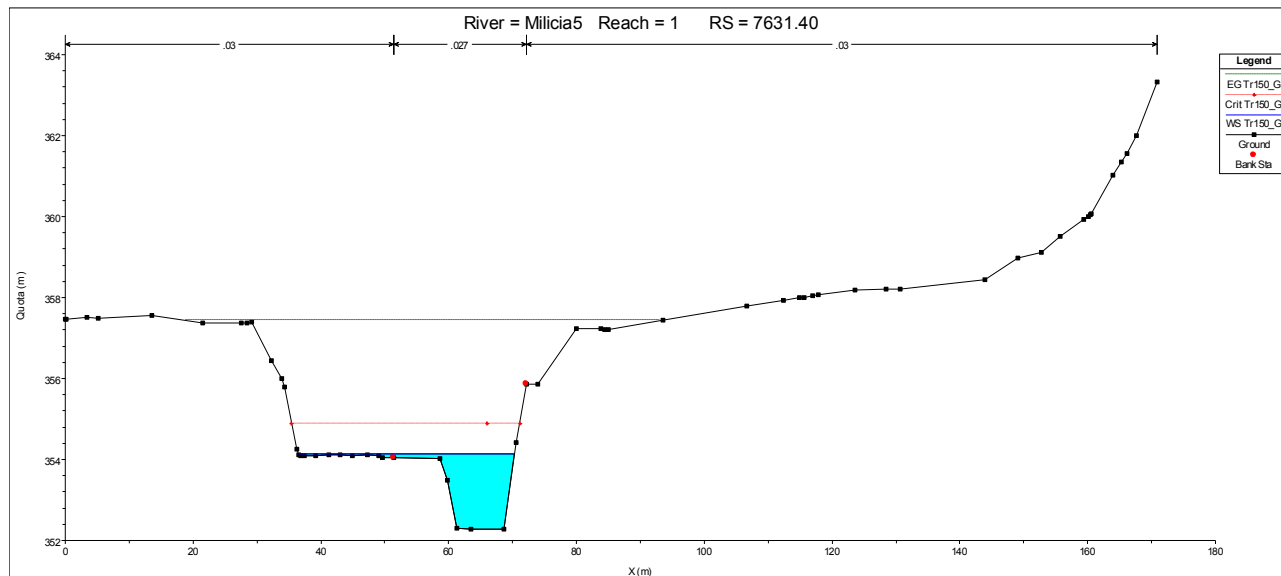


Figura 35- River station 7631.4 del modello idraulico del fiume Mulinazzo con Tr 150 anni

Tale attraversamento, idraulicamente non adeguato, non ricade all'interno dell'intervento e viene pertanto mantenuto.

Tale fenomeno deve tuttavia essere tenuto in debita considerazione qualora si preveda un futuro rifacimento del ponte. L'eliminazione del rigurgito di monte potrebbe infatti portare alla definizione di nuove condizioni al contorno rispetto a quelle esaminate ai fini della presente progettazione.

Alla luce di tali considerazioni è stato sviluppato un ulteriore modello nel quale è stata simulata la demolizione del ponte per valutare gli effetti sull'opera di progetto.

Si riportano nel seguito i risultati di tale simulazione, nelle sezioni di interesse, in riferimento alla piena con tempo di ritorno 300 anni.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

