



**Comune di Marliana**

Provincia di Pistoia

# **Variante generale al Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico**

L.R. n°1 del 3 gennaio 2005

Progettista capogruppo:	Arch. Giovanni Parlanti
Consulenza urbanistica:	Arch. Roberto Bruni
Coordinamento studi ambientali:	Dott. Geol. Leonardo Moretti
Analisi agronomica e forestale: Studi Idraulici:	Dott. For. Stefano Mengoli Ing. Silvia Cipriani (D.R.E.Am. Italia)
Collaborazione al progetto:	Arch. Giulia Gori
Responsabile del Servizio Urbanistica:	Arch. Simona Fioretti
Il Sindaco:	Dott. Luca Bernardi

Settembre 2011

**ALLEGATO G4**

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

## Sommario

1. Premessa .....	2
2. Inquadramento dell'area di studio .....	2
3. Portate di piena .....	6
4. Verifiche idrauliche .....	10
1.1 Il software Hec Ras 4.1 .....	10
1.2 La procedura di calcolo .....	14
1.3 I parametri di simulazione.....	15
5. Risultati delle simulazioni .....	17

## **Relazione idrologica - idraulica**

### **1. Premessa**

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Marliana è stato redatto uno studio idrologico-idraulico per il Torrente Vincio di Montagnana in un tratto all'interno del territorio comunale, a supporto della Variante Generale al Piano Strutturale e contestuale Regolamento Urbanistico, con particolare riferimento alla definizione delle aree allagate, associate ai vari tempi di ritorno considerati, necessarie per la redazione delle carte di pericolosità e fattibilità.

Il presente studio analizza un tratto di circa 700 metri di lunghezza fra le località Giampierone e Campomaggio, seguendo le fasi di lavoro successivamente descritte.

In corrispondenza di tale tratto si sviluppano alcune delle previsioni oggetto della presente variante al PS e contestuale RU, pertanto è stato necessario verificare le eventuali esondazioni del corso d'acqua per la formulazione della fattibilità per fattori idraulici.

Fasi di lavoro:

1. Sopralluogo ai fini della verifica del tratto di corso d'acqua analizzato, delle opere presenti, delle zone golenali e del piano campagna circostante;
2. Definizione delle portate ideologiche su cui sono state impostate le verifiche idrauliche.
3. Verifica idraulica realizzata in moto permanente con HecRas 4.1 che ha permesso la determinazione del comportamento idraulico del corso d'acqua;
4. Sviluppo ed editing della Carta delle Aree Allagate per i vari tempi di ritorno considerati, cartografia funzionale alla successiva fase di definizione della pericolosità e fattibilità.

Per quanto riguarda il rilievo topografico di dettaglio, questo è stato fornito dalla Stazione Appaltante per il tratto oggetto di studio.

### **2. Inquadramento dell'area di studio**

Il torrente Vincio di Montagnana nasce in località Croce di Momigno a una quota di circa 900 m s.l.m. e il suo tracciato, lungo circa 12 km, si sviluppa all'interno dei comuni di Marliana (fino

alla località Giampierone) e di Pistoia, fino alla confluenza con il torrente Ombrone in località Pontelungo.

Dalla cartografia relativa alla pericolosità idraulica del P.A.I., emerge che il Torrente Vincio di Montagnana non è stato oggetto di modellazione idraulica e, sulla base di notizie storico-inventariali è stata assegnata una pericolosità bassa, PII, lungo l'alveo e le aree golenali limitrofe.



Figura 1 – Estratto della carta di Pericolosità Idraulica del PAI Autorità di Bacino Fiume Arno - Torrente Vincio di Montagnana



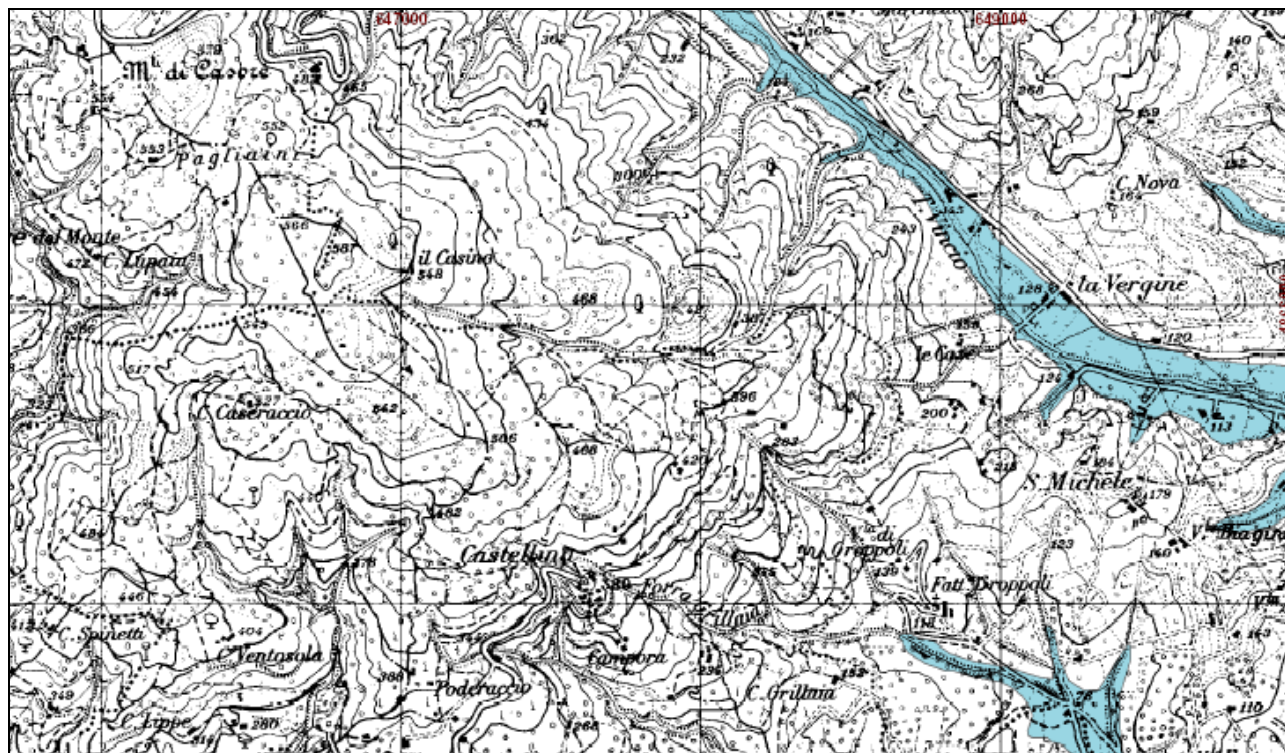


Figura 2 – Estratto della carta di Pericolosità Idraulica del PAI Autorità di Bacino Fiume Arno - Torrente Vincio di Montagnana

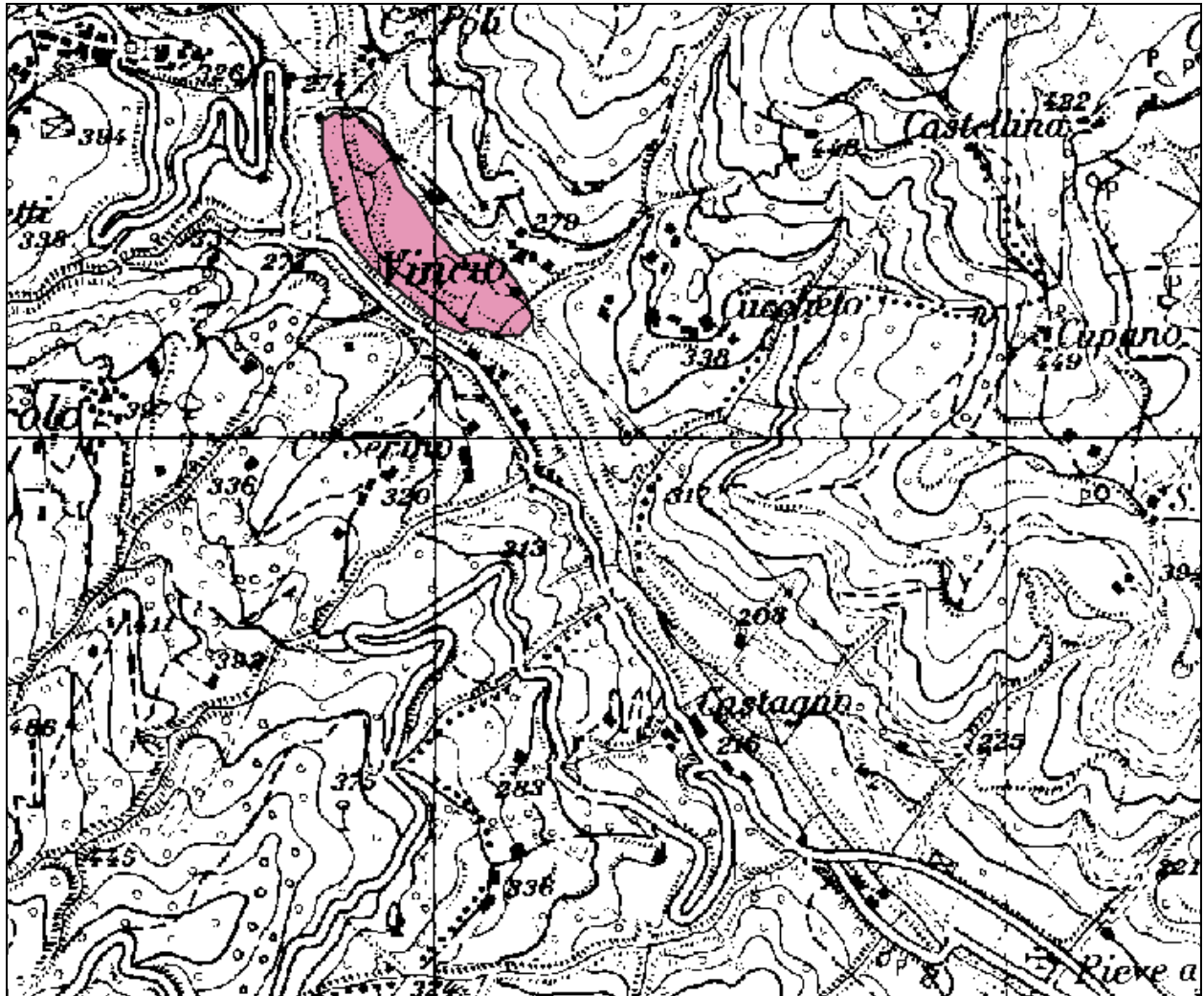


Figura 3 – Estratto della carta delle aree interessate da eventi significativi (1966-1999) Autorità di Bacino Fiume Arno Piano Stralcio Rischio Idraulico - Torrente Vincio di Montagnana

Nell’estratto della carta delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi, risulta individuata una zona classificata come “Aree interessate da inondazioni ricorrenti” come mostrato nella Figura 3.

Il Torrente Vincio di Montagnana è caratterizzato da un regime tipicamente torrentizio e per quanto riguarda il suo andamento all’interno del comune di Marliana, si contraddistingue genericamente con una sezione piuttosto incassata. Questa caratteristica è fortemente accentuata nella parte alta del bacino fino a località la Marietta, a valle della quale la morfologia intorno all’alveo tende a ampliarsi leggermente.



L'area di interesse è localizzata nel Comune di Marliana (PT), e riguarda un tratto di 700 metri di lunghezza al confine comunale con Pistoia.

Il bacino idrografico del corso d'acqua ha complessivamente una superficie di 22 kmq; alla sezione di chiusura posta in corrispondenza del ponte di Via del Rio, dove inizia il tratto oggetto della simulazione idraulica, il bacino ha un'estensione di 10,20 kmq.

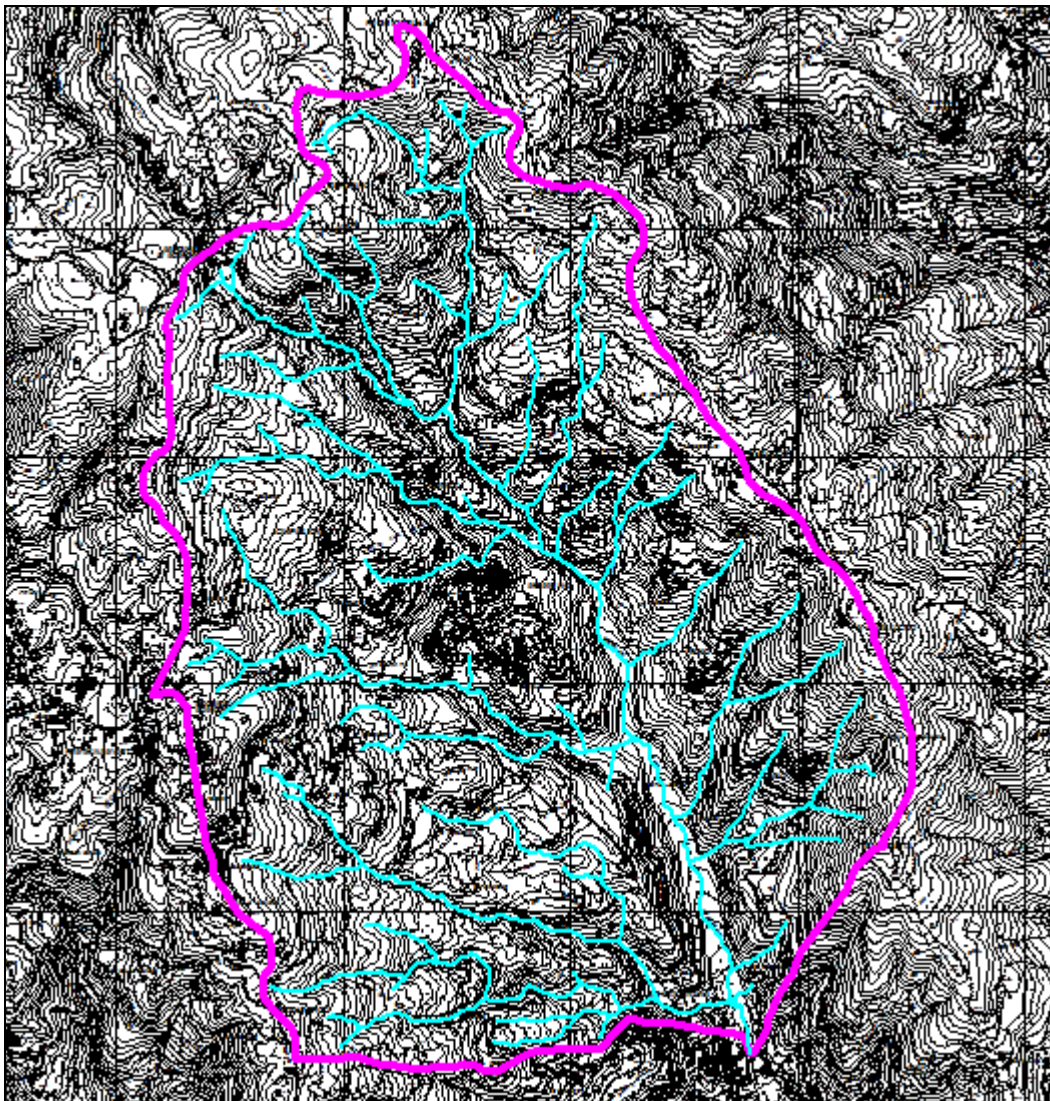


Figura 4 – Bacino idrografico del Torrente Vincio di Montagnana

### **3. Portate di piena**

Per la determinazione dei valori di portata relativi ai tempi di ritorno ventennale, trentennale, centennale e duecentennale si sono consultati i dati relativi a studi esistenti.

In particolare è stato consultato lo studio relativo ai “*Bacini idrografici Torrenti Ombrone P.se-Bisenzio Riduzione del rischio idraulico – Progettazione preliminare degli interventi*” (Hydea, 1999) dove, relativamente al Torrente Vincio di Montagnana, sono riportati i seguenti valori:

- Superficie del bacino: 22 kmq
- Tempo di corrivazione,  $t_c = 1,09$  ore
- $Q_{10} = 62$  mc/sec
- $Q_{20} = 77$  mc/sec
- $Q_{50} = 97$  mc/sec
- $Q_{100} = 112$  mc/sec
- $Q_{200} = 128$  mc/sec

Se consideriamo la portata per unità di superficie troviamo che, in corrispondenza della sezione di chiusura su via del Rio, si calcolano i seguenti valori per ciascun tempo di ritorno:

<b>Tempo di ritorno</b>	<b>Portata, Q mc/sec</b>	<b>Portata per unità di superficie, q mc/sec kmq</b>
T <sub>10</sub>	Q <sub>10</sub> = 28,66 mc/sec	q <sub>10</sub> = 2,81 mc/sec kmq
T <sub>20</sub>	Q <sub>20</sub> = 35,70 mc/sec	q <sub>20</sub> = 3,50 mc/sec kmq
T <sub>50</sub>	Q <sub>50</sub> = 44,88 mc/sec	q <sub>50</sub> = 4,40 mc/sec kmq
T <sub>100</sub>	Q <sub>100</sub> = 51,91 mc/sec	q <sub>100</sub> = 5,09 mc/sec kmq
T <sub>200</sub>	Q <sub>200</sub> = 59,26 mc/sec	q <sub>200</sub> = 5,81 mc/sec kmq

Tabella 1: Valori di portata relativi ai vari tempi di ritorno desunti dallo studio “*Bacini idrografici Torrenti Ombrone P.se-Bisenzio Riduzione del rischio idraulico – Progettazione preliminare degli interventi*” (Hydea, 1999)

Relativamente ai tempi di ritorno venti, trenta, cento e duecento anni, altri valori sono stati ricavati dal programma AL.TO, in cui è modellato il tratto del Torrente Vincio di Montagnana alla sezione di chiusura di interesse.

