

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

## PROGETTO DEFINITIVO

### RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE IDRAULICA

DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI

SCALA:

-

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

I V 0 1   0 0   D   2 6   R I   I D 0 0 0 2   0 1 2   A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	E. Pacitti	Febbraio 2022	L. Barni <i>L. Barni</i>	Febbraio 2022	G. Fadda <i>G. Fadda</i>		A. Perego Feb. 2022

File: IV0100D26RIID0002012A.doc

n. Elab.: X

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	2 di 51

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>6</b>
2.1	Descrizione dei siti	7
2.2	Documentazione fotografica	13
2.3	Elenco elaborati di progetto di riferimento	17
<b>3</b>	<b>PORTATE DI PROGETTO</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO</b>	<b>21</b>
4.1	Siti I-14, I-15 e I-18	21
4.2	Sito di Tovo San Giacomo	26
4.3	Canalizzazioni	28
4.4	Briglie	30
4.5	Rampe in massi legati	32
<b>5</b>	<b>MODELLAZIONE IDRAULICA</b>	<b>34</b>
5.1	Sito I-14	37
5.2	Sito I-15	39
5.3	Sito I-18	41
5.4	Sito “Tovo San Giacomo”	43
<b>6</b>	<b>RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE</b>	<b>44</b>
6.1	Sito I-14	44
6.2	Sito I-15	46
6.3	Sito I-18	48
6.4	Sito di Tovo San Giacomo	51

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Nuova linea ferroviaria Finale Ligure - Andora. ....	6
Figura 2 – Ubicazione dei siti di deposito I-14, I-15 e I-18. ....	7
Figura 3 - Ubicazione del sito di deposito di Tovo San Giacomo. ....	7
Figura 4 - Inquadramento di progetto del sito I-14. ....	8
Figura 5 - Inquadramento di progetto del sito I-15. ....	9
Figura 6 - Inquadramento di progetto del sito I-18. ....	10
Figura 7 - Inquadramento di progetto del sito di Tovo San Giacomo. ....	11
Figura 8 - Inquadramento della viabilità di progetto del sito I-18. ....	12
Figura 9 - Sito I-14: tratto di valle. ....	13
Figura 10 – Sito I-14: tratto intermedio. ....	13
Figura 11 – Sito I-14: tratto di monte. ....	13
Figura 12 – Sito I-15: tratto di valle. ....	14
Figura 13 – Sito I-15: tratto intermedio. ....	14
Figura 14 – Sito I-15: tratto intermedio. ....	14
Figura 15 – Sito I-15: tratto di monte. ....	14
Figura 16 – Sito I-18: vista area. ....	15
Figura 17 – Sito I-18: vista area. ....	15
Figura 18 – Sito di Tovo S.G.: tratto di monte. ....	16
Figura 19 – Sito di Tovo S.G.: tratto di monte. ....	16
Figura 20 – Sito di Tovo S.G.: tratto intermedio. ....	16
Figura 21 – Sito di Tovo S.G.: tratto in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino. ....	16
Figura 22 – Sito di Tovo S.G.: tratto di valle. ....	16
Figura 24 – Sito I-14: planimetria generale dell'intervento con recupero ad uso artigianale/industriale. ....	23
Figura 25 – Sito I-15: planimetria generale dell'intervento con recupero ad uso artigianale/industriale. ....	24
Figura 26 – Sito I-18: planimetria generale dell'intervento con recupero ad uso artigianale/industriale. ....	25
Figura 27 – Sito di Tovo San Giacomo: planimetria del sito destinato ad uso forestale. ....	27
Figura 28 – Sezioni trasversali tipo delle canalizzazioni di progetto. ....	28
Figura 29 – Sezioni trasversali tipo di progetto del corso d'acqua. ....	29
Figura 30 – Schema di una rampa in pietrame. ....	32
Figura 31– Esempi di realizzazione di una rampa in massi. ....	33
Figura 32 – Esempio di funzionamento di una rampa in massi durante un evento di piena. ....	33
Figura 33 – Sito I-14: inquadramento della zona di analisi. ....	37
Figura 34 – Sito I-15: inquadramento della zona di analisi. ....	39
Figura 35 – Sito I-18: inquadramento della zona di analisi. ....	41
Figura 36 – Sito "Tovo San Giacomo": inquadramento della zona di analisi. ....	43
Figura 39 – Profilo I-14 per $T_R=200y$ . ....	44
Figura 40 – Profilo I-15 per $T_R=200y$ . ....	46
Figura 41 – Profilo I-18 per $T_R=200y$ . ....	48
Figura 42 – Profilo "Tovo San Giacomo" per $T_R=200y$ . ....	51

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Elenco elaborati annessi alla relazione. ....	17
Tabella 2 – Fattore di crescita per i tempi di ritorno di maggior interesse. ....	18
Tabella 3 – Tipologia di bacino in funzione della destinazione d'uso. ....	18
Tabella 4 – Contributo unitario di portata per area pari a 2 km <sup>2</sup> per i diversi siti di deposito. ....	18
Tabella 5 – Portate di calcolo nella configurazione ante operam per i diversi sottobacini idrografici. ....	19
Tabella 6 – Portate di calcolo nella configurazione post operam per i diversi siti di deposito. ....	19
Tabella 7 – Portate di calcolo nella configurazione post operam per i diversi sottobacini idrografici. ....	20
Tabella 8 - Coefficiente di portata C <sub>Q</sub> per il bacino del Rio Aiveglia. ..	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 9 - Portate per il Rio Aiveglia in corrispondenza della viabilità di accesso al sito I-18.	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 10 – Limiti per i coefficienti di scabrezza ex all.1 RR 14/07/11 n.3. ....	34
Tabella 11 – Franchi di sicurezza in base al tipo di opera, ex all.2 RR 14/07/11 n.3. ....	35
Tabella 12 – Tabella riassuntiva per le sezioni dell'I-14. ....	45
Tabella 13 – Tabella riassuntiva per le sezioni dell'I-15. ....	47
Tabella 14 – Tabella riassuntiva per le sezioni del ramo principale dell'I-15. ....	49
Tabella 15 – Tabella riassuntiva per le sezioni del ramo secondario dell'I-15. ....	50
Tabella 16 – Tabella riassuntiva per le sezioni del sito di Tovo San Giacomo. ....	51
Tabella 17 – Risultati della simulazione numerica nella configurazione ante operam.	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 18 - Risultati della simulazione numerica nella configurazione post operam.	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 19 - Verifica del franco di progetto. ....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>

	<b>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA PROGETTO DEFINITIVO</b>												
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>RELAZIONE IDRAULICA DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>ID0002012</td> <td>A</td> <td>5 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D26RI	ID0002012	A	5 di 51
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	5 di 51								

## 1 PREMESSA

Obiettivo della presente relazione è lo studio idrologico - idraulico dei depositi di materiale proveniente dagli scavi nell'ambito del progetto definitivo del raddoppio ferroviario della linea Genova – Ventimiglia nella tratta Finale Ligure - Andora.