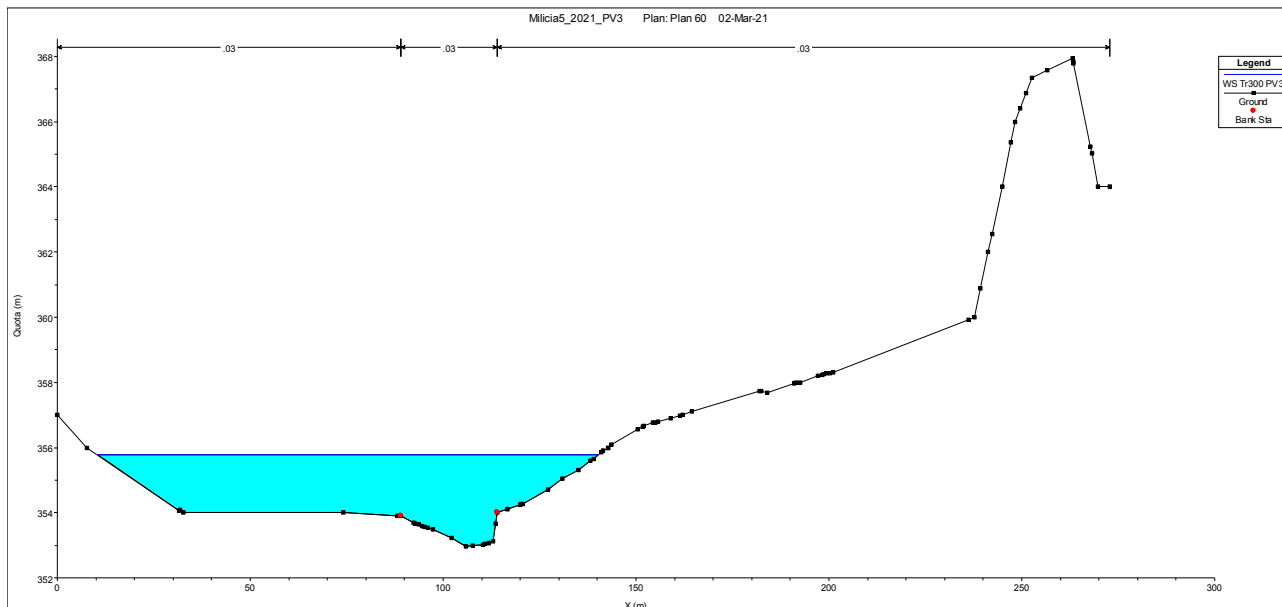


Figura 36- River station 7689.56 modello idraulico del fiume Mulinazzo Tr 300anni- configurazione senza ponte di monte

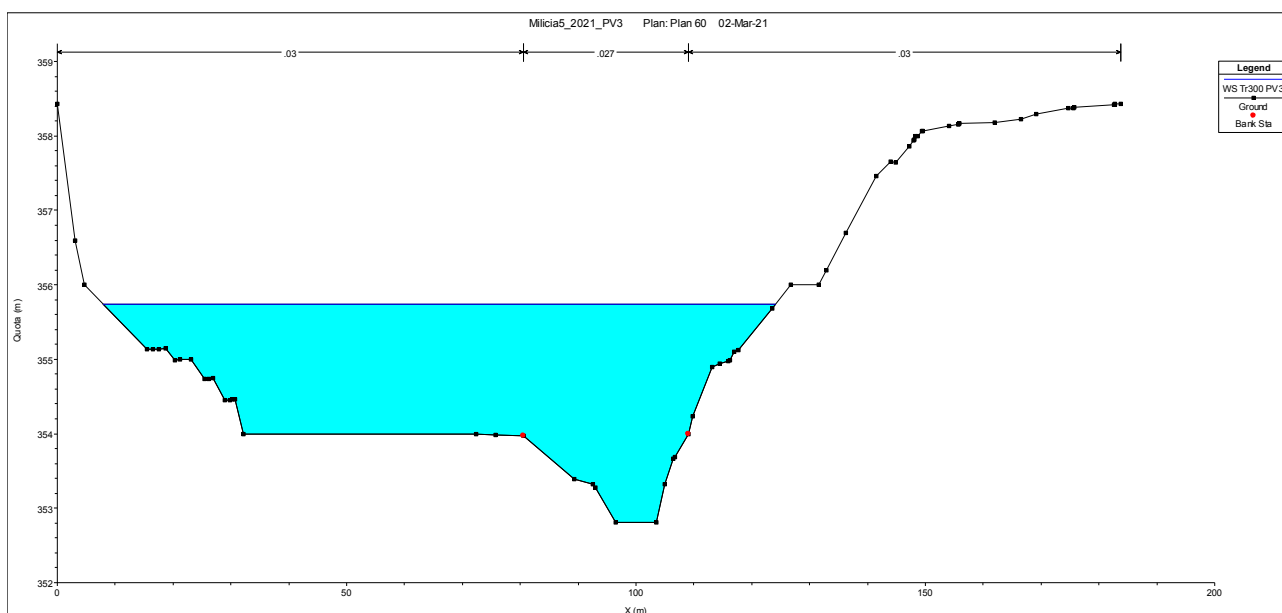


Figura 37- River station 7659.52 modello idraulico del fiume Mulinazzo Tr 300anni- configurazione senza ponte di monte