Si riportano di seguito gli idrogrammi di piena, forniti dal programma, relativi ai vari tempi di ritorno considerati.



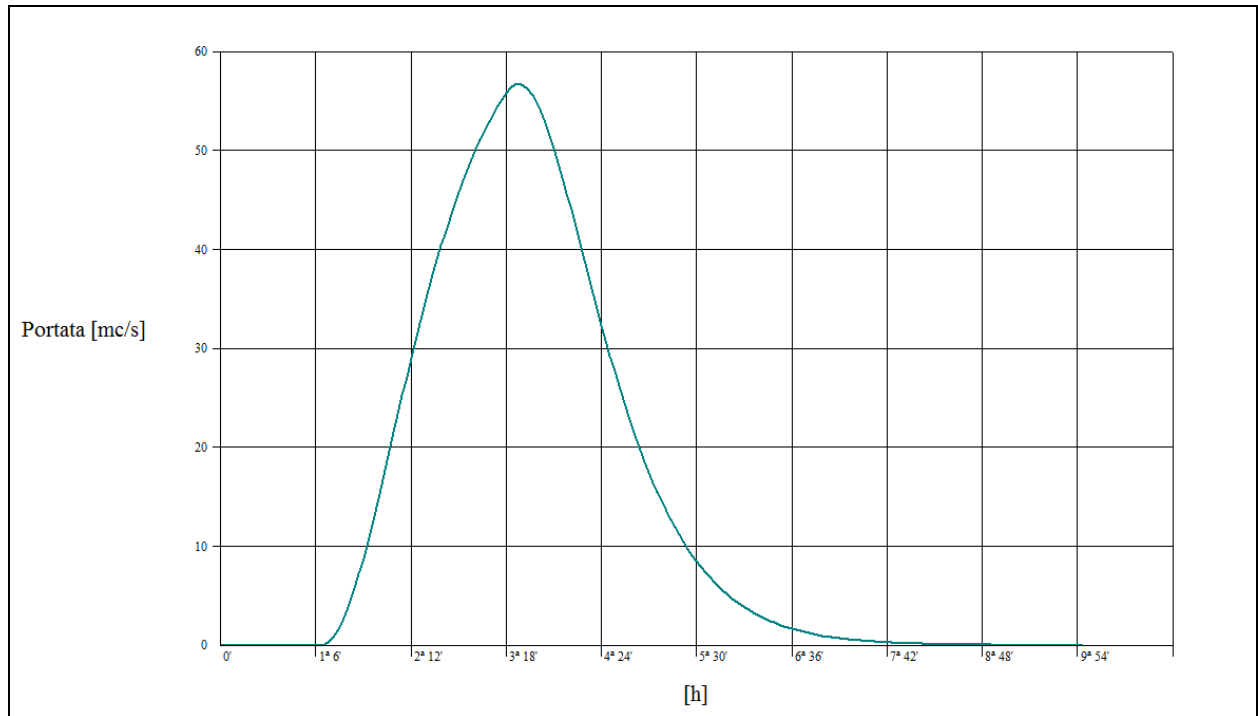


Figura 5 – Idrogramma di piena del Torrente Vincio di Montagnana per Tr= 20 anni

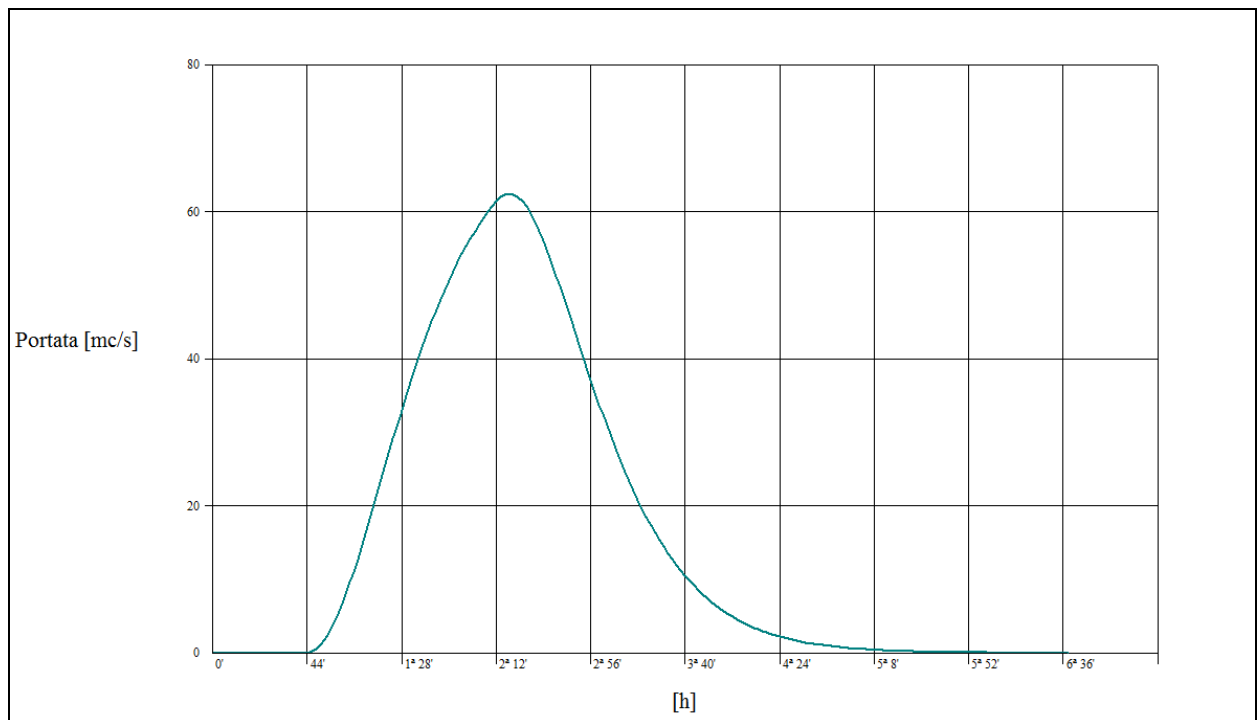


Figura 6 – Idrogramma di piena del Torrente Vincio di Montagnana per Tr= 30 anni

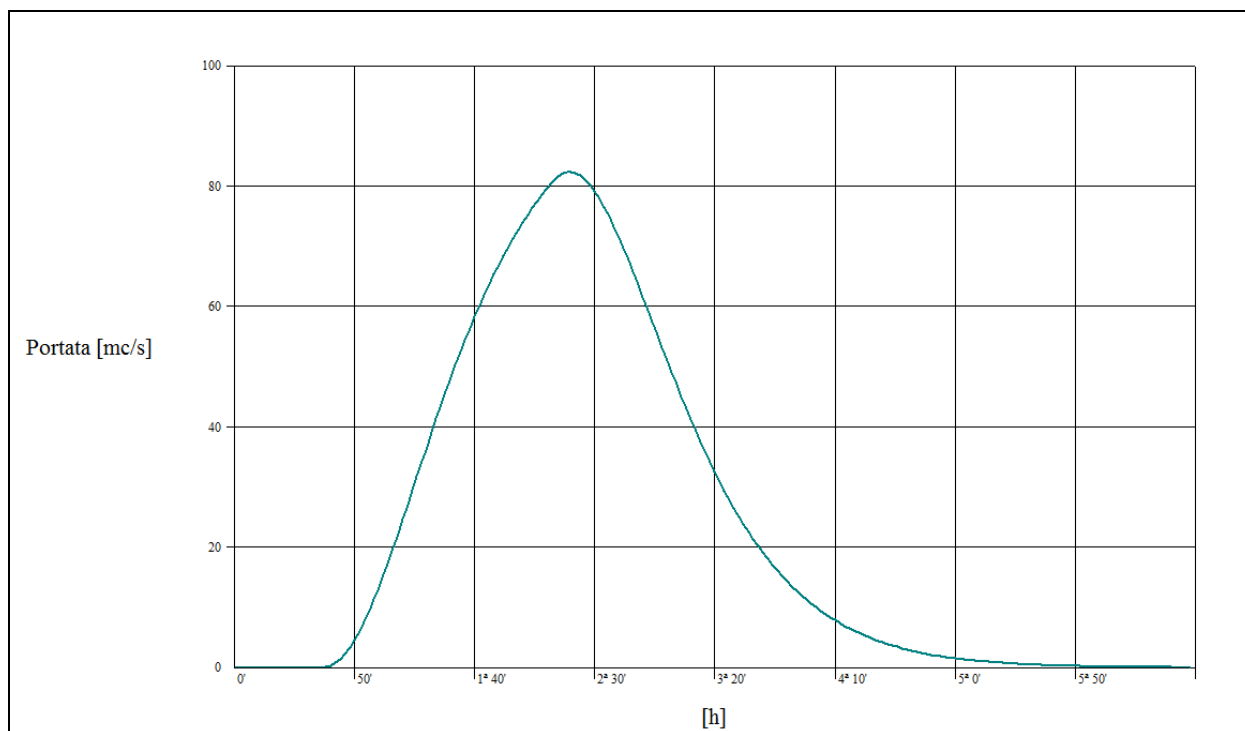


Figura 7 – Idrogramma di piena del Torrente Vincio di Montagnana per Tr= 100 anni

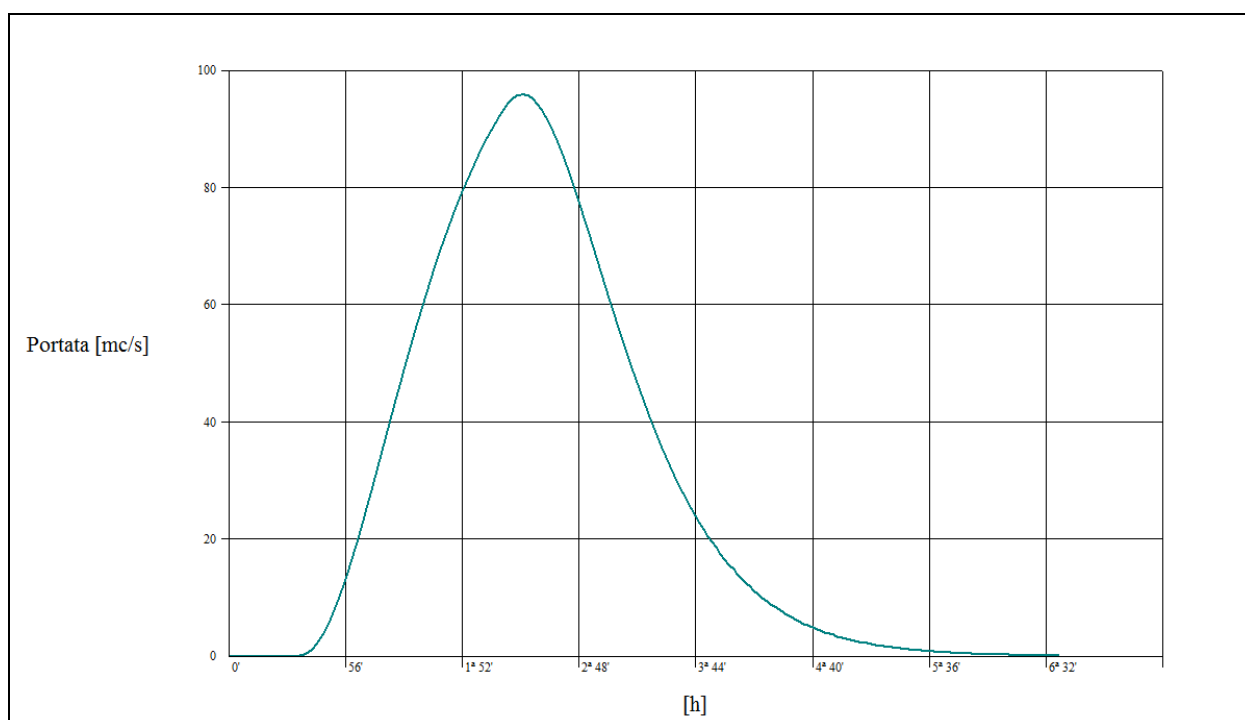


Figura 8 – Idrogramma di piena del Torrente Vincio di Montagnana per Tr= 200 anni

I valori ricavati sono riportati in tabella:

<b>Tempo di ritorno</b>	<b>Portata, Q mc/sec</b>	<b>Portata per unità di superficie, q mc/sec kmq</b>
T <sub>20</sub>	Q <sub>20</sub> = 57,08 mc/sec	q <sub>20</sub> = 5,59 mc/sec kmq
T <sub>30</sub>	Q <sub>30</sub> = 62,82 mc/sec	q <sub>30</sub> = 6,15 mc/sec kmq
T <sub>100</sub>	Q <sub>100</sub> = 82,82 mc/sec	q <sub>100</sub> = 8,11 mc/sec kmq
T <sub>200</sub>	Q <sub>200</sub> = 96,47 mc/sec	q <sub>200</sub> = 9,45 mc/sec kmq

Tabella 2: Valori di portata relativi ai vari tempi di ritorno ricavati dal programma AL.TO.

Dal confronto fra i valori riportati nello studio Hydea e quelli calcolati attraverso il programma AL.TO, si è scelto di utilizzare per le simulazioni idrauliche, i valori di AL.TO, in quanto più cautelativi.

#### **4. Verifiche idrauliche**

Una volta calcolate le portate di riferimento per ciascun tempo di ritorno di interesse è stato possibile impostare le verifiche idrauliche attraverso le quali è stato descritto il comportamento idraulico del Torrente Vincio di Montagnana nel tratto in studio.

Per effettuare le verifiche idrauliche è stato utilizzato il programma HEC-RAS 4.1 in moto permanente, dal momento che la configurazione del corso d'acqua, nel tratto in studio, si presenta senza aree golenali e delimitato dai versante o comunque dalla presenza di contrasti morfologici sia in destra che in sinistra.

##### **1.1 Il software Hec Ras 4.1**

Per la verifica idraulica in moto permanente dei tratti d'interesse del Torrente Lima e Sestaione è stato utilizzato il software di calcolo Hec-Ras 4.1, sviluppato dall'*Hydrologic Engineering Center*, che consente di effettuare simulazioni idrauliche monodimensionali in regime di moto permanente o di moto vario, utilizzando una procedura numerica basata sul metodo iterativo "standard step method".

Il modello matematico utilizzato dal programma risolve il problema dell'individuazione del livello del pelo libero della corrente in una assegnata sezione, sotto le seguenti ipotesi di lavoro:

- Moto gradualmente variato (in caso di ponti, attraversamenti, culverts e dove il moto non è gradualmente variato, il programma utilizza l'equazione della quantità di moto ed altre relazioni empiriche);
- Flusso monodimensionale;
- Corrente stazionaria (indipendente dal tempo);
- Pendenza del fondo inferiore al 10 %;

Il calcolo dei profili idraulici, che può essere condotto in corrente lenta, veloce o mista, è realizzato da una sezione trasversale alla successiva tramite un processo iterativo, che si basa sulla risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia:

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

essendo:

- $Y_2$  e  $Y_1$  il livello del pelo libero nelle sezioni 2 e 1;
- $Z_2$  e  $Z_1$  la quota del fondo alveo nelle sezioni 2 e 1;
- $V_2$  e  $V_1$  le velocità medie nelle sezioni 2 e 1;
- $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  i coefficienti di velocità;
- $g$  l'accelerazione di gravità;
- $h_e$  la perdita energetica fra 2 sezioni successive.

La perdita energetica  $h_e$  tra due sezioni successive è divisibile in due termini distinti: da una parte troviamo le perdite per attrito di tipo distribuito, dall'altra le perdite per contrazione ed espansione di tipo localizzato:

$$h_e = L \cdot \bar{S}_f + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} - \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove, oltre ai simboli già noti, si considera:



- L distanza pesata tra due sezioni successive;
- $\bar{S}_f$  gradiente idraulico medio  $\left(\frac{\partial H}{\partial x}\right)$ ;
- C coefficiente di contrazione/espansione.