Il progetto idraulico prevede la riqualifica dei quattro siti individuati per il deposito dei materiali di scavo, sulla base della cartografia esistente, delle indicazioni geologiche, delle informazioni bibliografiche e di sopralluogo, nonché di eventuali dati disponibili in zona.

Le destinazioni d'uso previste per i siti, denominati I-14, I-15, I-18 e Tovo San Giacomo, sono di tipo artigianale/industriale per i primi tre e di tipo forestale per il quarto.

Per i tre siti a destinazione d'uso di tipo artigianale/industriale, il progetto prevede la realizzazione di una rete scolante a cielo aperto, costituita da un collettore principale a sezione trapezia a cui confluiscono i secondari, anch'essi a cielo aperto, che convogliano le acque meteoriche del bacino idrografico esterno all'area di sistemazione. Il contributo scolante dell'area del bacino idrografico esterna a quella di deposito del materiale, verrà captato mediante una canaletta di gronda.

Per il sito di Tovo San Giacomo, in cui è prevista la rinaturalizzazione dell'area, la configurazione di progetto dell'asta principale del corso d'acqua viene realizzata riproducendo la conformazione di quello esistente mediante profilatura del fondo alveo lungo il medesimo asse. A meno della traslazione verso l'alto del fondo alveo, l'adeguamento della morfologia allo stato ante-operam permette di ristabilire al meglio le caratteristiche dei deflussi. In prossimità della sezione di chiusura la riconnessione tra la zona di deposito ed il fondo alveo avviene mediante una doppia serie di rampe in massi legati, ad elevata pendenza longitudinale, che non interrompe la continuità morfologica dell'alveo naturale e permette l'interscambio biologico tra la zona a monte e a valle del manufatto. La sistemazione è stabilizzata mediante infissione di micropali.

La presente relazione è uno studio di dettaglio relativo ai siti di deposito, le metodologie generali utilizzate per l'analisi sono contenute nella Relazione Idrologica Generale e nella Relazione Idraulica Generale.

## 2 INTRODUZIONE

Nell’ambito del raddoppio della linea ferroviaria Genova – Ventimiglia è previsto il collegamento della stazione di Andora e di Finale Ligure con un tracciato di lunghezza complessiva pari a circa 31.6km, rappresentato in Figura 1.

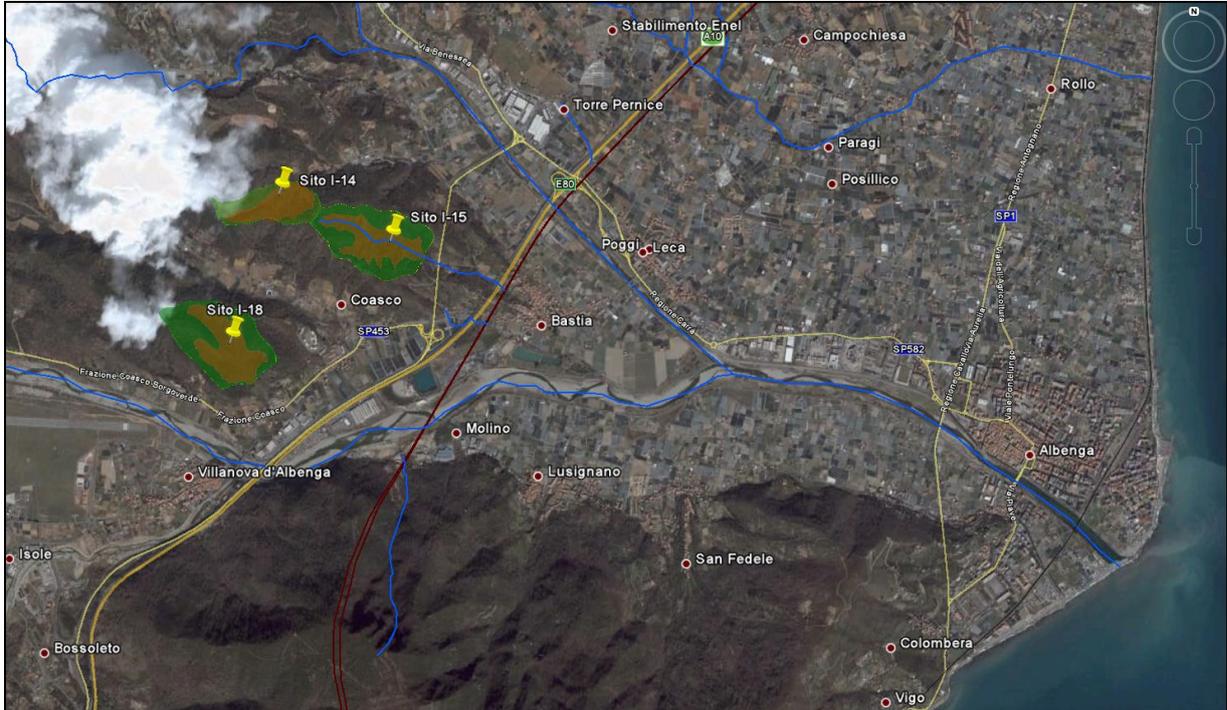


Figura 1 - Nuova linea ferroviaria Finale Ligure - Andora.

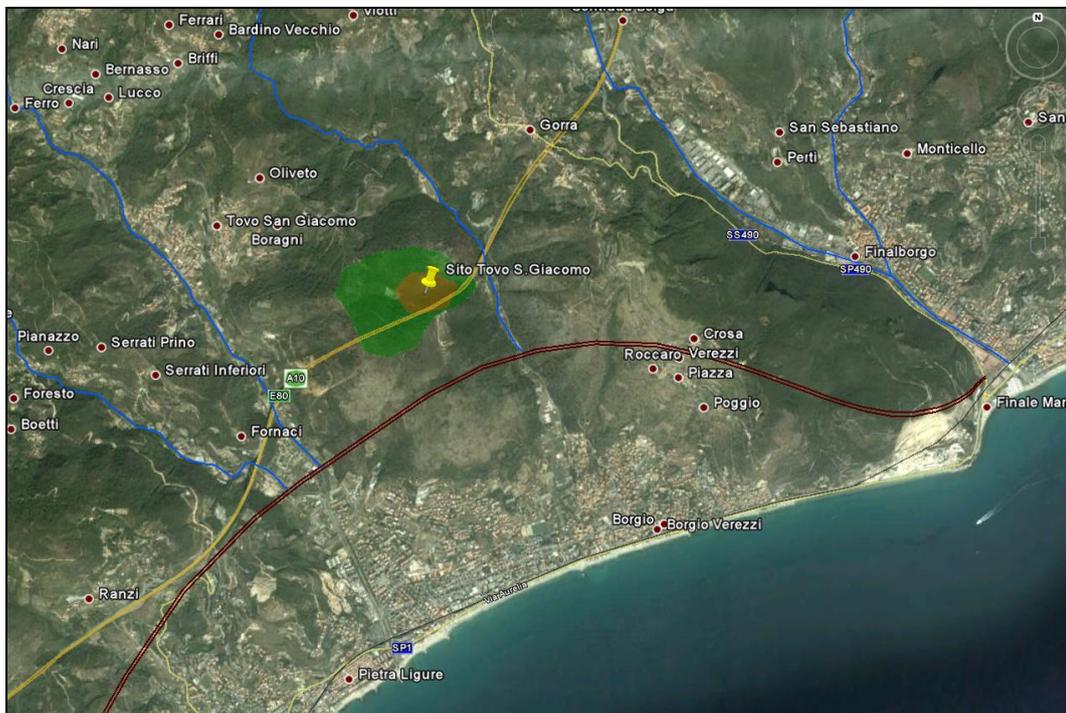
La linea si sviluppa prevalentemente in galleria, con la presenza di tratti in viadotto e rilevato in corrispondenza delle valli, in cui scorrono corsi d’acqua a carattere prevalentemente torrentizio.