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

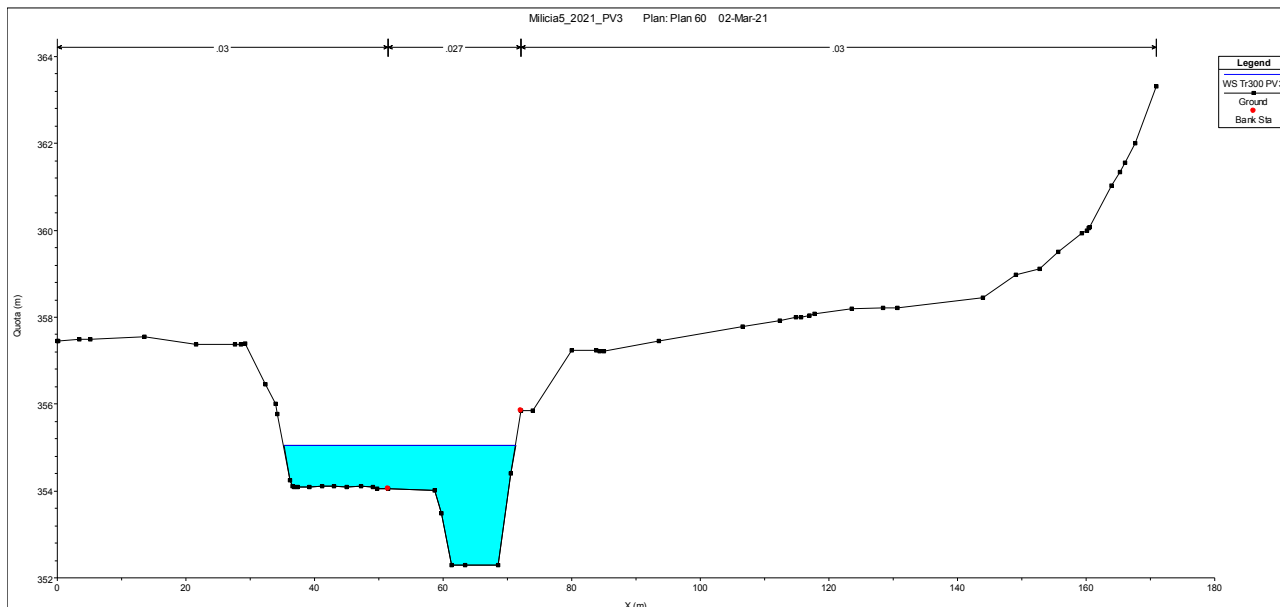


Figura 38- River station 7631.40 modello idraulico del fiume Mulinazzo Tr 300anni- configurazione senza ponte di monte

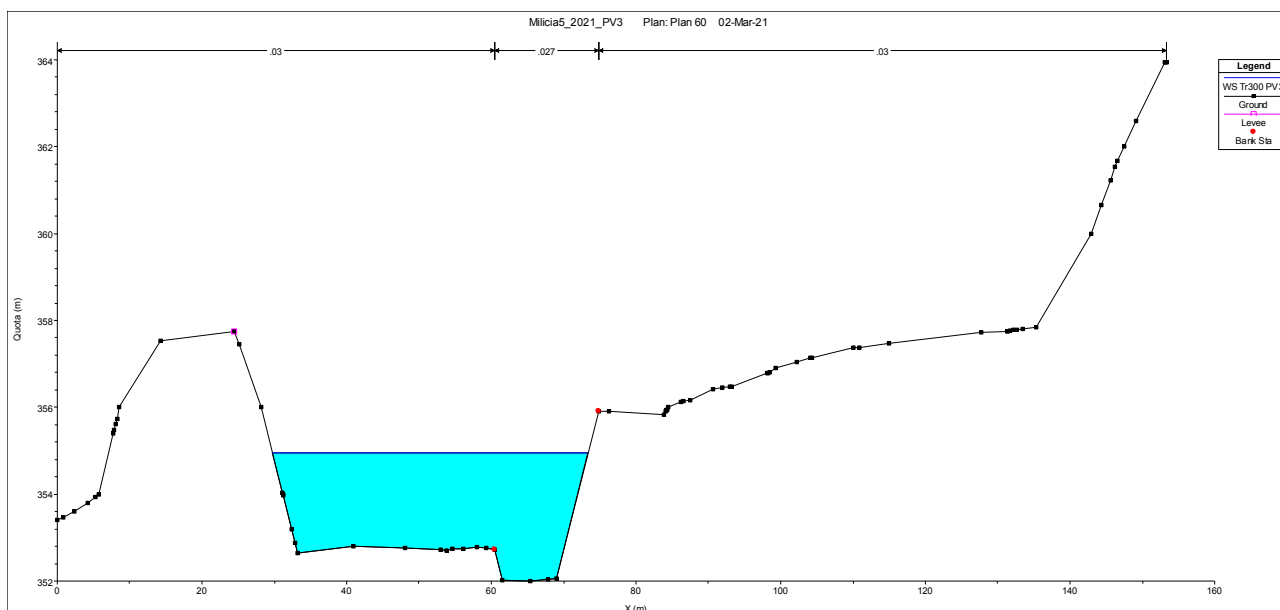


Figura 39- River station 7600.19 modello idraulico del fiume Mulinazzo Tr 300anni- configurazione senza ponte di monte