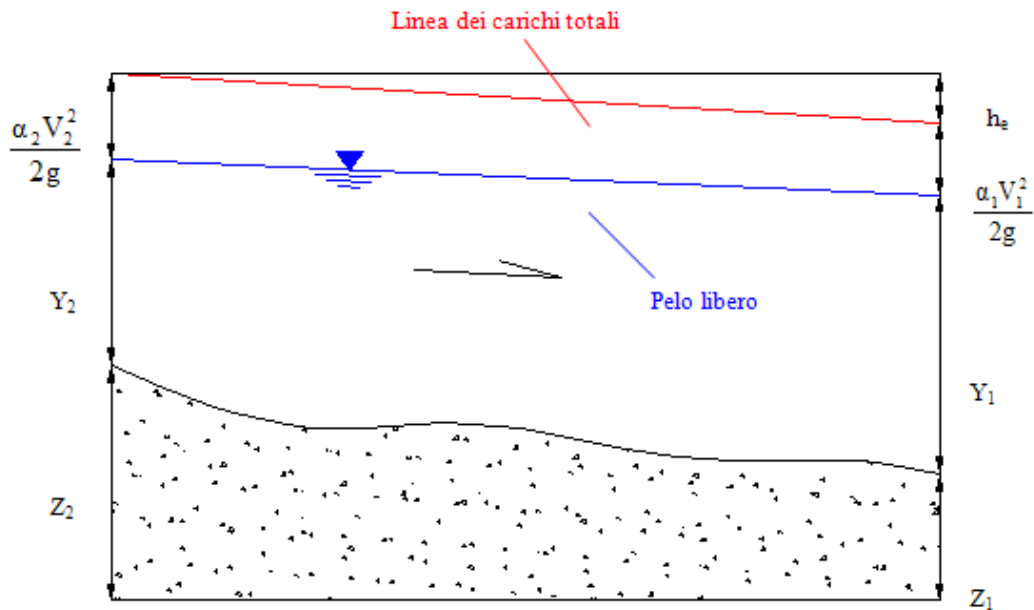


Figura 9: Schematizzazione energetica del moto permanente effettuata dal software Hec Ras

La sezione idraulica del corso viene rappresentata geometricamente per punti: all'interno di essa il software distingue tre zone, separate fra loro in base alle variazioni orizzontali di scabrezza, che, adottando la terminologia anglosassone, vengono indicate con *main channel*, *left overbank* e *right overbank*, all'interno delle quali il programma considera la velocità costante.

In ciascuna fascia vengono definite le scabrezze del fondo, che vengono poi composte al fine di generare una scabrezza equivalente valida per l'intera sezione: per ciascuna sottosezione il programma determina la portata e la capacità di deflusso in moto uniforme (per mezzo dell'equazione di Manning):

$$Q = K \cdot S_f^{1/2}$$

$$K = \frac{A \cdot R^{2/3}}{n}$$

dove:

- K è la capacità di deflusso nella fascia ( $m^3/s$ );
- n è il coefficiente di scabrezza di Manning ( $s/m^{1/3}$ );
- A è l'area della sezione bagnata della fascia ( $m^2$ );
- R è il raggio idraulico della fascia (m).

La capacità di deflusso totale della sezione si ottiene sommando la capacità di deflusso parziale delle singole sottosezioni. Le perdite di carico per attrito sono calcolate tramite la relazione di Manning:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{Q \cdot n}{A \cdot R^{2/3}}\right)^2$$

da cui si ricava l'equazione per il calcolo della perdita di carico fra due sezioni:

$$\overline{S_f} = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2}\right)^2$$

dove  $K_1$  e  $K_2$  rappresentano le capacità di deflusso totali delle sezioni estreme.

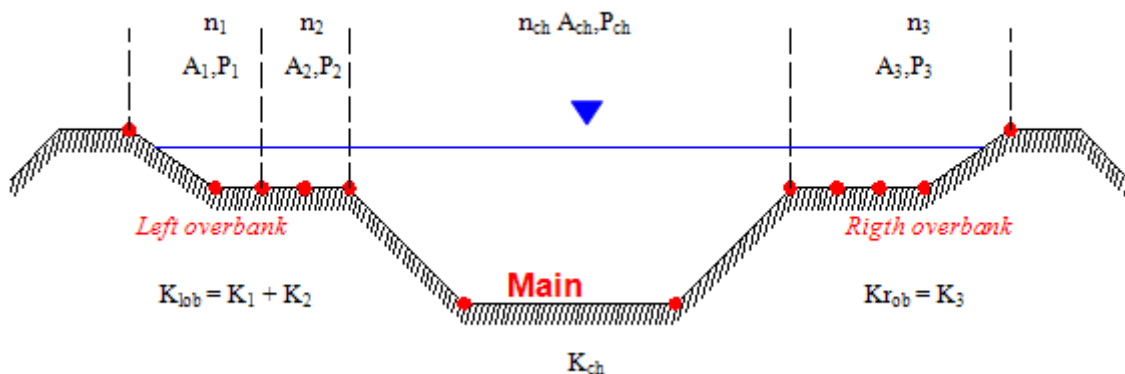


Figura 10: Schematizzazione delle sezioni trasversali effettuata dal software Hec Ras

Nell'equazione delle perdite per attrito compare la grandezza L che viene calcolata come media pesata sulle portate:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \cdot \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \cdot \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

dove compaiono le distanze fra due sezioni contigue, riferite al baricentro dei deflussi che transitano rispettivamente nella golena sinistra, nel canale principale e nella golena destra e le portate nelle varie sottosezioni.

## **1.2 La procedura di calcolo**

Come già accennato in precedenza il programma determina il livello del pelo libero mediante il bilanciamento per via iterativa dell'equazione dell'energia, utilizzando passo per passo anche l'equazione delle perdite energetiche precedentemente esposta. La procedura computazionale si articola sui seguenti passaggi:

1. data come grandezza d'ingresso la portata di interesse  $Q$ , viene assunta un'altezza di tentativo  $y_i$  della corrente nella sezione di monte, o in quella di valle se la corrente è veloce;
2. dal valore assunto  $y_i$  si calcola la velocità e la capacità di deflusso della sezione;
3. dai valori del passo 2 si calcola  $\bar{S}_i$  e quindi  $h_e$ ;
4. con i valori ricavati al passo 2 e 3 si risolve l'equazione dell'energia rispetto a  $y_i$ ;
5. si confronta il valore  $y_i$  calcolato con quello assunto al passo 1 e si ripete il procedimento fino a che lo scarto risulta inferiore a 3 cm, oppure ad una tolleranza predefinita dall'utente.

Il software utilizza dei metodi ottimizzati per scegliere l'altezza di tentativo iniziale e quelle successive di iterazione, fra cui si ricorda il metodo delle tangenti e quello della secante, molto efficiente nel ridurre il numero di iterazioni prima di arrivare alla convergenza dell'algoritmo.

Il massimo numero di iterazioni possibili, fissato come default ma modificabile dall'utente, è pari a 20: se il programma non riesce a bilanciare l'equazione dell'energia nel numero massimo di passaggi, come soluzione viene fornito il livello idrico che produce il minimo errore tra il

valore assunto e quello calcolato, se questo è compatibile con il regime della corrente che si instaura, altrimenti viene assunta l'altezza critica come livello idrico di riferimento.

### **1.3 I parametri di simulazione**

Le portate di riferimento con cui sono state effettuate le simulazioni idrauliche sono quelle precedentemente riportate; i valori di scabrezza e di resistenza al moto sono stati desunti dai sopralluoghi effettuati in sito nel corso della campagna topografica.

Come valore di scabrezza secondo Manning è stato considerato per l'alveo inciso un valor medio di  $0.04 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$ , di  $0.06 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$  per le zone golenali, per le scarpate ed il piano campagna le murature, le scogliere in massi e i manufatti. Il coefficiente di contrazione-espansione è stato ovunque posto pari a 0.1-0.3, mentre è stato posto pari a 0.3-0.5 in presenza di strutture idrauliche e ponti.

Le simulazioni sono state condotte in un regime di moto di tipo misto, imponendo dunque una condizione al contorno di monte ed una di valle: tanto a monte che a valle è stata considerata la condizione di corrente critica in quanto sono presenti disconnessioni idrauliche.



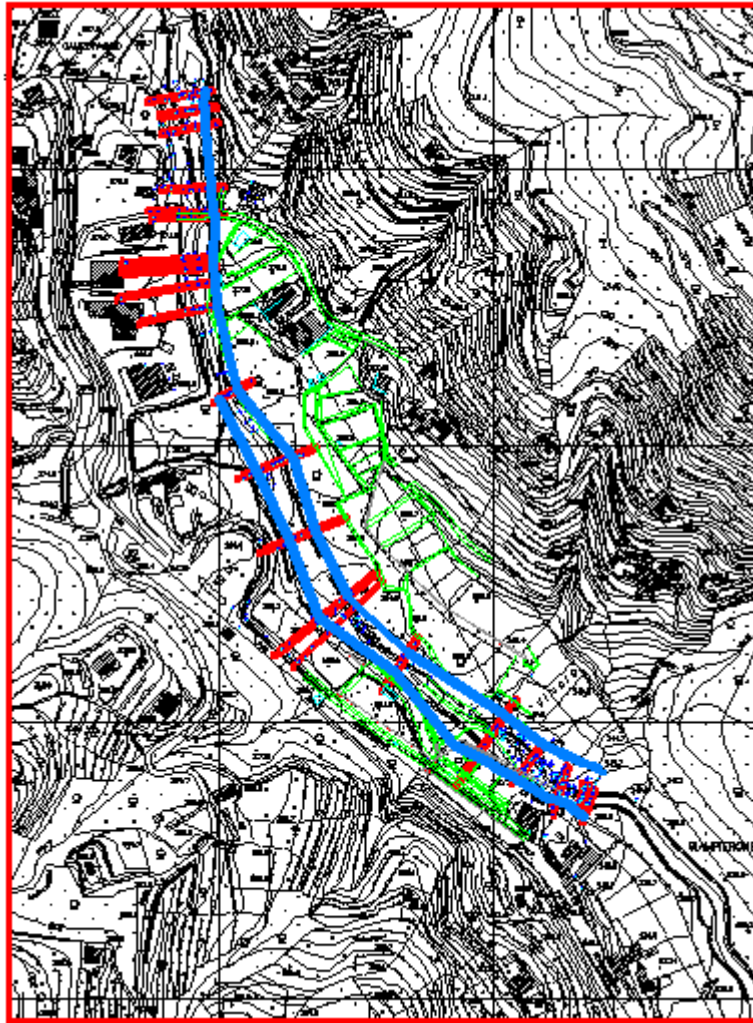


Figura 11: Localizzazione delle sezioni oggetto di rilievo topografico di dettaglio, utilizzate per le verifiche idrauliche

## 5. Risultati delle simulazioni

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche idrauliche in forma grafica.