Il tracciato si snoda interamente nel territorio della Provincia di Savona che, in ottemperanza al D.L. 180/98 e s.m.i., si è dotata in data 25/11/2003 del Piano di Assetto Idrogeologico (D.C.P. n.47). L’ultima modifica all’Elaborato è stata decretata il 25/06/2018, mentre sono attualmente in corso osservazioni sulle modifiche proposte per alcuni dei Piani di Bacino.

I quattro siti presso cui depositare il materiale proveniente dagli scavi sono stati individuati in prossimità della linea ferroviaria: gli I-14, I-15 e I-18 ricadono nel territorio dei Comuni di Albenga e Villanova D’Albenga (Figura 2), mentre il quarto appartiene a quello di Tovo San Giacomo (Figura 3):



*Figura 2 – Ubicazione dei siti di deposito I-14, I-15 e I-18.*



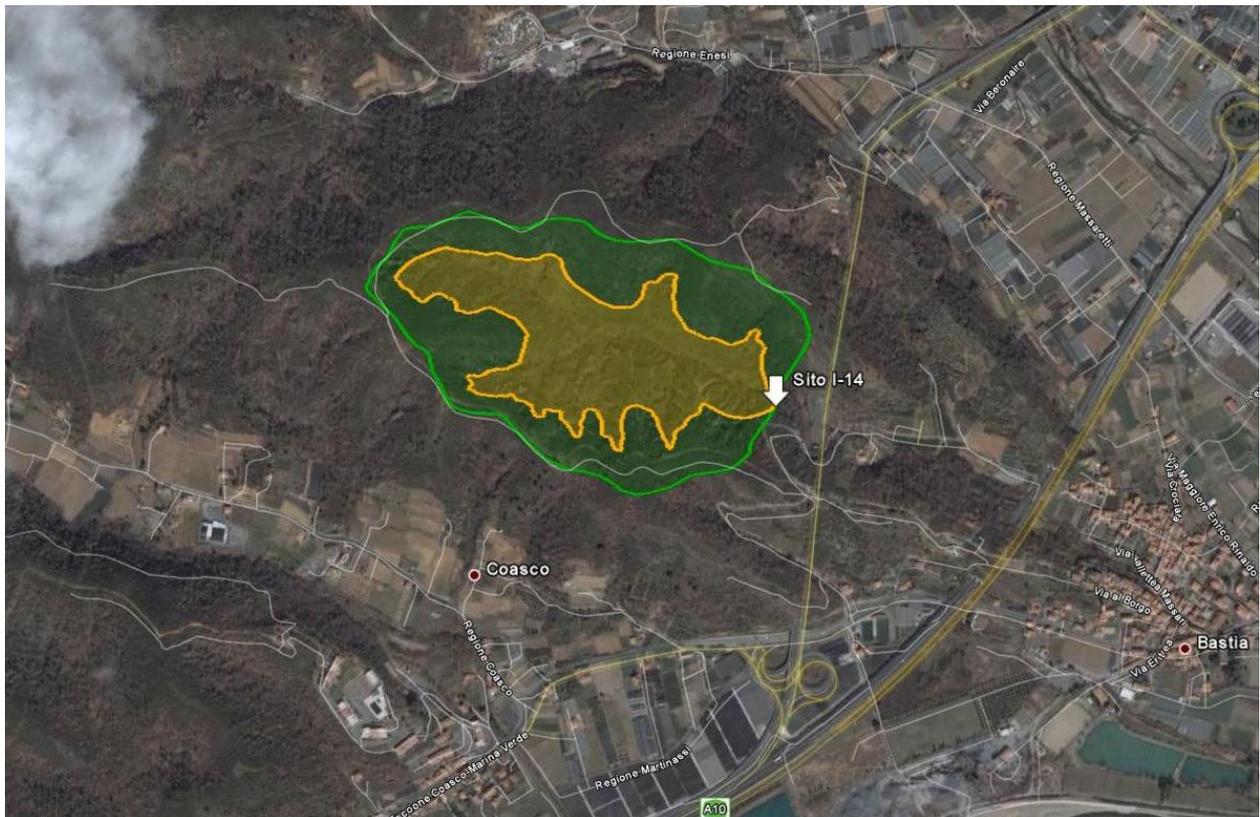
*Figura 3 - Ubicazione del sito di deposito di Tovo San Giacomo.*

## 2.1 Descrizione dei siti

Si riporta di seguito una breve descrizione dei siti interessati da deposito.

L'impronta del sito I-14 si inserisce all'interno del sottobacino idrografico del Rio Valletta. Dagli elaborati annessi e dalla Figura 4 si evince l'estensione del bacino

idrografico sotteso alla sezione di chiusura del deposito (in verde) e l'estensione del sito (in marrone). Il bacino idrografico ha una superficie di circa  $0.30\text{km}^2$ , di cui  $0.096$  sono destinati al deposito del materiale di scavo. Secondo quanto espresso nell'articolo 3 del Regolamento Regionale 14/07/2011 n.3, l'area in questione è servita da un reticolo idrografico di terzo livello.