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

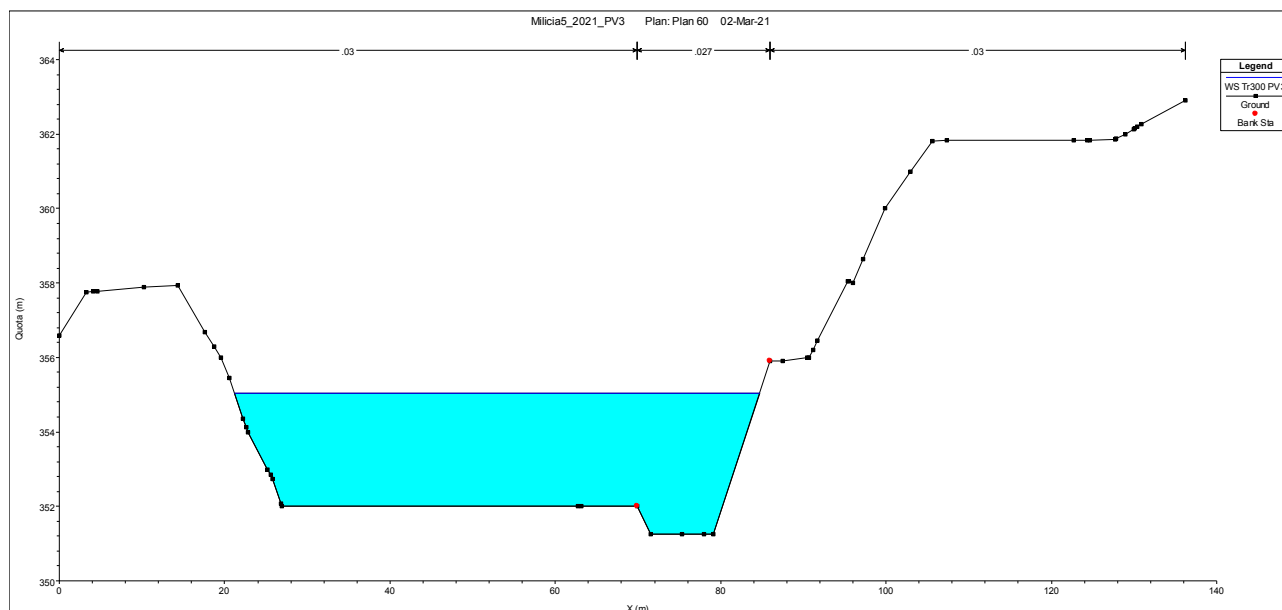


Figura 40- River station 7543.26 modello idraulico del fiume Mulinazzo Tr 300anni- configurazione senza ponte di monte

River Station	Portata Tr300 (m <sup>3</sup> /s)	Configurazione di progetto		Configurazione di progetto senza ponte di monte	
		Quota idrometrica m.s.l.m	Velocità in alveo (m/s)	Quota idrometrica m.s.l.m.	Velocità in alveo (m/s)
7689.56	172	358.90	0.29	355.77	1.05
7659.52	172	356.75	6.20	355.74	1.25
7645.66	172	Bridge		-	
7631.4	172	354.22	6.62	355.05	3.86
7600.19	172	354.95	2.02	354.95	2.02
7543.26	172	355.03	1.01	355.03	1.01

Tabella 5 Confronto configurazione di progetto con e senza ponte esistente di monte

La simulazione effettuata mostra come, nell'ipotesi di demolizione del ponte esistente si avrebbe una sensibile diminuzione del tirante nelle sezioni a monte dello stesso, unitamente ad un innalzamento del livello idrico nella sezione immediatamente a valle. Tali risultati sono coerenti con l'eliminazione del fenomeno di rigurgito a seguito della soppressione dell'attraversamento idraulico. Dai risultati si evince inoltre una diminuzione della velocità della corrente nelle sezioni esaminate, coerentemente con il mantenimento di un regime di corrente lenta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

---

SF05 – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

I risultati presentati mostrano altresì come le condizioni idrauliche risultano inalterate dalla sezione 7600.19 procedendo verso valle, rendendo di fatto valide tutte le ipotesi progettuali alla base della definizione della sistemazione fluviale SF05, anche nell'eventualità di demolizione dell'attraversamento.

Poiché le condizioni esaminate nel presente documento, ovvero configurazione di progetto con mantenimento del ponte esistente e demolizione dello stesso, rappresentano di fatto i due estremi per le configurazioni possibili in corrispondenza del ponte esistente, le opere di progetto si ritengono verificate anche per eventuali configurazioni intermedie (ad esempio una futura demolizione e ricostruzione con una luce maggiore del ponte).

## 8 CONCLUSIONI

---

Nella presente *Relazione Idrologica e Studio idraulico*, relativa all’opera di regimazione fluviale SF05, sono state condotte le verifiche relative alle sistemazioni fluviali afferenti all’opera in esame. La verifica delle opere in esame è stata condotta considerando la portata corrispondente al tempo di ritorno di 300 anni.

Alla luce dei risultati ottenuti, presentati nei precedenti paragrafi, gli interventi di regimazione relativi all’opera SF05 si ritengono pertanto verificati per il deflusso della piena di progetto.