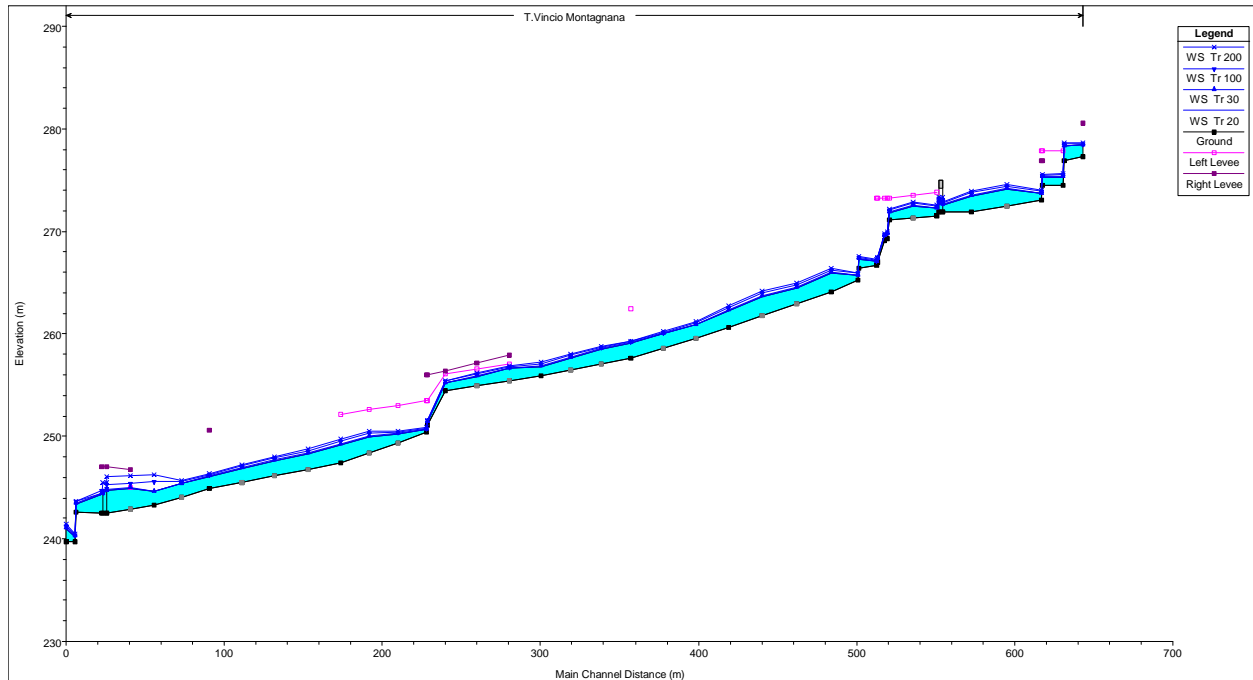


Figura 12: Profilo del pelo libero per i vari tempi di ritorno

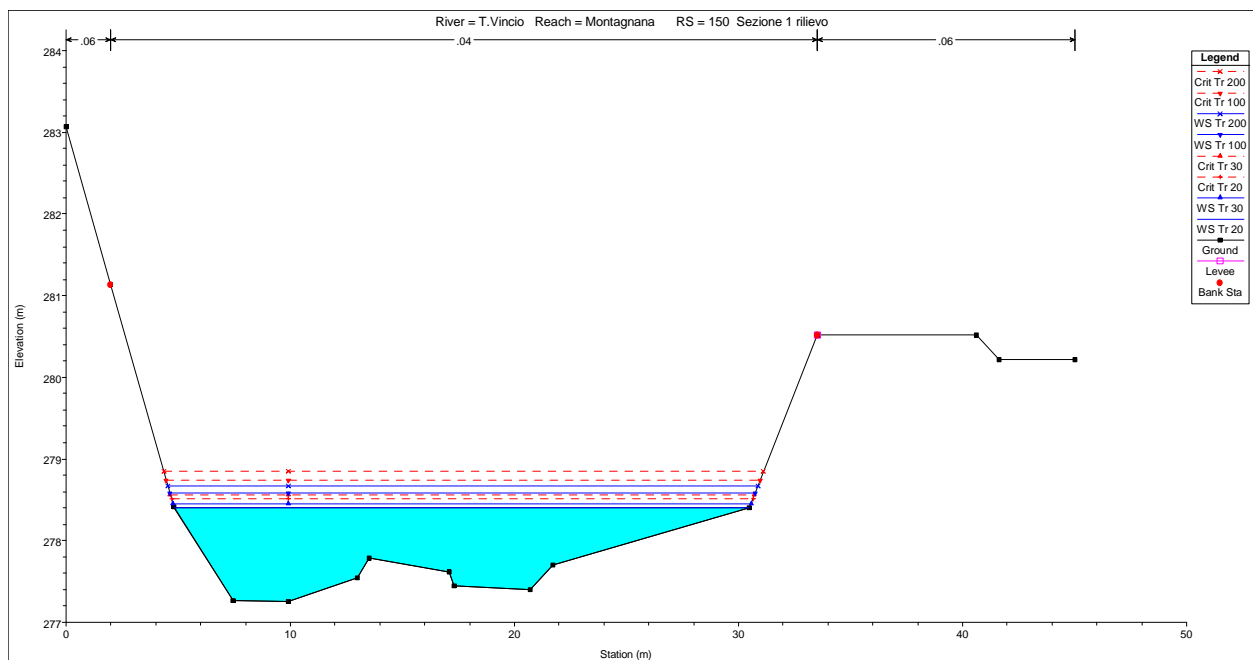


Figura 13: Sezione 1 del rilievo topografico

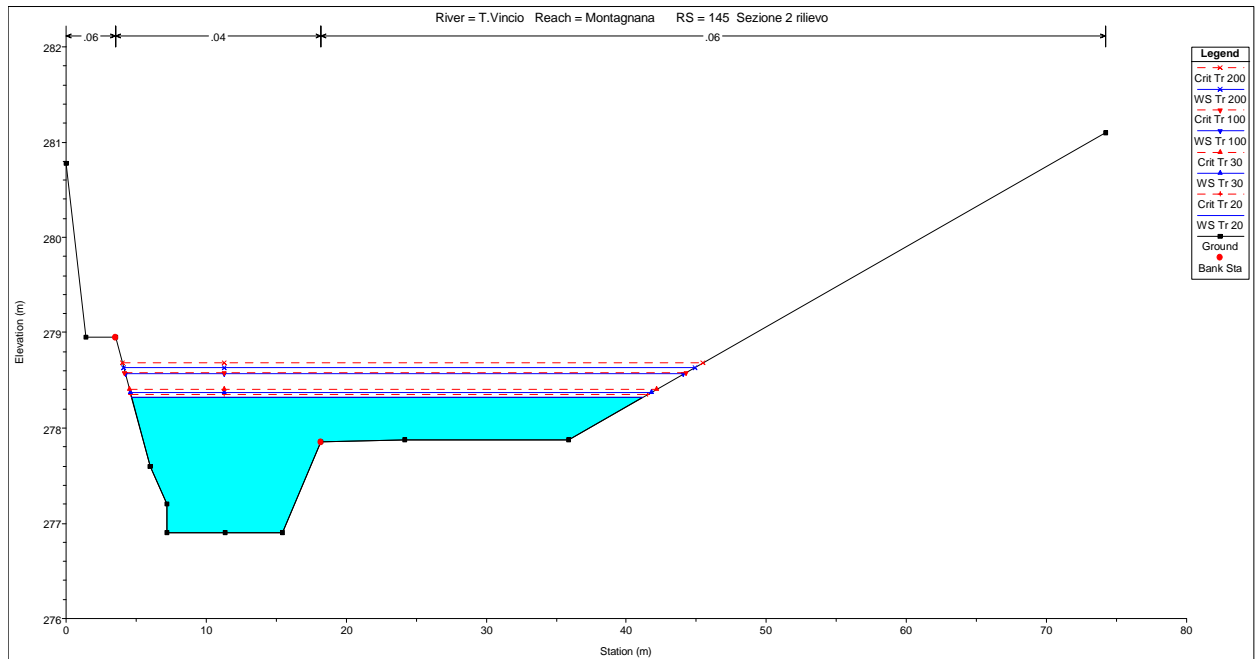


Figura 14: Sezione 2 del rilievo topografico

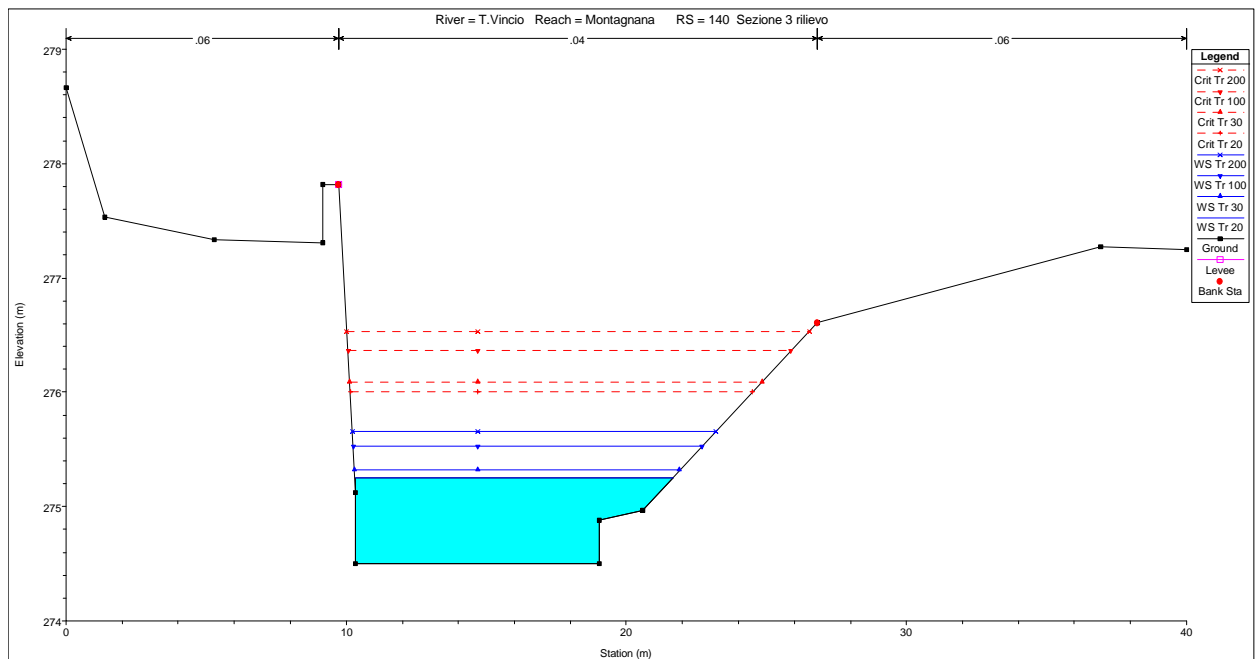


Figura 15: Sezione 3 del rilievo topografico

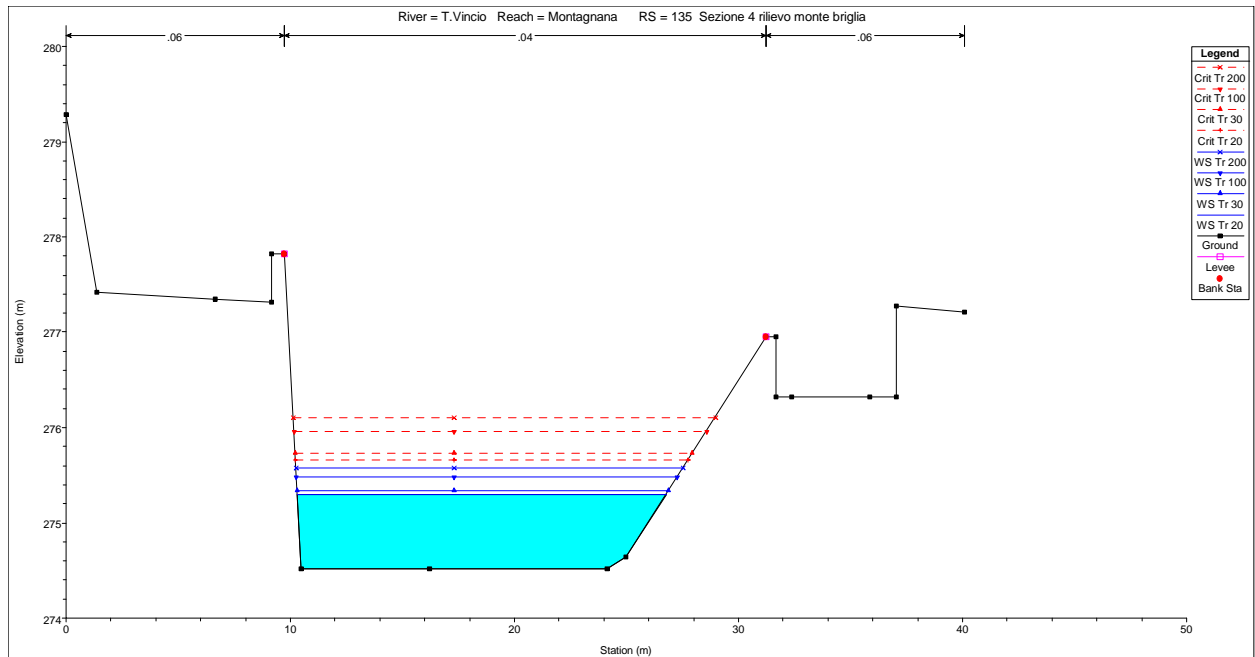


Figura 16: Sezione 4 (monte briglia) del rilievo topografico

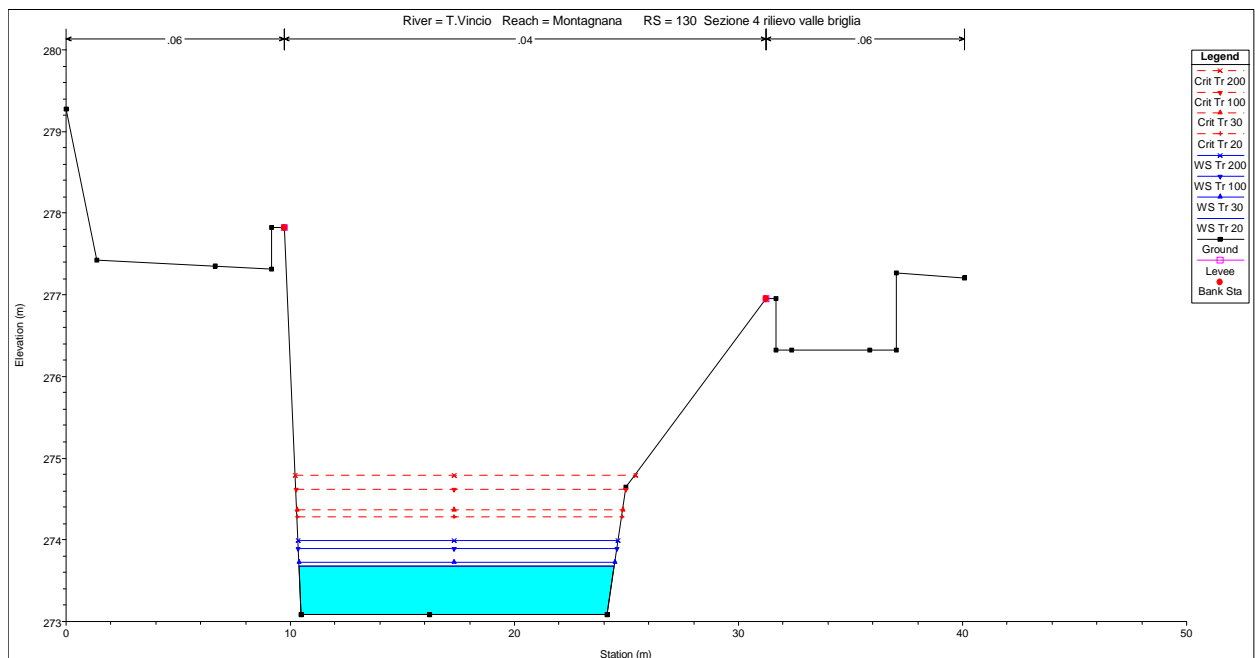


Figura 17: Sezione 4 (valle briglia) del rilievo topografico



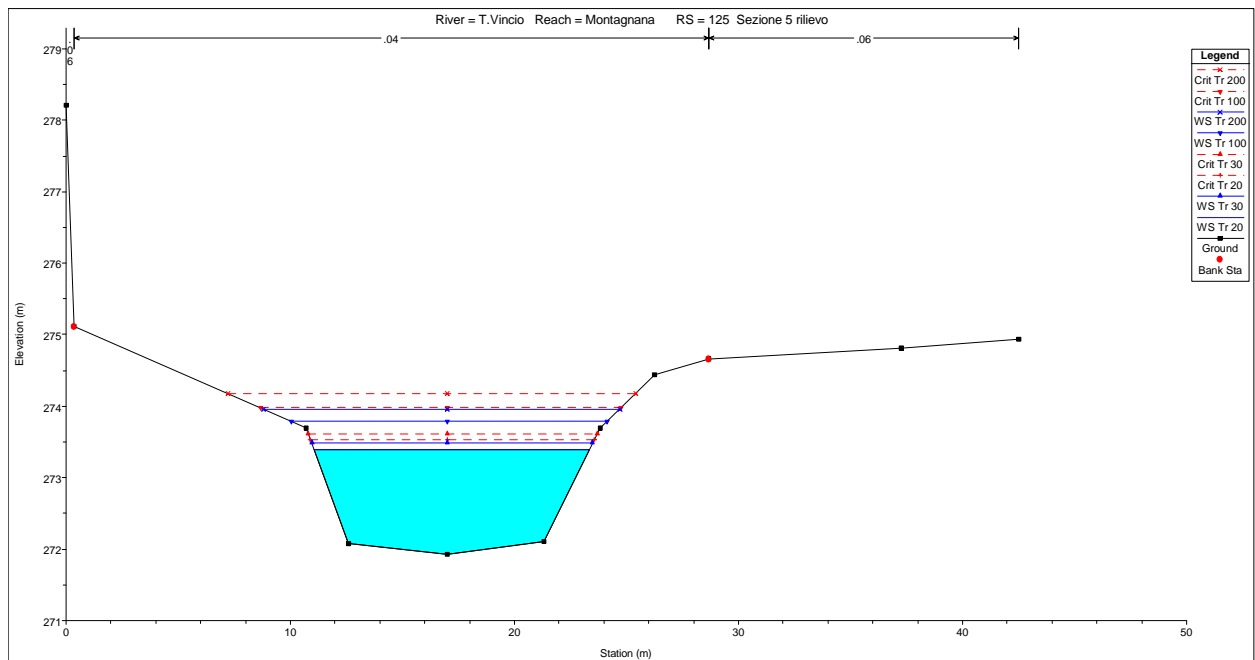