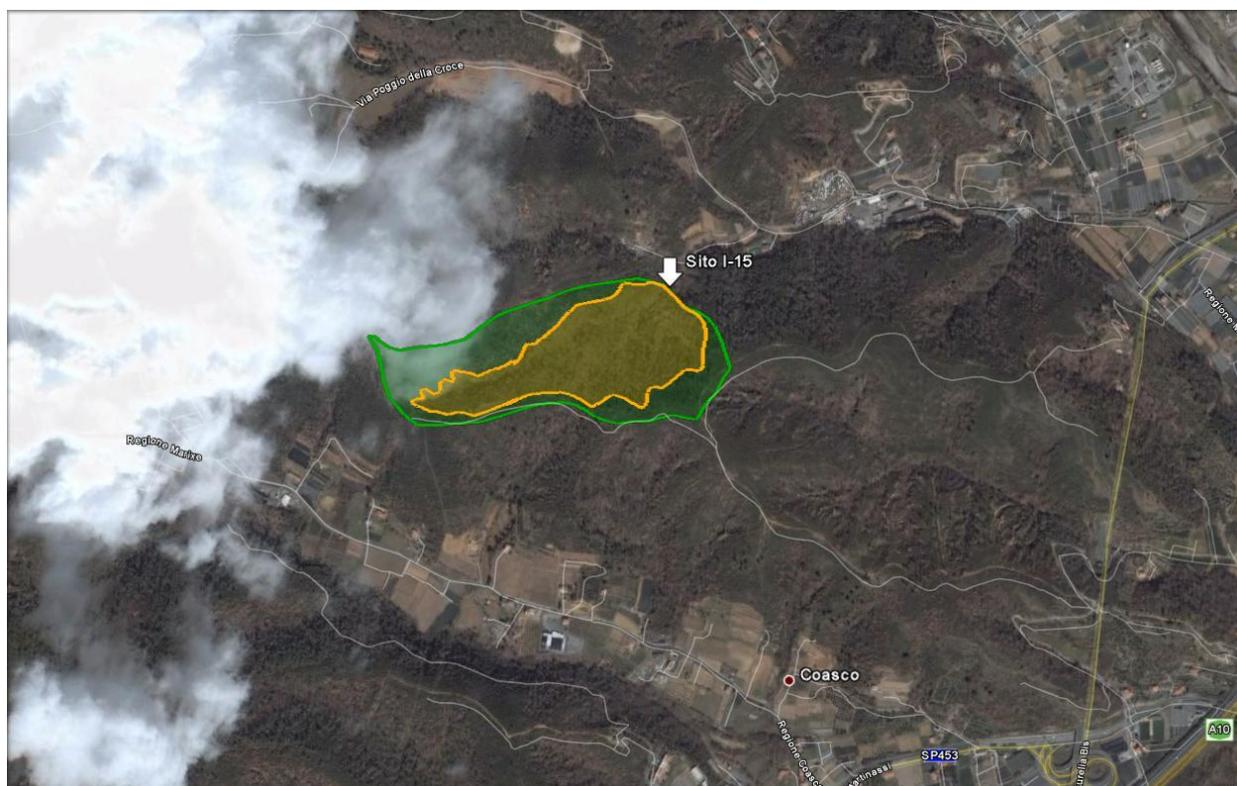


*Figura 4 - Inquadramento di progetto del sito I-14.*

Il dimensionamento idraulico dei canali e delle canalette di gronda è stato condotto nelle ipotesi di moto permanente; i fondamenti concettuali sono riportati nell'elaborato "Relazione idraulica generale e di compatibilità".

Per questo sito è prevista la destinazione d'uso di tipo artigianale/industriale.

L'impronta del sito I-15 si inserisce all'interno del sottobacino idrografico del Torrente Neva. Dagli elaborati annessi e dalla Figura 5 si evince l'estensione del bacino idrografico sotteso alla sezione di chiusura del deposito (in verde) e l'estensione del sito (in marrone). Il bacino idrografico ha una superficie di circa  $0.16\text{km}^2$  di cui  $0.10$  sono destinati al deposito del materiale di scavo. In base all'articolo 3 del Regolamento Regionale 14/07/2011 n.3, l'area in questione è servita da un reticolo idrografico di terzo livello.



*Figura 5 - Inquadramento di progetto del sito I-15.*

Il dimensionamento idraulico dei canali e delle canalette di gronda è stato condotto nelle ipotesi di moto permanente, i cui fondamenti concettuali sono riportati nell'elaborato "Relazione idraulica generale e di compatibilità".

Per questo sito è prevista la destinazione d'uso di tipo artigianale/industriale.

L'impronta del sito I-18 si inserisce all'interno del sottobacino idrografico del Torrente Arroscia. Dagli elaborati annessi e dalla Figura 5 si evince l'estensione del bacino idrografico sotteso alla sezione di chiusura del deposito (in verde) e l'estensione del sito (in marrone). Il bacino idrografico ha una superficie di circa  $0.30\text{km}^2$  di cui  $0.14$  sono di prevista occupazione per il deposito del materiale di scavo. In base all'articolo 3 del Regolamento Regionale 14/07/2011 n.3, l'area in questione è servita da un reticolo idrografico di secondo livello.



*Figura 6 - Inquadramento di progetto del sito I-18.*

Il dimensionamento idraulico dei canali e delle canalette di gronda è stato condotto nelle ipotesi di moto permanente, i cui fondamenti concettuali sono riportati nell'elaborato "Relazione idraulica generale e di compatibilità".

Per questo sito è prevista la destinazione d'uso di tipo artigianale/industriale.

L'impronta del sito di Tovo San Giacomo si inserisce all'interno del sottobacino idrografico del Torrente Bottassano. Dagli elaborati annessi e dalla **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**<sup>7</sup> si evince l'estensione del bacino idrografico sotteso alla sezione di chiusura del deposito (in verde) e l'estensione del sito (in marrone). Il bacino idrografico ha una superficie di circa  $0.45\text{km}^2$  di cui 0.08 sono di prevista occupazione per il deposito del materiale di scavo. Secondo l'articolo 3 del Regolamento Regionale 14/07/2011 n.3, l'area in questione è servita da un reticolo idrografico di secondo livello.



*Figura 7 - Inquadramento di progetto del sito di Tovo San Giacomo.*

Il dimensionamento idraulico dei canali e delle canalette di gronda è stato condotto nelle ipotesi di moto permanente, i cui fondamenti concettuali sono riportati nell'elaborato "Relazione idraulica generale e di compatibilità".

Per questo sito è prevista la rinaturalizzazione mediante rimboschimento.

Nell'ambito della nuova viabilità di accesso al sito I-18 è previsto l'attraversamento del Rio Aiveglia con un alto viadotto lungo 45m e largo 9.50m. Il Rio Aiveglia nasce alle pendici del monte Nero (981m slm) ed è un affluente di sinistra del torrente Arroscia in cui confluisce presso Coasco, dopo aver attraversato l'Autostrada A10. Il bacino del corso d'acqua ha un'estensione complessiva di circa 8.1km<sup>2</sup>, mentre in corrispondenza dell'attraversamento della nuova viabilità ha una superficie di 7.08km<sup>2</sup>.

La verifica idraulica dell'attraversamento del Rio Aiveglia è stata condotta sulla base dei risultati ottenuti dalla modellazione numerica del tratto del corso d'acqua interessato dal progetto. Le simulazioni sono state eseguite utilizzando il programma di calcolo monodimensionale in moto permanente denominato HEC – RAS 6.1.0, i cui fondamenti concettuali sono riportati nell'elaborato "Relazione idraulica generale e di compatibilità".

Il modello numerico è stato implementato sulla base di sezioni estratte da un modello digitale del terreno realizzato con l'ausilio della carta tecnica regionale. I valori delle scabrezze del corso d'acqua sono stati definiti sulla base del sopralluogo eseguito, considerando inoltre i valori ricavati dal testo integrato della normativa-tipo dei piani di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico ex all. 2 DGR 357/01 e ss.mm.



Figura 8 - Inquadramento della viabilità di progetto del sito I-18.

## 2.2 Documentazione fotografica

Di seguito si riporta una breve documentazione fotografica dei sottobacini idrografici interessati dai depositi di materiale proveniente dagli scavi.