Figura 18: Sezione 5 del rilievo topografico

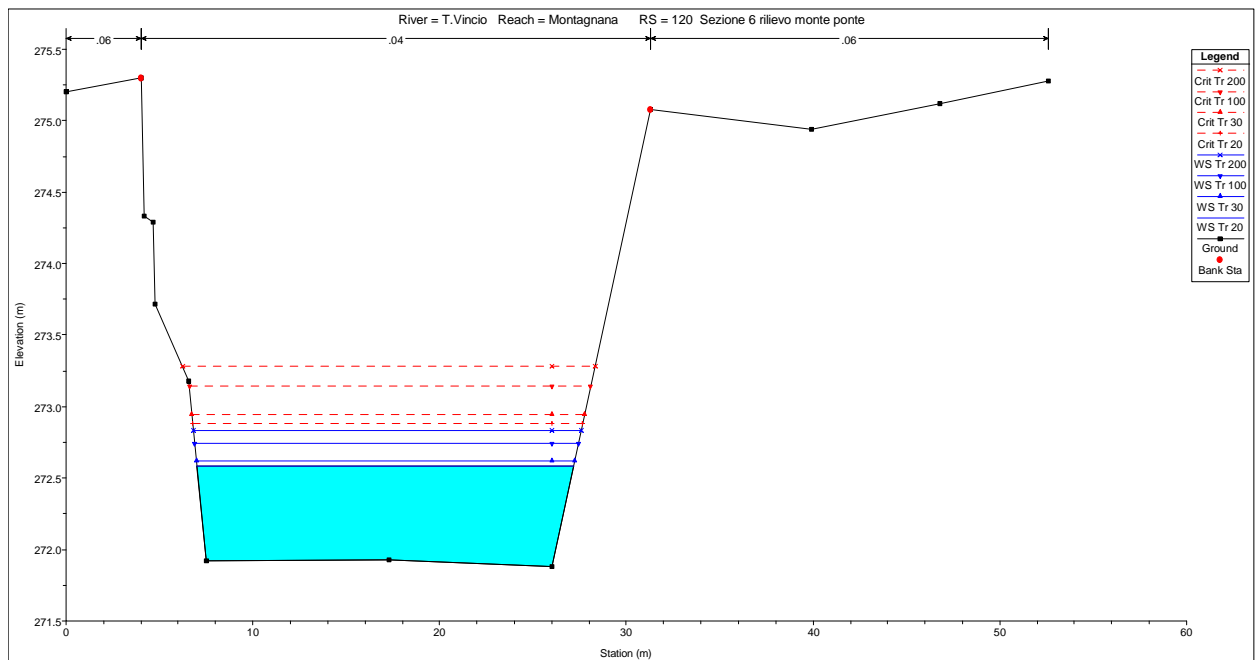


Figura 19: Sezione 6 (monte ponte) del rilievo topografico

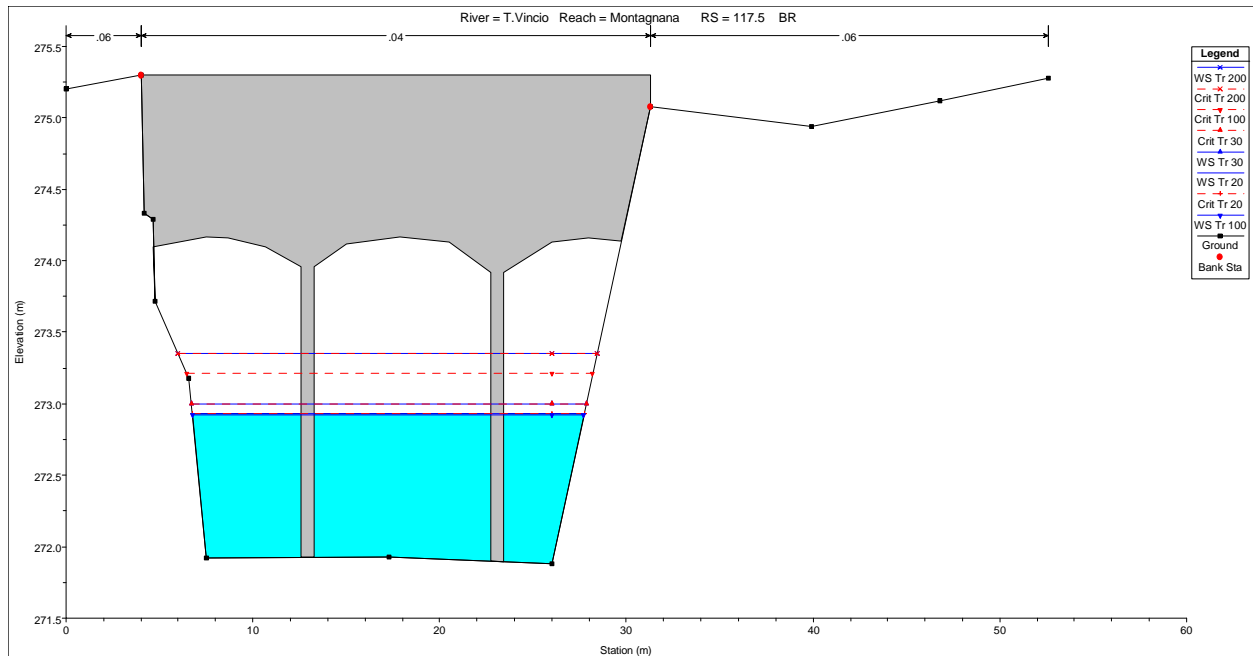


Figura 20: Sezione briglia

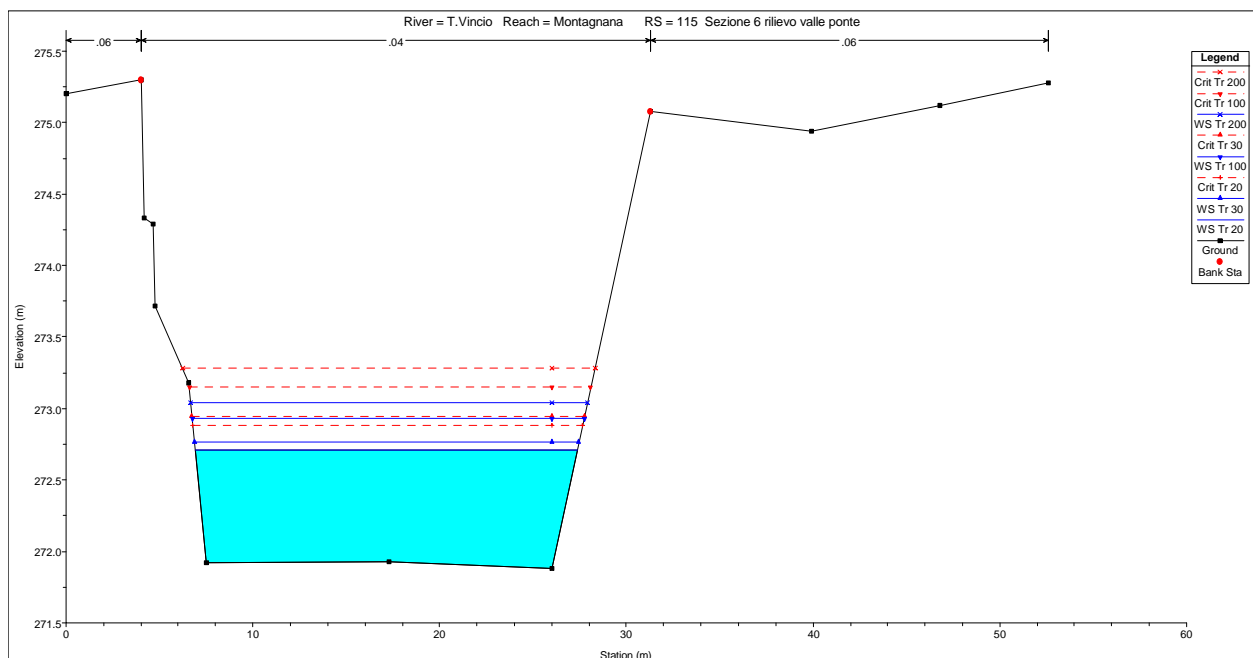


Figura 21: Sezione 6 (valle ponte) del rilievo topografico

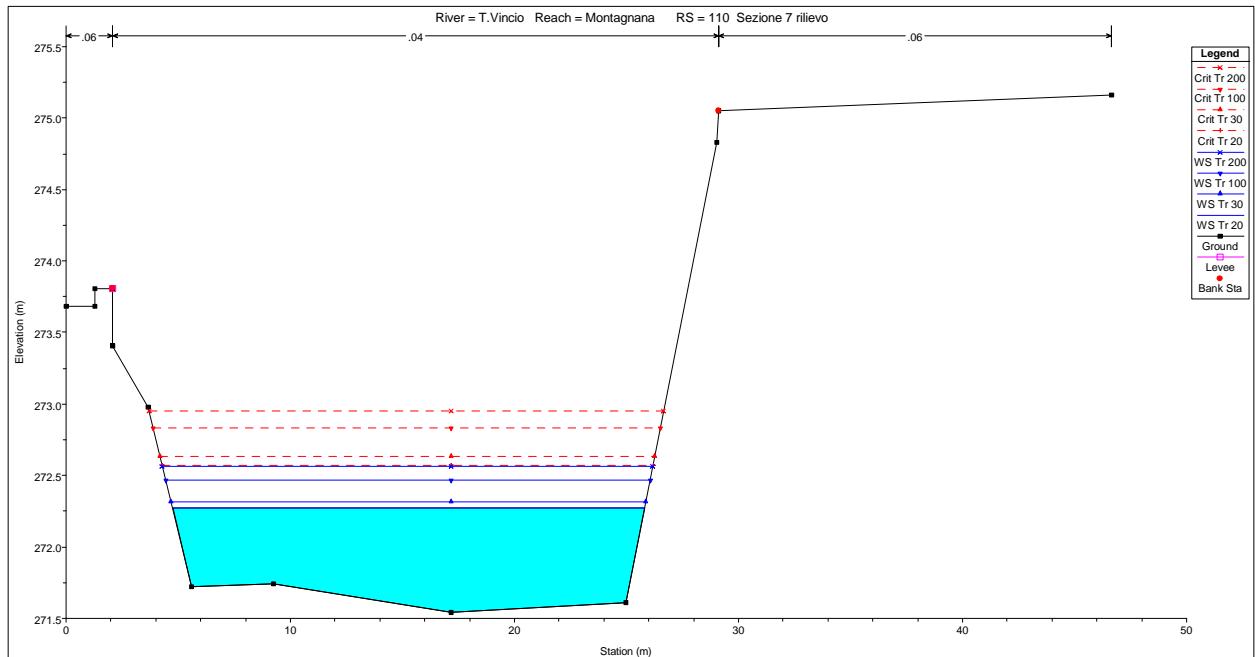


Figura 22: Sezione 7 del rilievo topografico

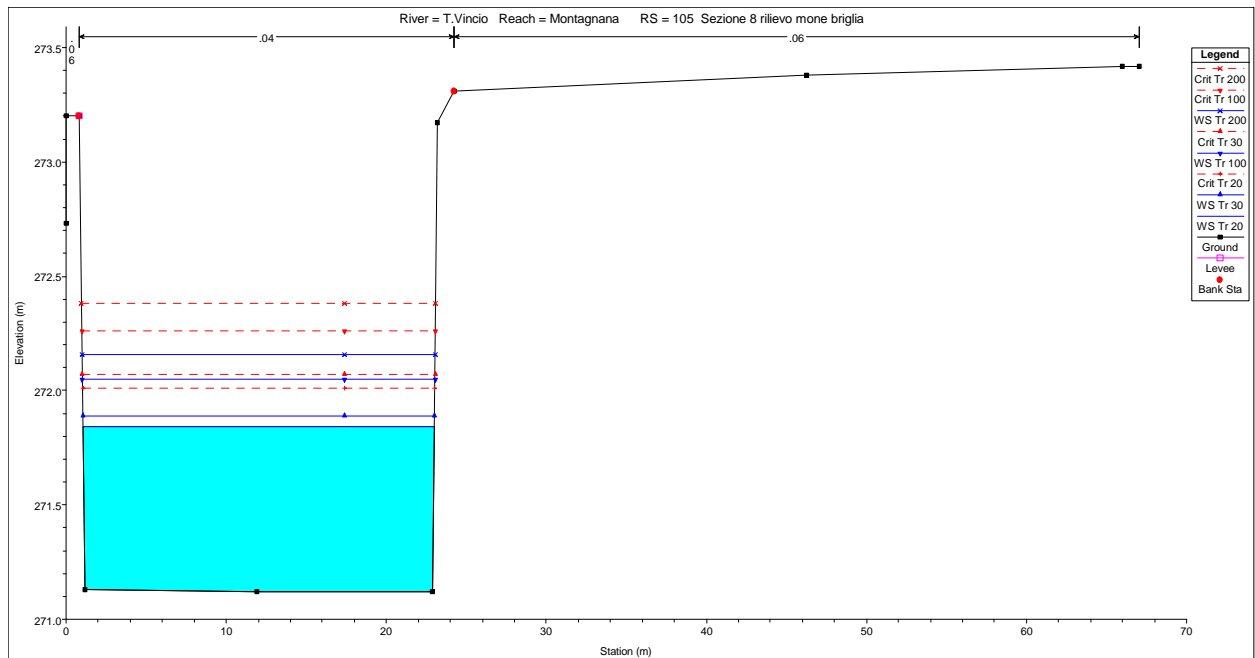


Figura 23: Sezione 8 (monte briglia) del rilievo topografico

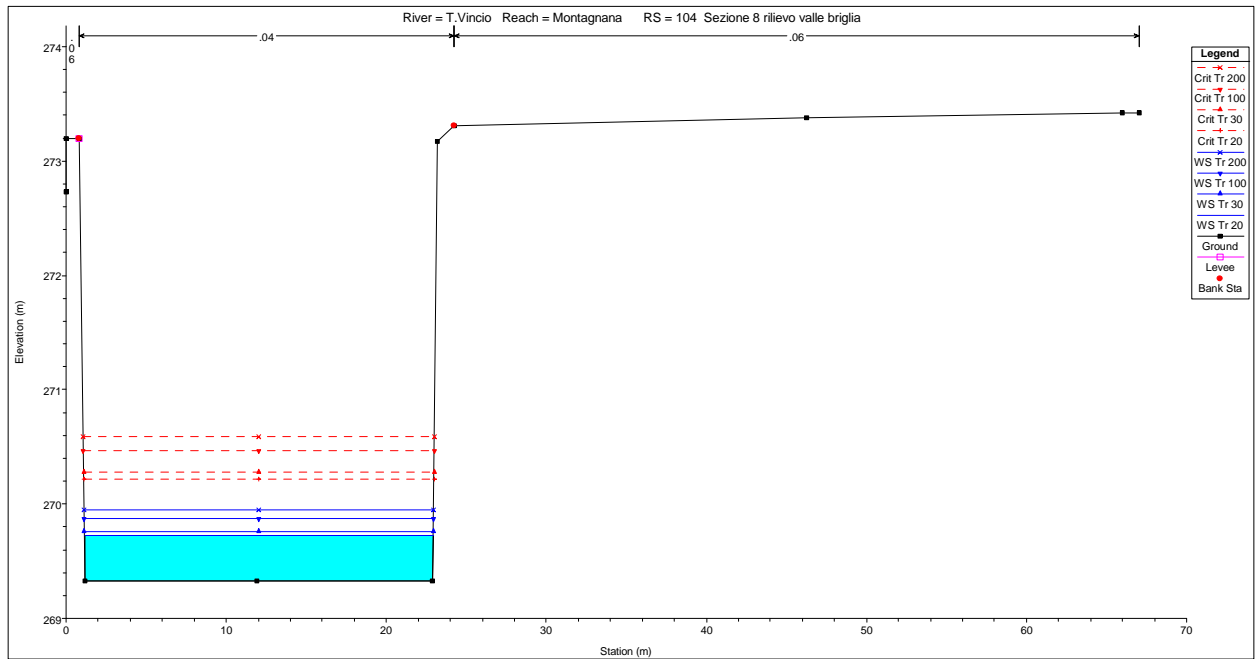


Figura 24: Sezione 8 (valle briglia) del rilievo topografico

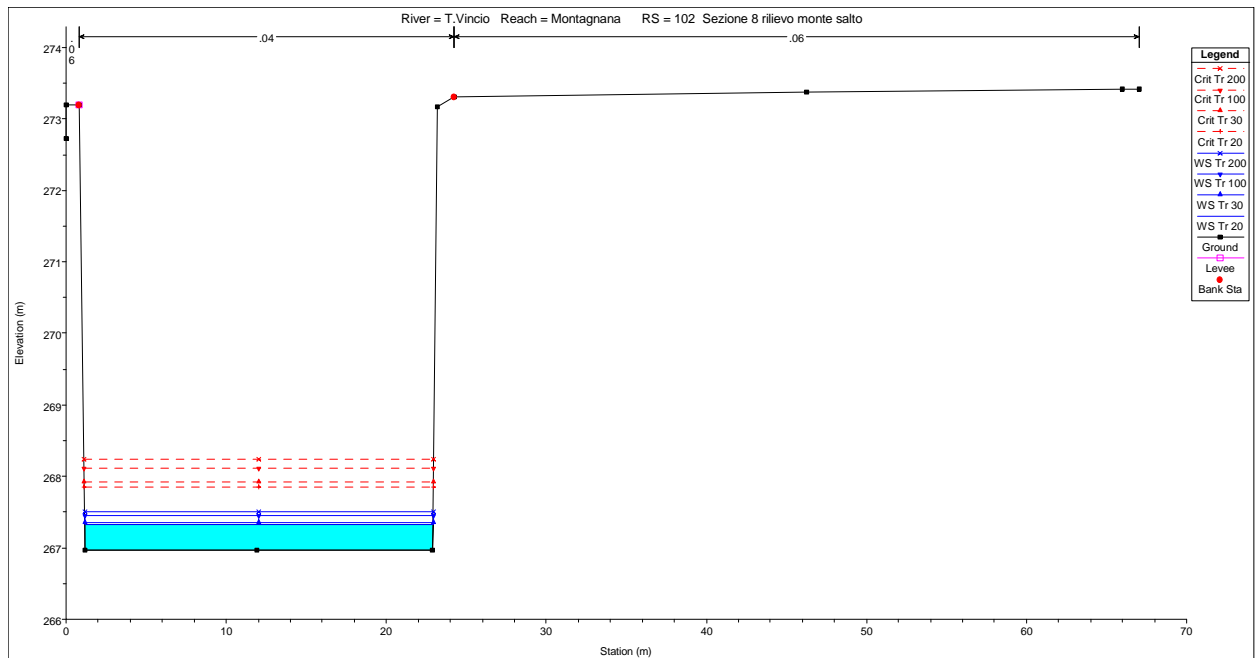


Figura 25: Sezione 8 (monte salto) del rilievo topografico

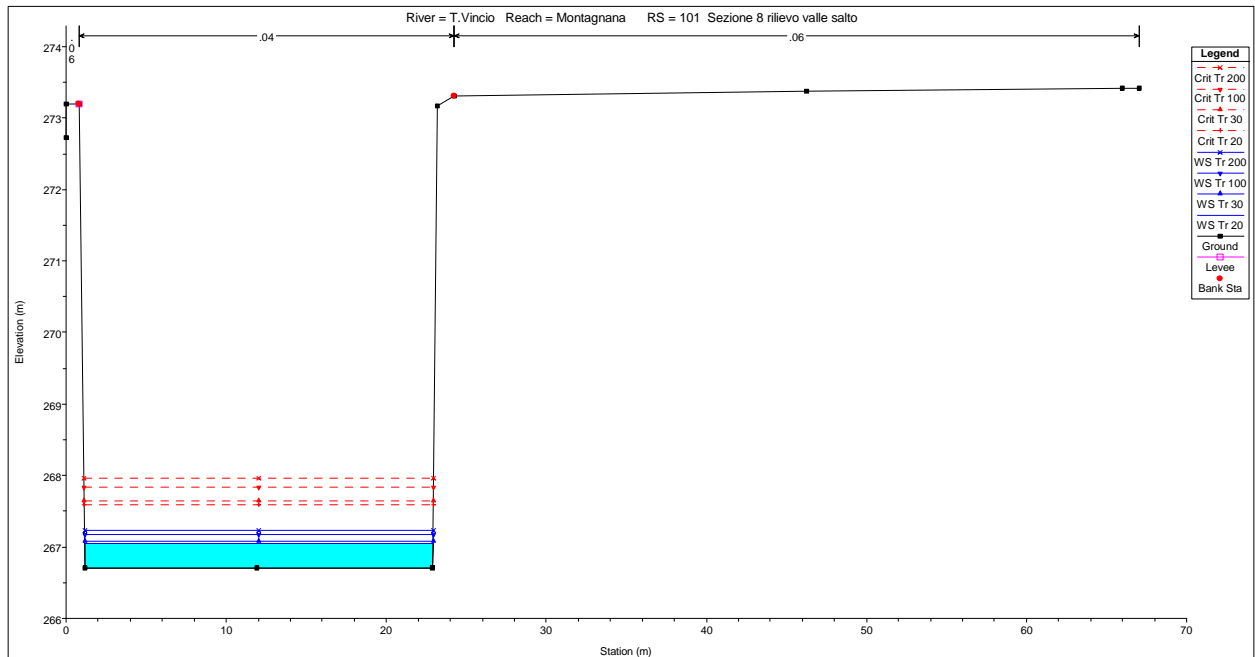


Figura 26: Sezione 8 (valle salto) del rilievo topografico

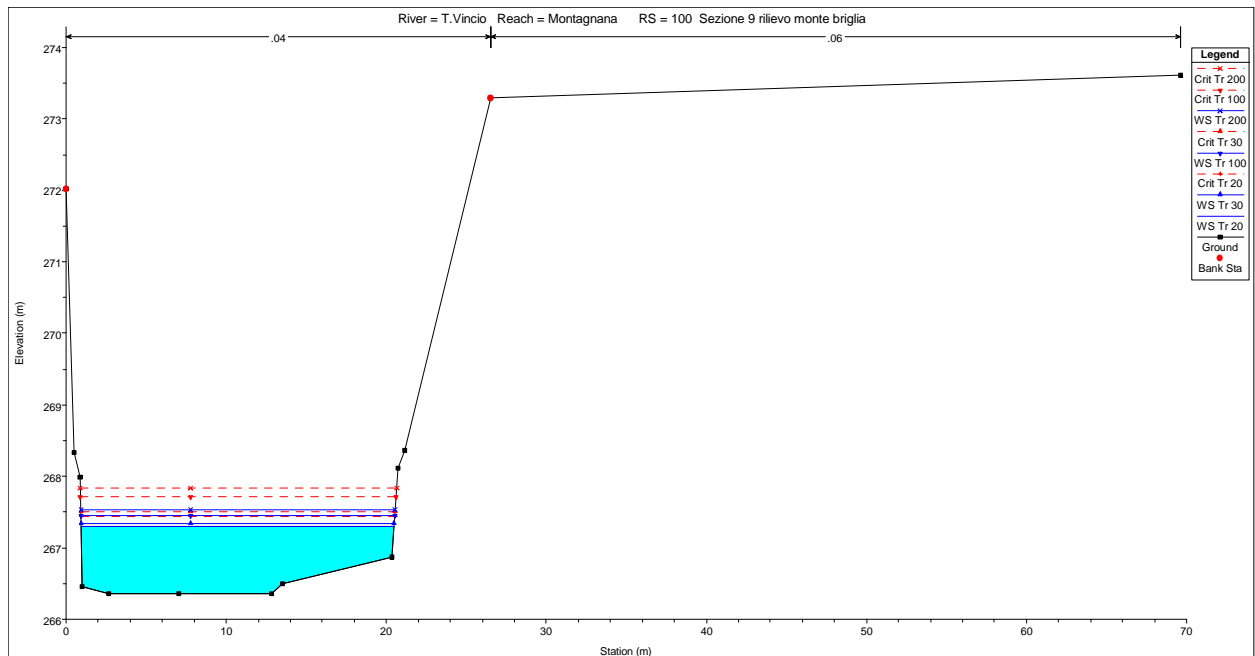


Figura 27: Sezione 9 (monte briglia) del rilievo topografico

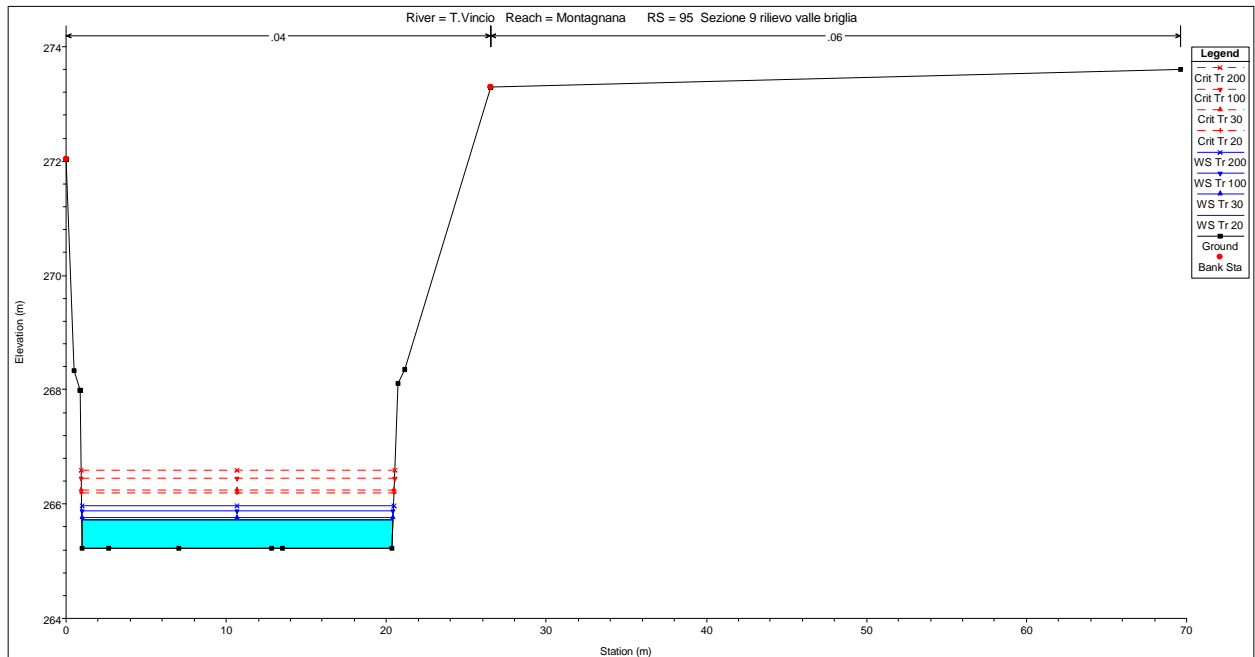


Figura 28: Sezione 9 (valle briglia) del rilievo topografico

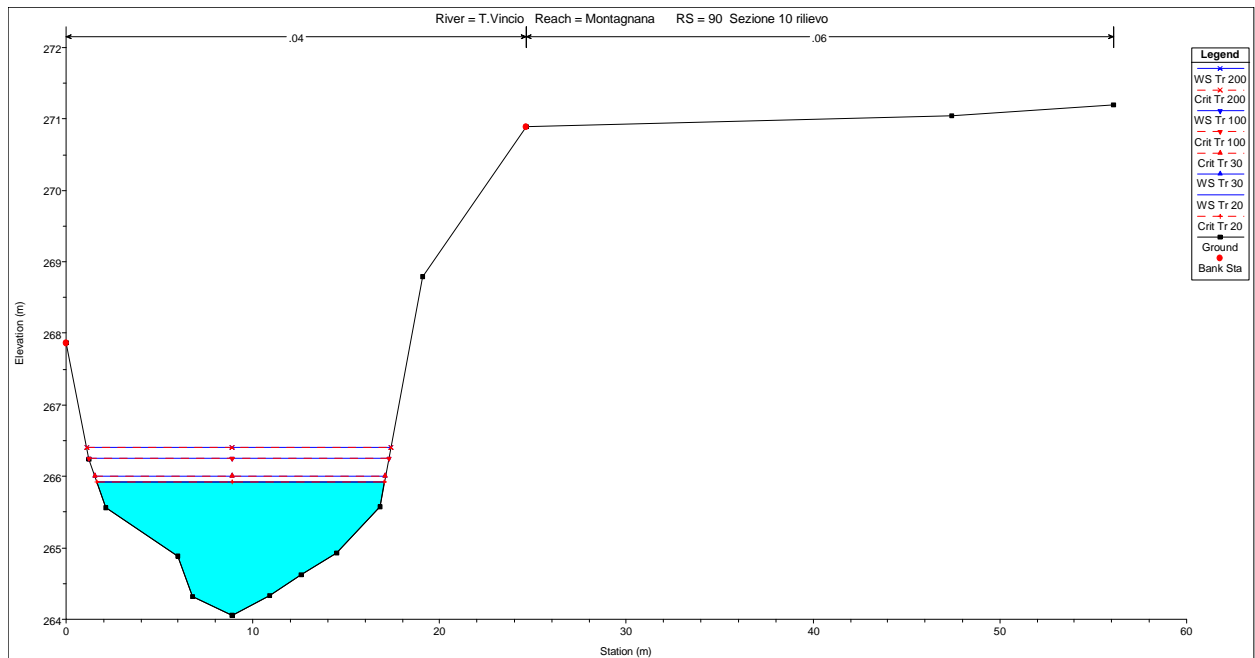


Figura 29: Sezione 10 del rilievo topografico

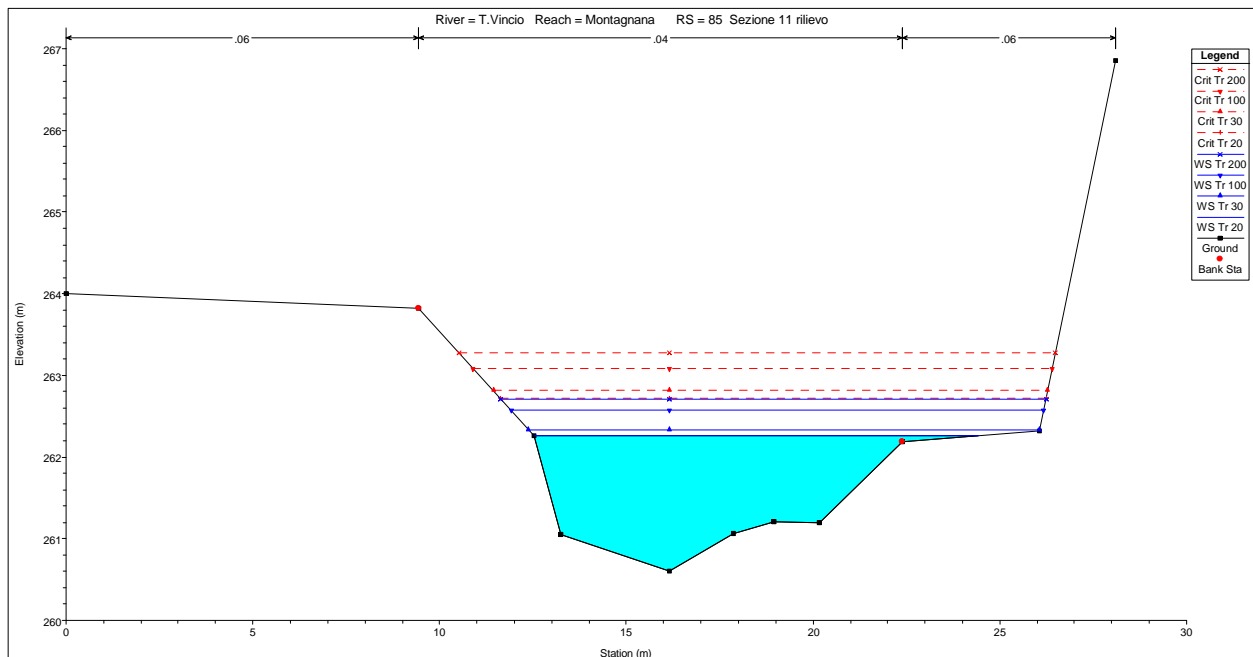


Figura 30: Sezione 11 del rilievo topografico

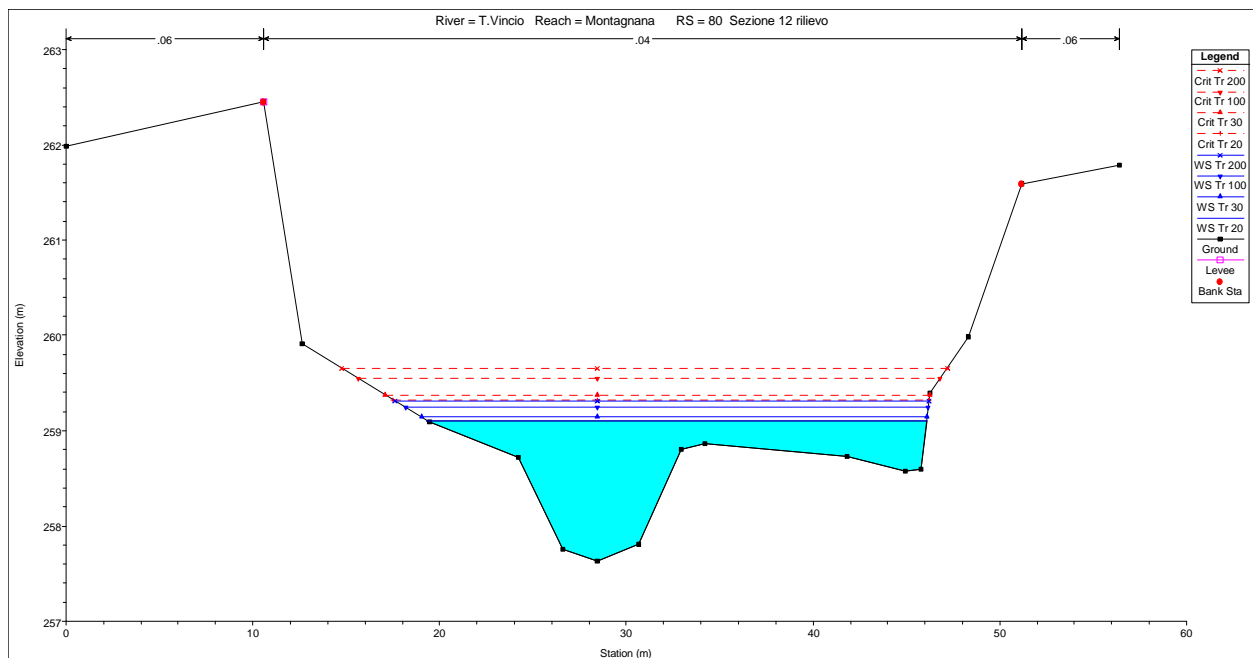


Figura 32: Sezione 12 del rilievo topografico