*Figura 9 - Sito I-14: tratto di valle.*



*Figura 10 – Sito I-14: tratto intermedio.*



*Figura 11 – Sito I-14: tratto di monte.*

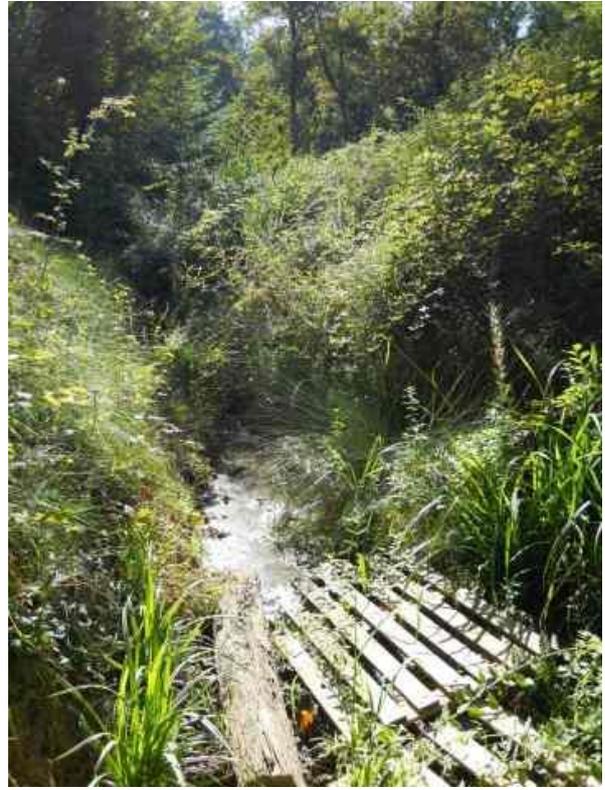
**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	14 di 51



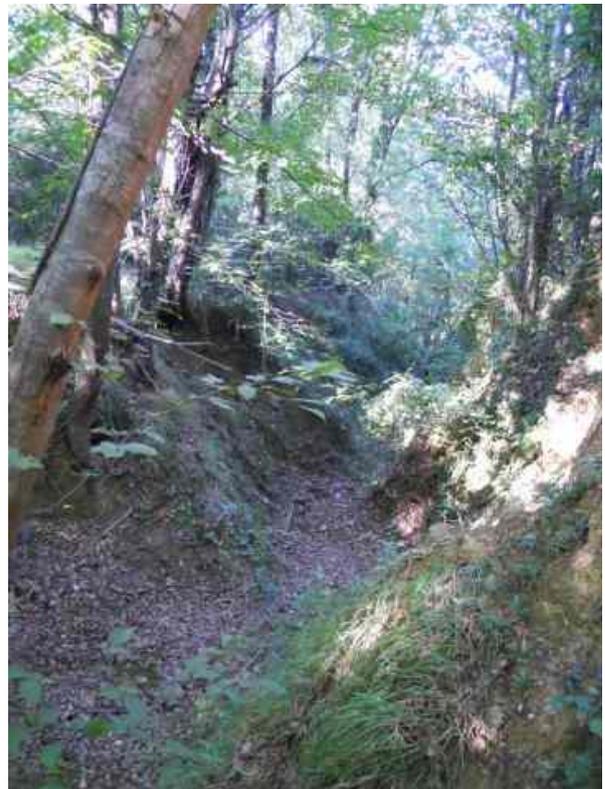
*Figura 12 – Sito I-15: tratto di valle.*



*Figura 13 – Sito I-15: tratto intermedio.*



*Figura 14 – Sito I-15: tratto intermedio.*



*Figura 15 – Sito I-15: tratto di monte.*

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	15 di 51



*Figura 16 – Sito I-18: vista area.*



*Figura 17 – Sito I-18: vista area.*

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA**  
**DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26R1	ID0002012	A	16 di 51



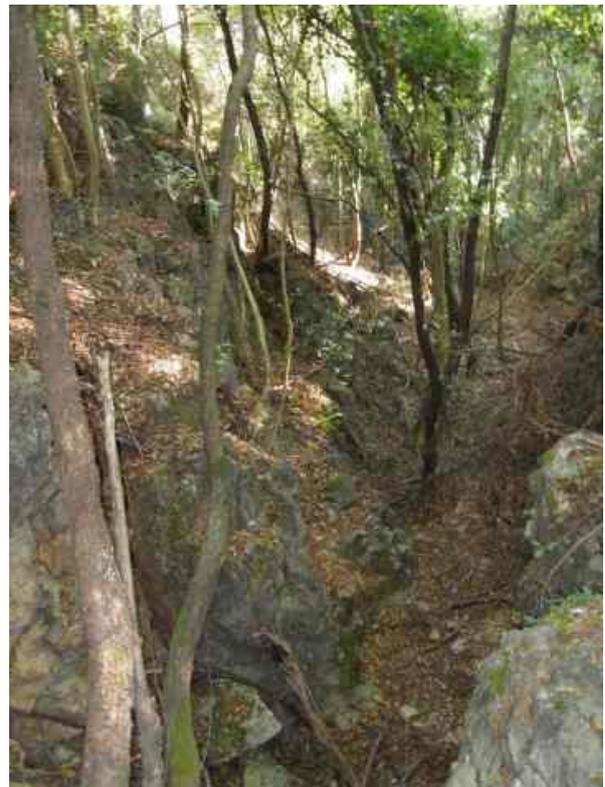
*Figura 18 – Sito di Tovo S.G.: tratto di monte.*



*Figura 19 – Sito di Tovo S.G.: tratto di monte.*



*Figura 20 – Sito di Tovo S.G.: tratto intermedio.*



*Figura 21 – Sito di Tovo S.G.: tratto in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino.*



*Figura 22 – Sito di Tovo S.G.: tratto di valle.*

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	17 di 51

### 2.3 Elenco elaborati di progetto di riferimento

ELABORATO	TOPONIMO	SCALA	CODIFICA
Sistemazione idraulica depositi materiale proveniente dagli scavi Planimetria, profilo e sezioni tipologiche	Sito I-14	Varie	IV0I00D26AZIAX100001
Sistemazione idraulica depositi materiale proveniente dagli scavi Planimetria, profilo e sezioni tipologiche	Sito I-15	Varie	IV0I00D26AZIAX200001
Sistemazione idraulica depositi materiale proveniente dagli scavi Planimetria, profilo e sezioni tipologiche	Sito I-18	Varie	IV0I00D26AZIAX300001
Sistemazione idraulica depositi materiale proveniente dagli scavi Planimetria, profilo e sezioni tipologiche	Sito Tovo San Giacomo	Varie	IV0I00D26AZIAX400001

*Tabella 1 – Elenco elaborati annessi alla relazione.*

### 3 PORTATE DI PROGETTO

Per la determinazione delle portate di progetto da associare ad ogni sito si è fatto riferimento allo studio dell’Autorità di Bacino, il quale suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di  $2\text{km}^2$ , un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a  $2\text{km}^2$ . Applicando la metodologia descritta nella Relazione Idrologica Generale, tenendo conto del fattore di crescita per i diversi tempi di ritorno (Tabella 2), della destinazione d’uso del sito (Tabella 3) e del contributo unitario di portata (Tabella 4), si arriva alla determinazione delle portate di progetto:

Tempo di ritorno [anni]	Fattore di crescita $K_T$
Tr=50	3.47
Tr=100	4.25
Tr=200	5.02
Tr=300	5.60

Tabella 2 – Fattore di crescita per i tempi di ritorno di maggior interesse.