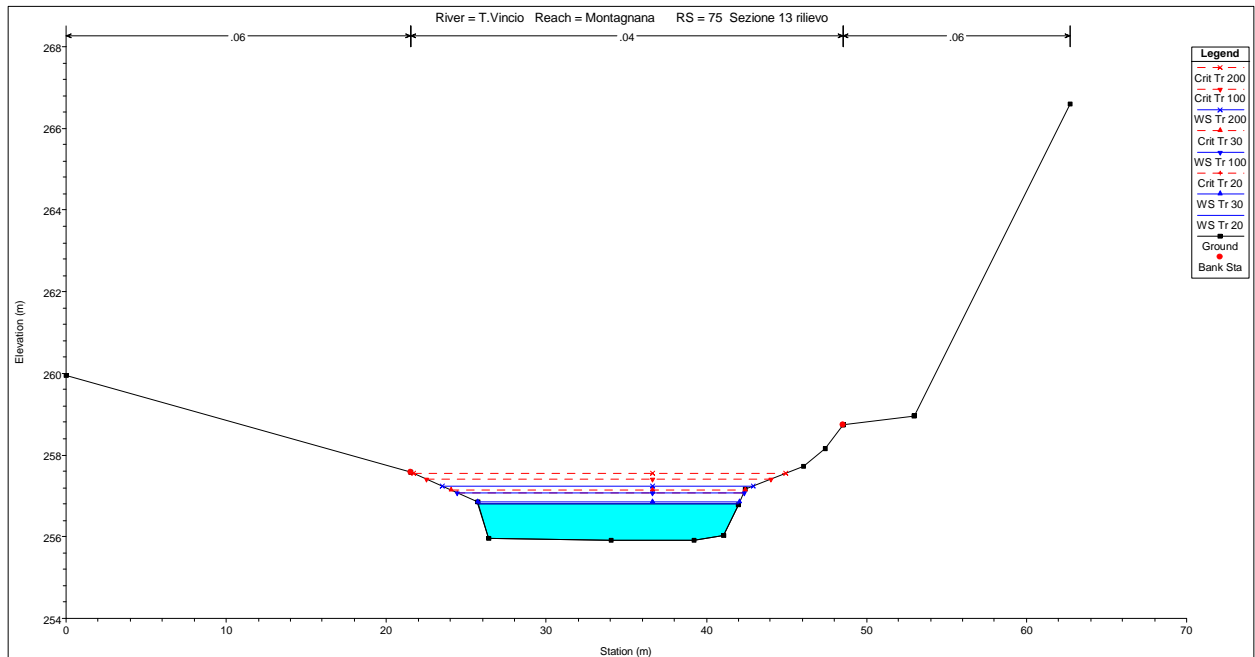


Figura 33: Sezione 13 del rilievo topografico

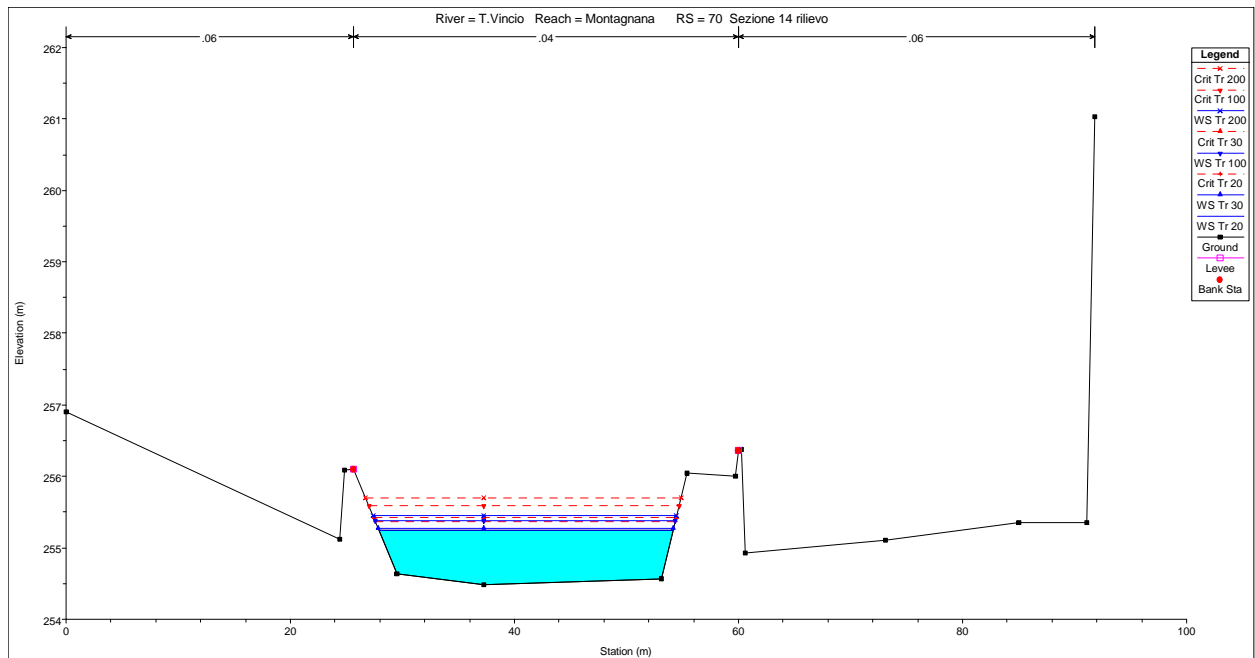


Figura 34: Sezione 14 (valle ponte) del rilievo topografico

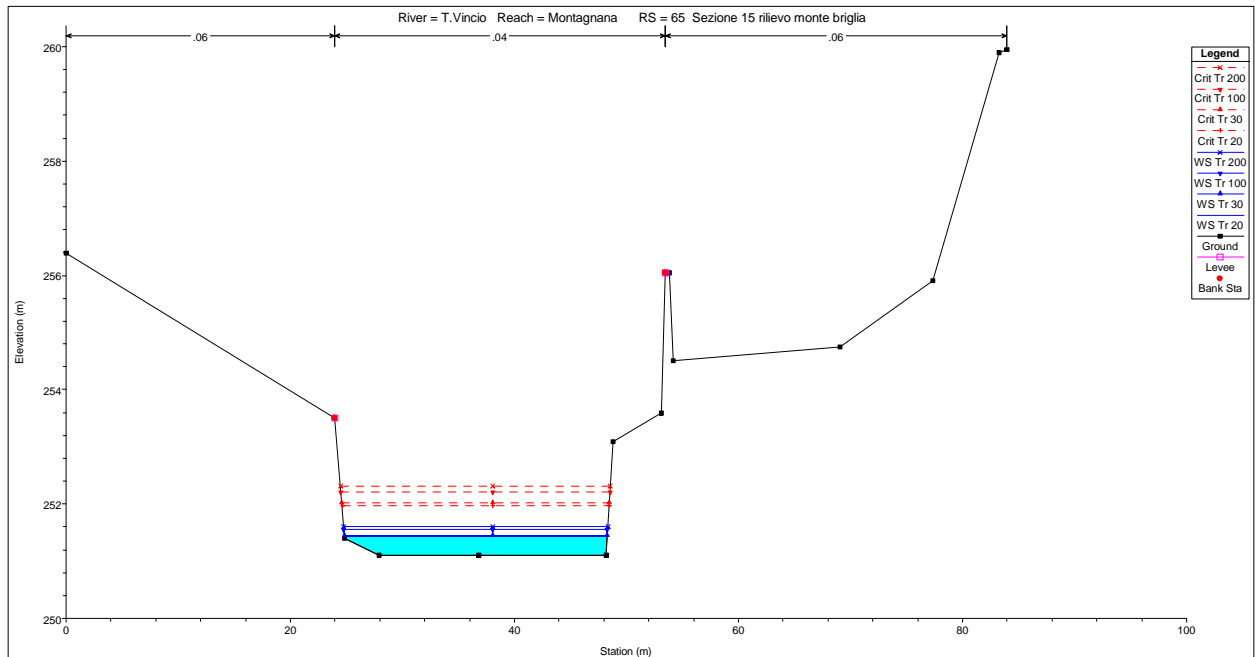


Figura 35: Sezione 15 (monte briglia) del rilievo topografico

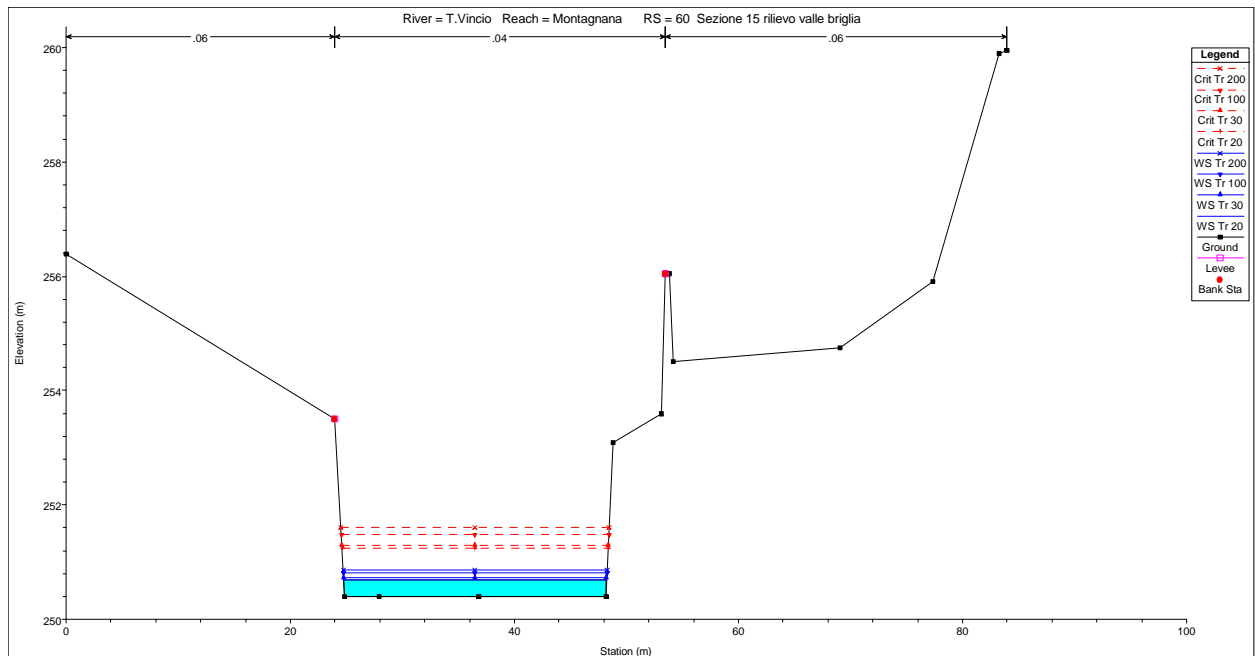


Figura 36: Sezione 15 (valle briglia) del rilievo topografico

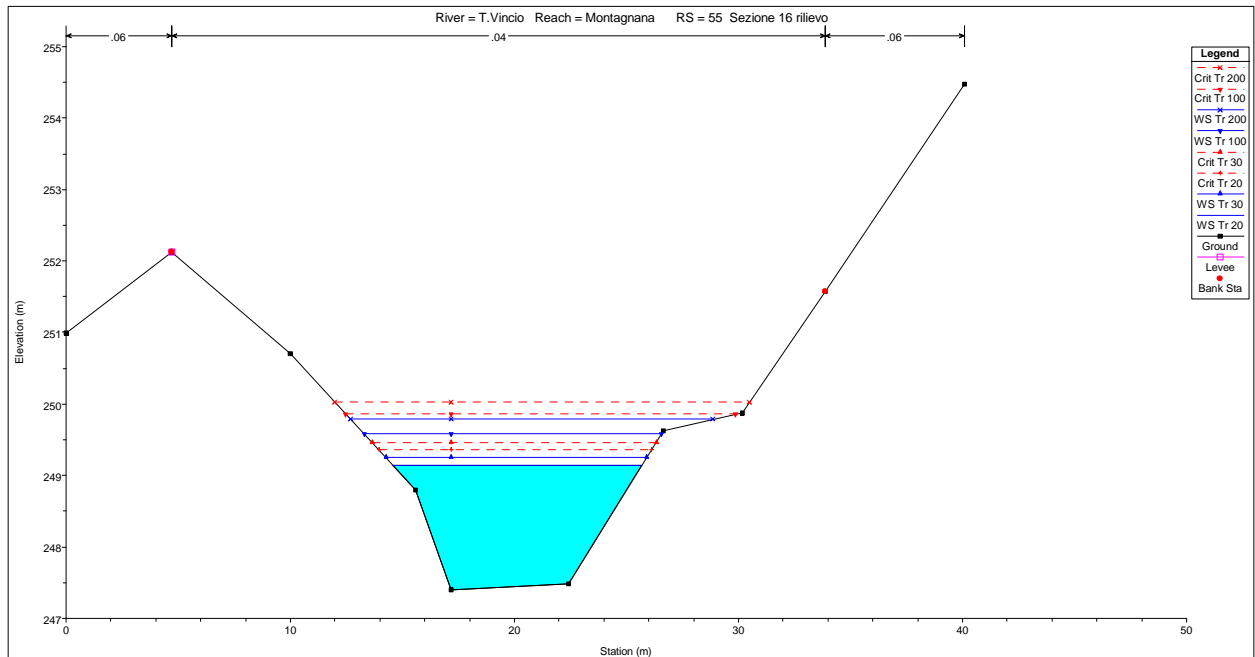


Figura 37: Sezione 16 del rilievo topografico

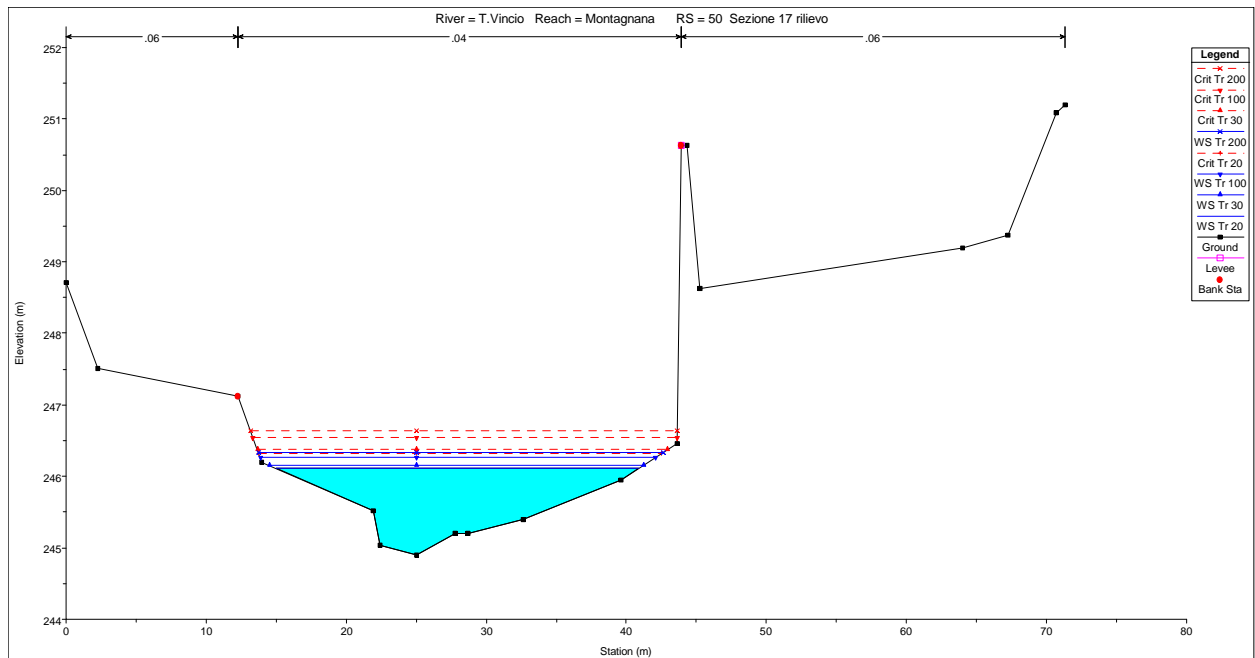


Figura 38: Sezione 17 del rilievo topografico

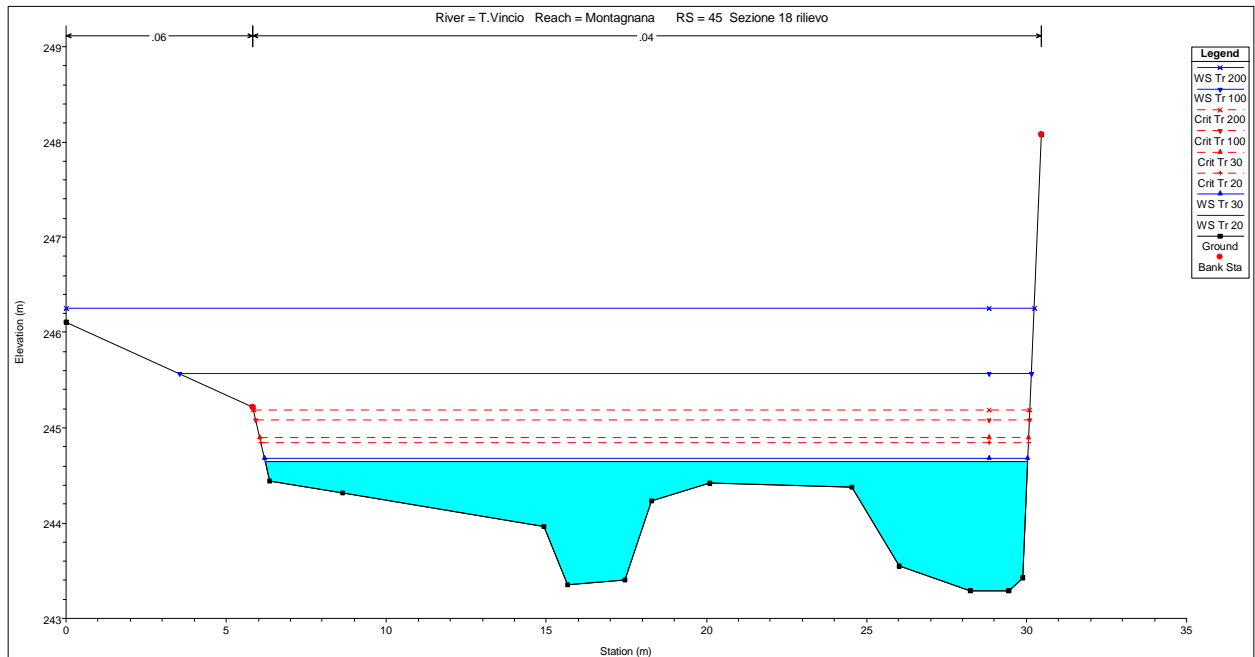


Figura 39: Sezione 18 del rilievo topografico