Tipo	Descrizione	CN
A	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	92
B	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	87
C	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	75
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

Tabella 3 – Tipologia di bacino in funzione della destinazione d’uso.

Sito	$U_{A=2} [\text{m}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}]$			
	A	B	C	D
I-14, I-15, I-18	8.39	7.00	5.36	4.70
Tovo S. Giacomo	8.74	7.29	5.58	4.90

Tabella 4 – Contributo unitario di portata per area pari a  $2\text{ km}^2$  per i diversi siti di deposito.

Nella Tabella 5 sono indicate le portate alla sezione di chiusura, nella configurazione attuale dei vari sottobacini:

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	19 di 51

Siti ANTE	Sito	Sup. [km <sup>2</sup> ]	U <sub>A=2</sub> [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]	μ(Q) [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]			
					Tr=50	Tr=100	Tr=200	Tr=300
	I-14	0.30	4.70	1.41	4.91	6.01	7.10	7.92
	I-15	0.16	4.70	0.73	2.54	3.12	3.68	4.11
	I-18	0.30	4.70	1.43	4.96	6.07	7.17	8.00
	Tovo S. Giacomo	0.45	4.90	2.21	7.65	9.37	11.07	12.35

Tabella 5 – Portate di calcolo nella configurazione ante operam per i diversi sottobacini idrografici.

La portata di progetto alla sezione di chiusura dei depositi è calcolata in funzione della destinazione d'uso dei siti (Tabella 6): questa è di categoria A per i depositi I-14, I-15 e I-18, in quanto ad uso artigianale/industriale, mentre per quello di Tovo San Giacomo è di categoria D poiché destinato a rimboschimento (estesa copertura arborea).

Siti DEPOSITO	Sito	Tipo	Sup. [km <sup>2</sup> ]	U <sub>A=2</sub> [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]	μ (Q) [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]			
						Tr=50	Tr=100	Tr=200	Tr=300
	I-14	A	0.10	8.39	0.81	2.79	3.42	4.04	4.51
	I-15	A	0.06	8.39	0.50	1.75	2.14	2.53	2.82
	I-18	A	0.14	8.39	1.17	4.08	4.99	5.90	6.58
	Tovo S. Giacomo	D	0.08	4.90	0.39	1.36	1.67	1.97	2.20

Tabella 6 – Portate di calcolo nella configurazione post operam per i diversi siti di deposito.

La portata nella configurazione post operam alla sezione di chiusura è quindi calcolata considerando quella sottesa dal sito, in base alla destinazione d'uso, più il contributo dato dalla superficie del sottobacino idrografico esterna al deposito.

Nella Tabella 7 si riporta il valore delle portate per i diversi siti, evidenziando quella di progetto, relativa cioè ad un tempo di ritorno di 200 anni:

	Sito	Sup. [km <sup>2</sup> ]	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]			
			Tr=50	Tr=100	Tr=200	Tr=300
<b>Siti POST</b>	I-14	0.30	6.14	7.52	8.88	9.91
	I-15	0.16	3.31	4.06	4.79	5.35
	I-18	0.30	6.75	8.27	9.77	10.89
	<b>Tovo S. Giacomo</b>	0.45	7.65	9.37	11.07	12.35

*Tabella 7 – Portate di calcolo nella configurazione post operam per i diversi sottobacini idrografici.*

 <b>RFI</b> RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA          TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA          PROGETTO DEFINITIVO</b>												
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>RELAZIONE IDRAULICA          DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D26R1</td> <td>ID0002012</td> <td>A</td> <td>21 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D26R1	ID0002012	A	21 di 51
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D26R1	ID0002012	A	21 di 51								

## 4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO

### 4.1 Siti I-14, I-15 e I-18

Per i tre siti a destinazione d'uso di tipo artigianale/industriale il progetto prevede la realizzazione di una rete scolante a cielo aperto costituita da un collettore principale a sezione trapezia, da realizzarsi in massi cementati, che attraversa l'intero bacino lungo l'asse originario del rio attualmente esistente.

La sezione del collettore principale avrà dimensioni crescenti da monte verso valle in funzione delle portate immesse dai collettori secondari e dai sottobacini contribuenti.

I collettori secondari, anch'essi a cielo aperto ed a sezione trapezia in massi cementati, sono ubicati in posizione tale da convogliare le acque meteoriche della propria porzione di competenza del deposito e del bacino idrografico esterno all'area di sistemazione.

Il contributo scolante dell'area del bacino idrografico esterno all'area di deposito del materiale verrà captato mediante una canaletta di gronda, sempre in massi cementati.

Stante la morfologia di progetto dei depositi, al fine di localizzare i salti di fondo sarà necessario realizzare delle briglie. Tali opere sono ubicate sia nelle canalizzazioni principali e secondarie, sia nelle canalette di gronda. Per garantire continuità costruttiva con le canalizzazioni in progetto, si prevede la realizzazione delle briglie mediante tecniche di ingegneria naturalistica, utilizzando come materiali il legname e i massi secondo gli schemi grafici proposti.

Nella canaletta di gronda affluiscono anche i compluvi naturali afferenti al sito di smarino e non interessati dall'intervento in progetto. Al fine di garantire un innesto stabile e duraturo si prevede la realizzazione di briglie che fungano da raccordo tra le quote di fondo dei tratti naturale e canalizzato. Anche in questo caso si prevede l'adozione di briglie realizzate mediante tecniche di ingegneria naturalistica.

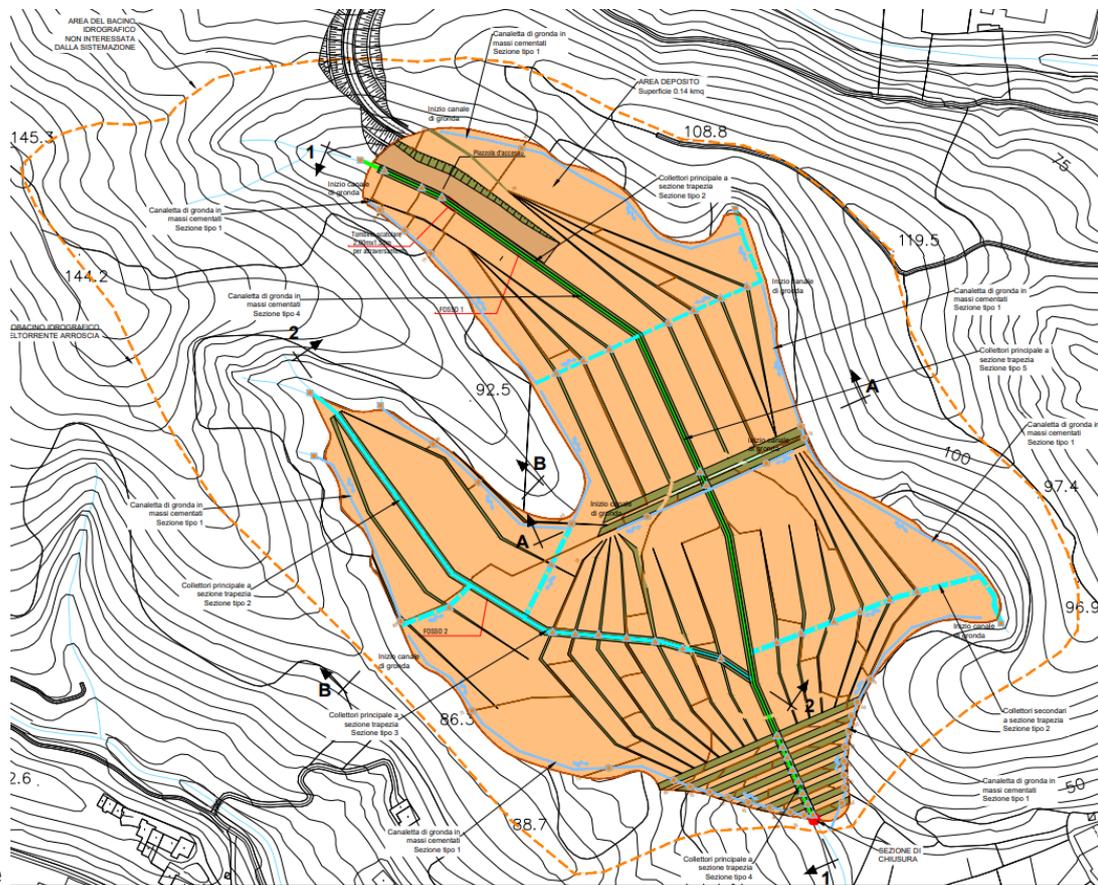
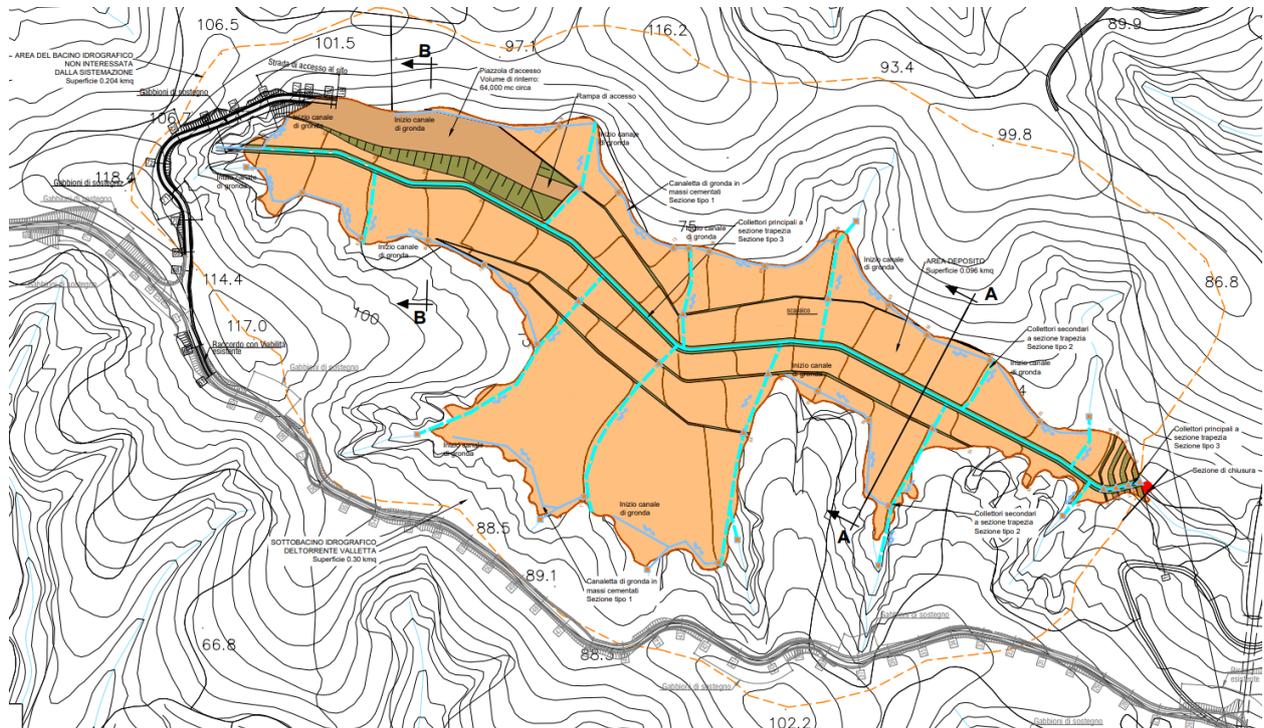


Figura 25 sono riportati gli stralci planimetrici degli interventi di recupero previsti rispettivamente per i siti I-14, I-15 e I-18.

Le tipologie di canalizzazioni sono in totale sette, e sono descritte nel paragrafo 4.3. Per ciascun sito, l'elenco delle sezioni tiene conto solo di quelle utilizzate: i numeri di sezione utilizzati di seguito seguono i tipologici di ciascun elaborato, come riassunto nelle Figure 28 e 29.



*Figura 23 – Sito I-14: planimetria generale dell'intervento con recupero ad uso artigianale/industriale.*

Per il sito I-14 si prevede la realizzazione delle seguenti opere idrauliche:

- Briglie su collettore principale n.4;
- Briglie su collettori secondari n.8;
- Briglie su canale di gronda n.21;
- Briglie per l'innesto di compluvi naturali n.9.

Lo sviluppo della canalizzazione di progetto è il seguente:

- Collettore principale:
  - sezione tipo 3 → 127m;
  - sezione tipo 4 → 673m;
- Collettori secondari:
  - sezione tipo 2 → 1161m;
- Canaletta di gronda:
  - sezione tipo 1 → 1387m.