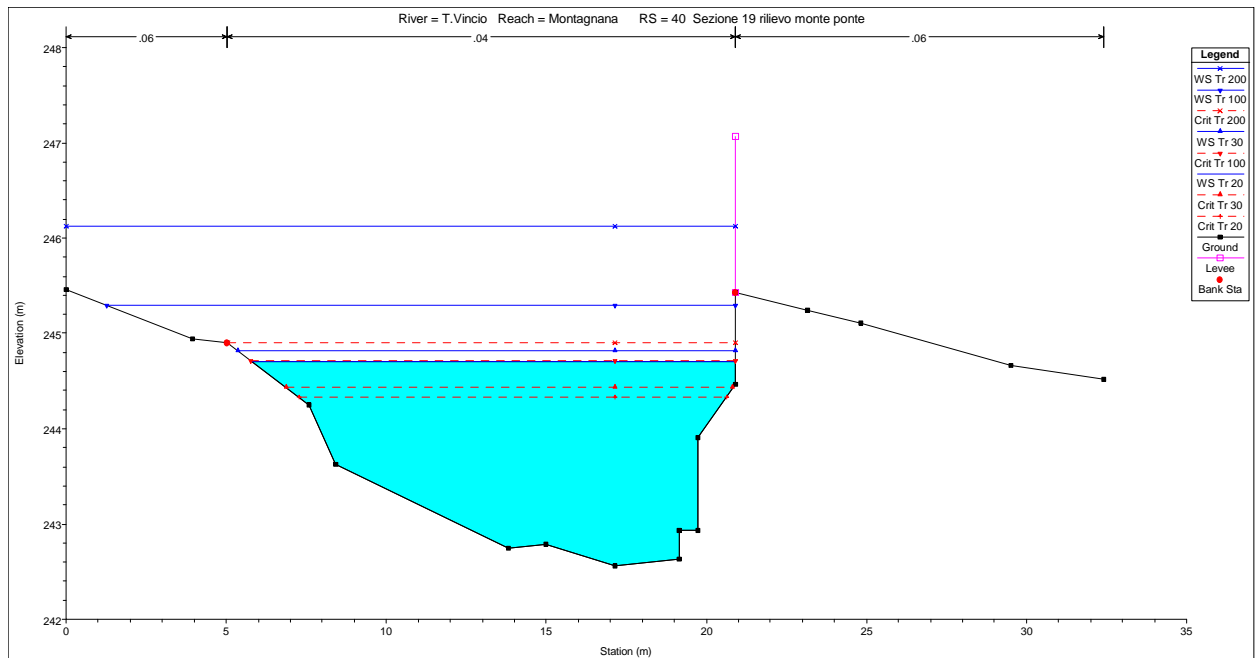


Figura 40: Sezione 19 (monte ponte) del rilievo topografico

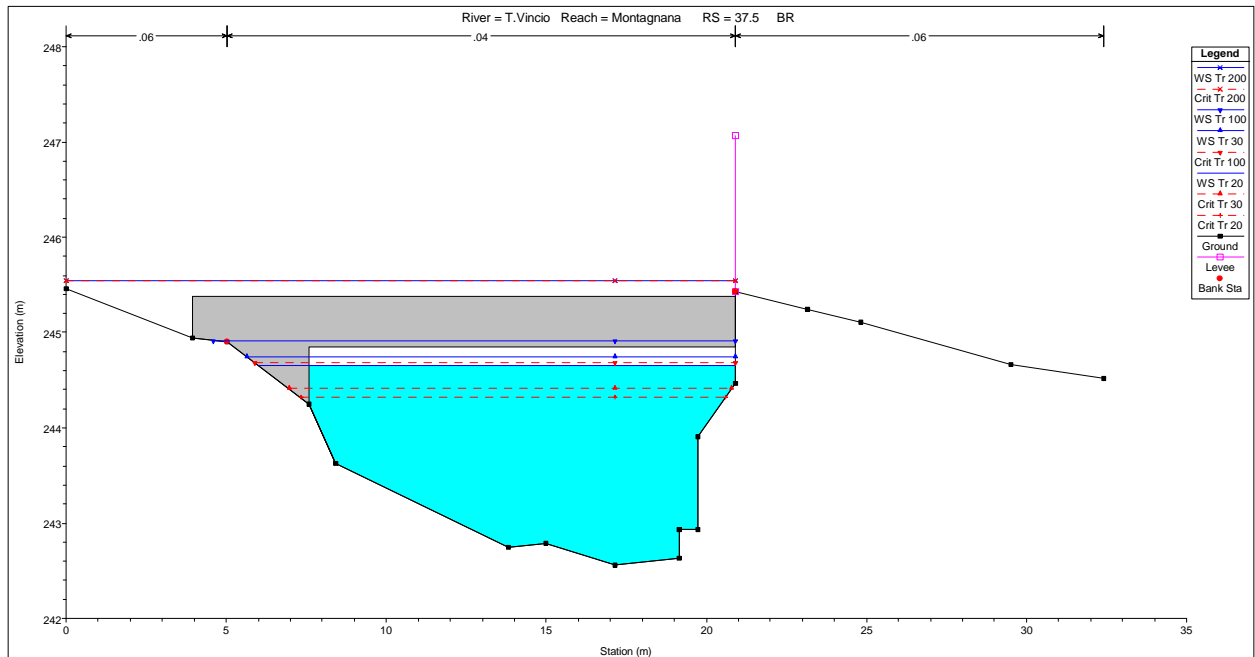


Figura 41: Sezione monte briglia

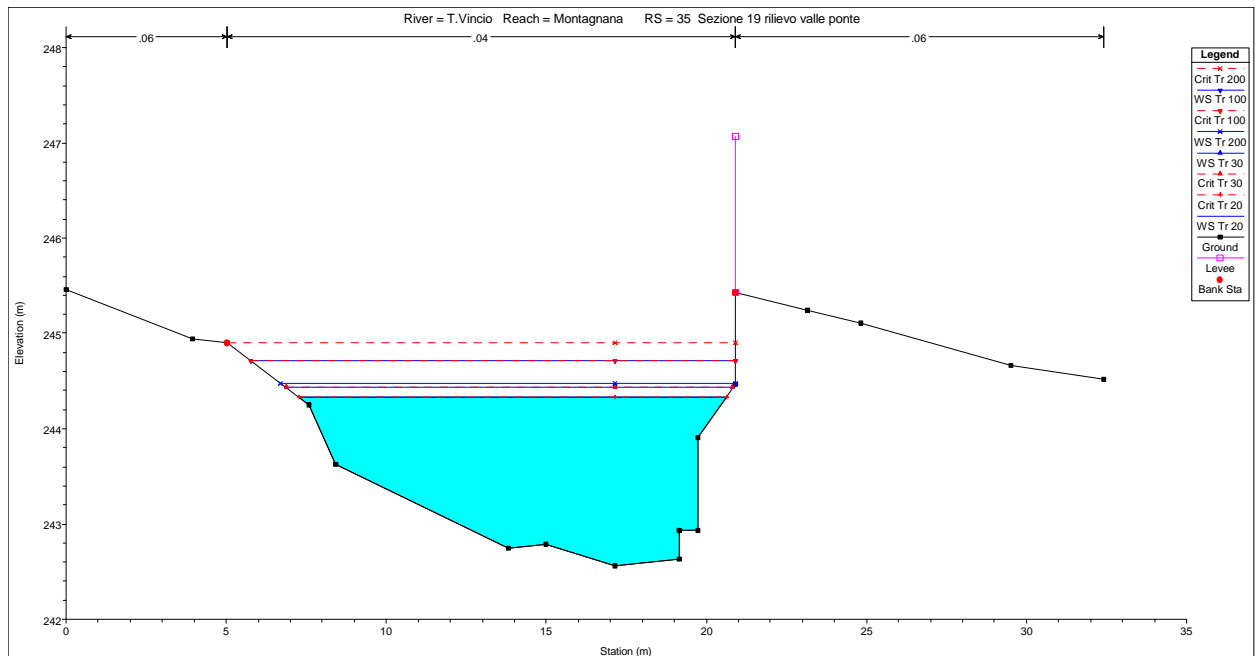


Figura 42: Sezione valle briglia

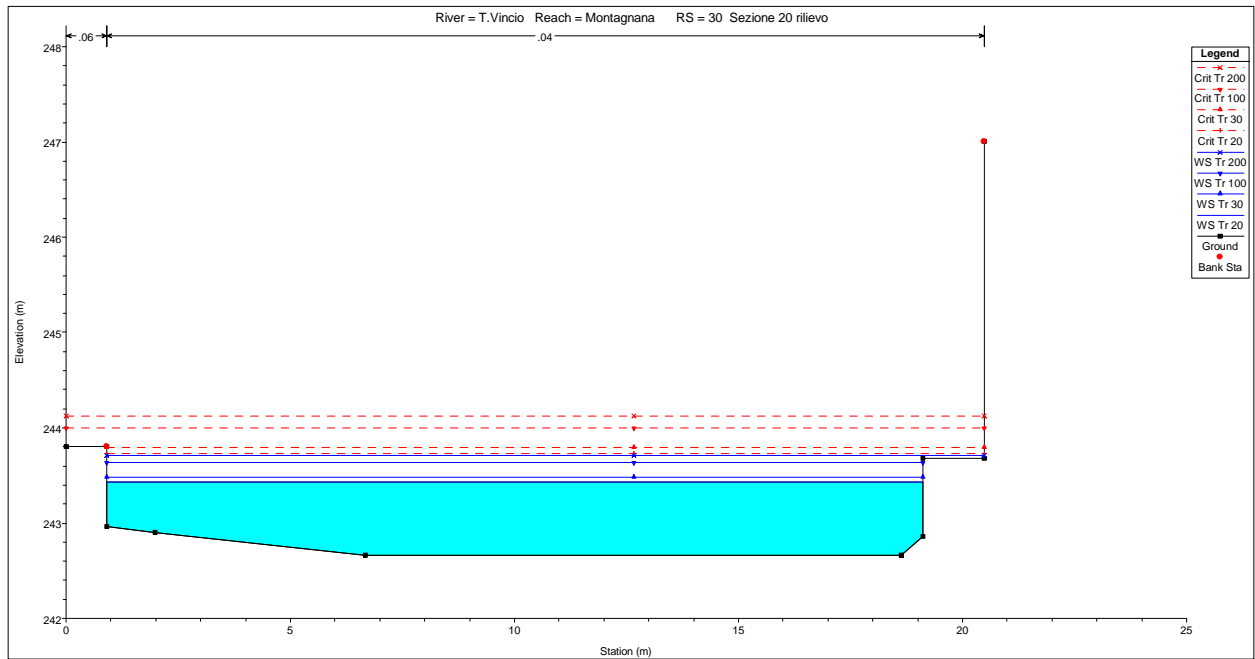


Figura 43: Sezione 20 del rilievo topografico

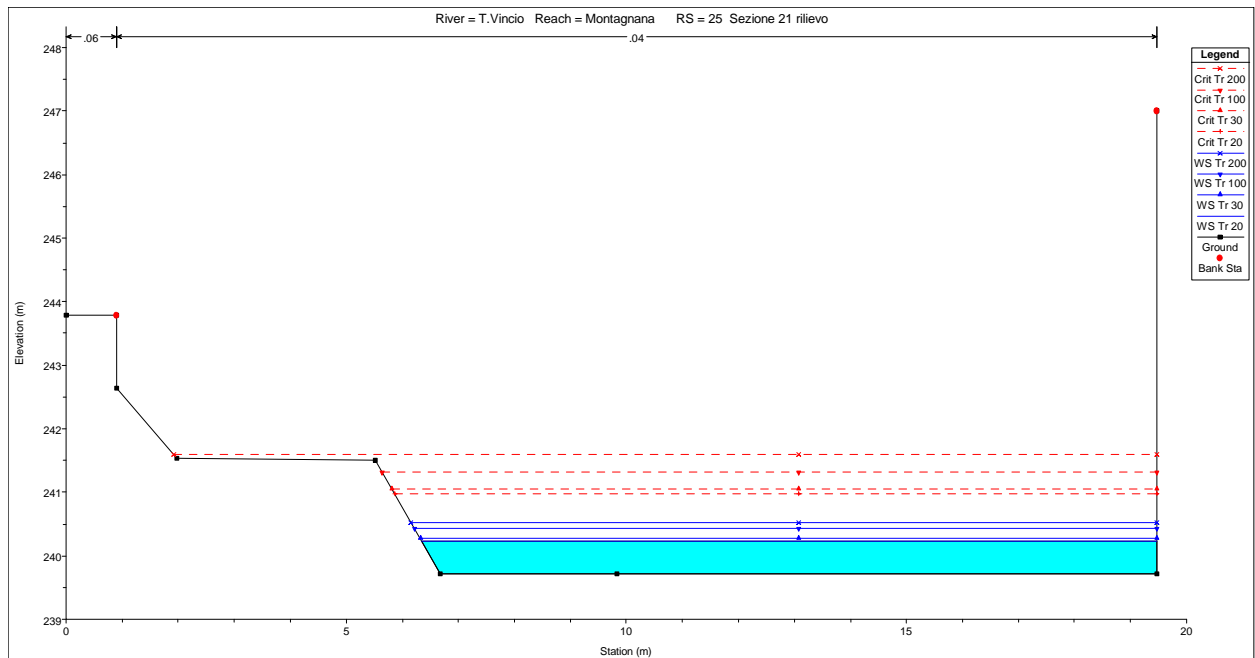


Figura 44: Sezione 21 del rilievo topografico

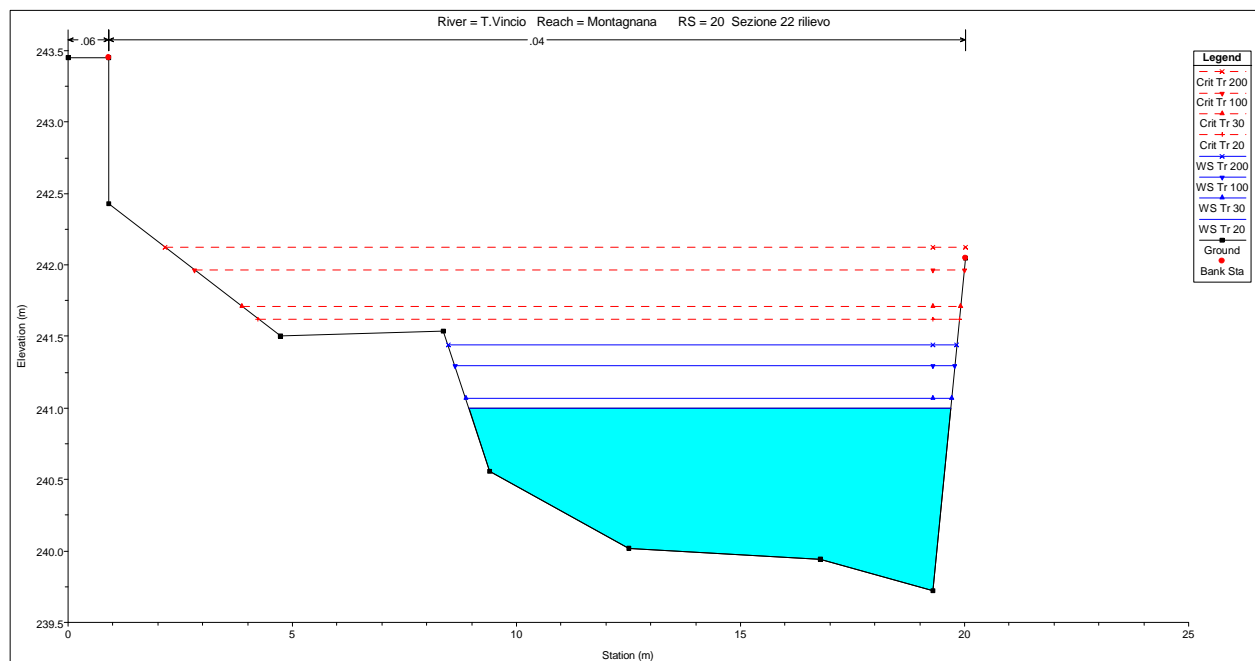


Figura 45: Sezione 22 del rilievo topografico



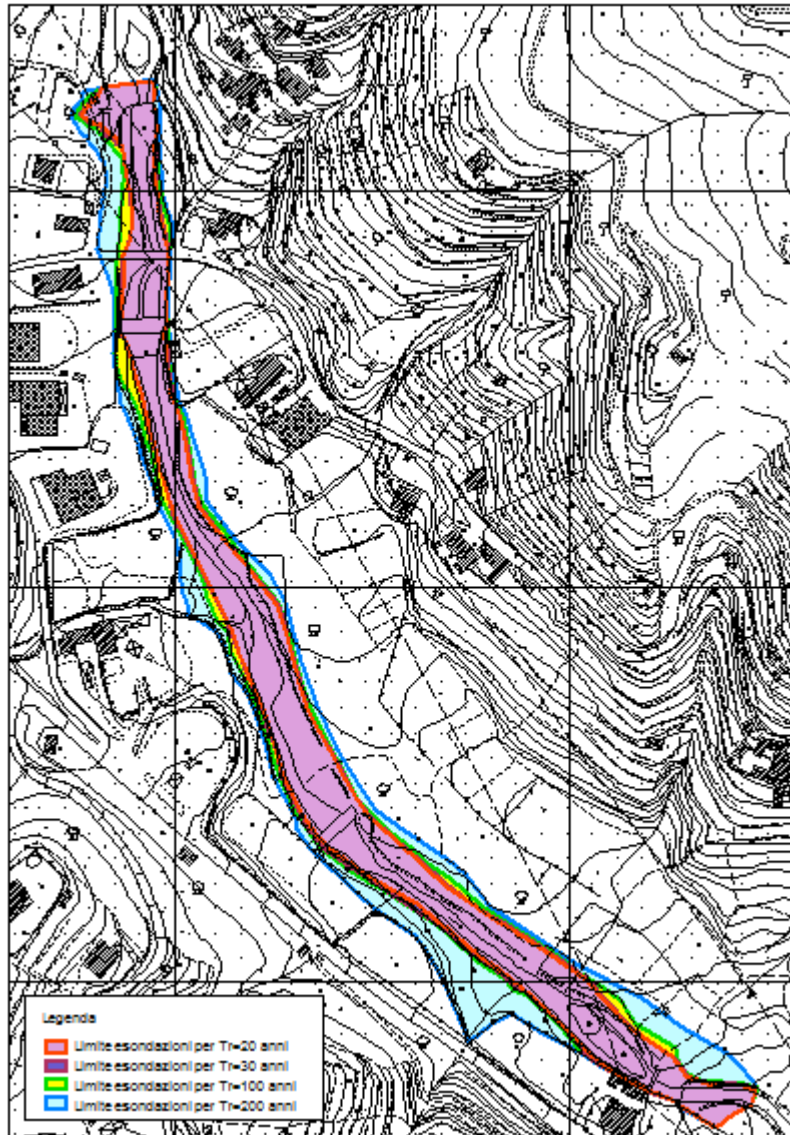


Figura 46: Carta delle esondazioni per i vari tempi di ritorno