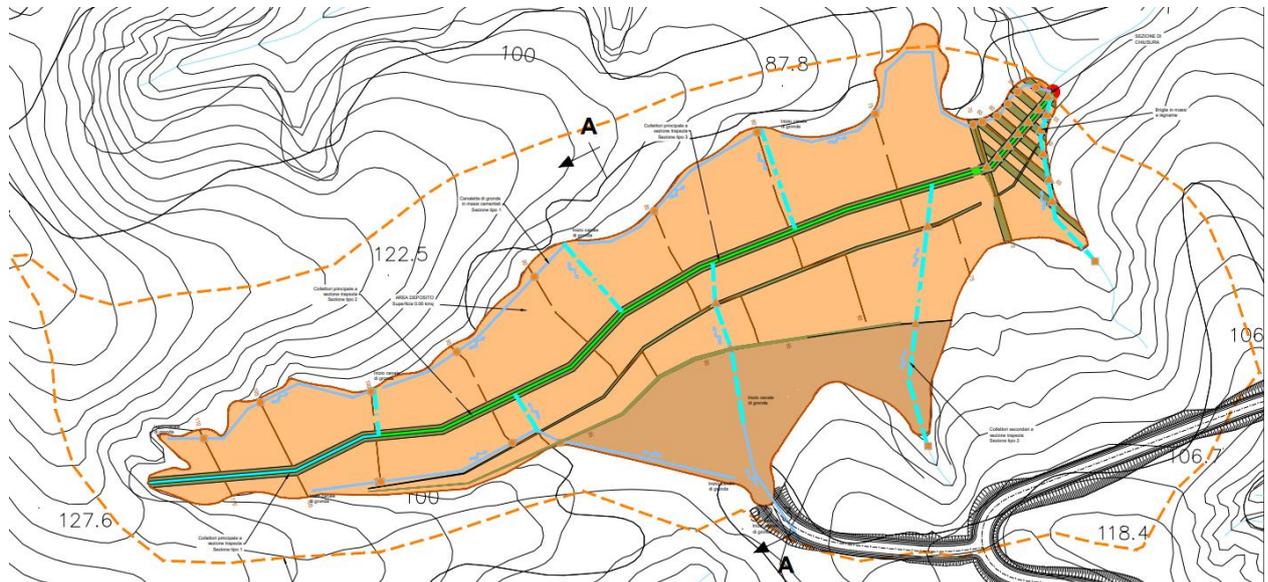


Figura 24 – Sito I-15: planimetria generale dell'intervento con recupero ad uso artigianale/industriale.

Per il sito I-15 si prevede la realizzazione delle seguenti opere idrauliche:

- Briglie su collettore principale n.7;
- Briglie su collettori secondari n.9;
- Briglie su canale di gronda n.20;
- Briglie per l'innesto di compluvi naturali n.2.

Lo sviluppo della canalizzazione di progetto è il seguente:

- Collettore principale:
  - sezione tipo 3 → 144m;
  - sezione tipo 4 → 468m;
- Collettori secondari:
  - sezione tipo 2 → 547m;
- Canaletta di gronda:
  - sezione tipo 1 → 1206m.

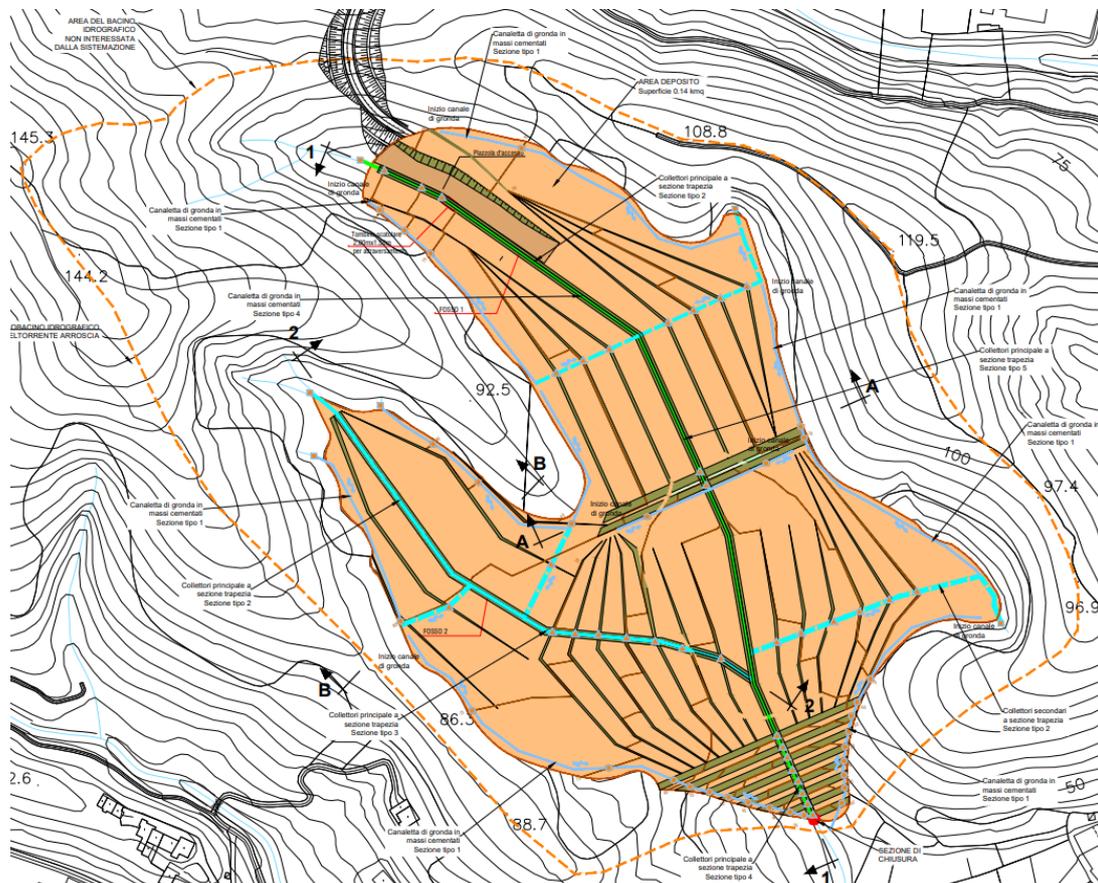


Figura 25 – Sito I-18: planimetria generale dell'intervento con recupero ad uso artigianale/industriale.

Per il sito I-18 si prevede la realizzazione delle seguenti opere idrauliche:

- Briglie su collettore principale n.13;
- Briglie su collettore secondario "FOSSO 2" n.7;
- Briglie su collettori secondari n.15;
- Briglie sui canali di gronda n.31;
- Briglie per l'innesto di compluvi naturali n.6.

Lo sviluppo della canalizzazione di progetto è il seguente:

- Collettore principale:
  - sezione tipo 4 → 249m;
  - sezione tipo 5 → 392m;
- Collettori secondari:
  - sezione tipo 3 → 423m;
- Canali di gronda e canali di connessione:
  - sezione tipo 1 → 1906 m
  - sezione tipo 2 → 608 m

	<b>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA  TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA  PROGETTO DEFINITIVO</b>												
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>RELAZIONE IDRAULICA  DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>ID0002012</td> <td>A</td> <td>26 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D26RI	ID0002012	A	26 di 51
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	26 di 51								

#### 4.2 Sito di Tovo San Giacomo

Per il sito di Tovo San Giacomo è prevista la rinaturalizzazione mediante rimboschimento. A seguito di sopralluoghi e studio della cartografia non sono stati individuati compluvi come negli altri siti: la rete idrografica naturale del sito è caratterizzata da un unico corso d'acqua che convoglia i deflussi del bacino. Di conseguenza, la configurazione di progetto dell'asta principale del corso d'acqua viene realizzata riproducendo la conformazione di quello esistente mediante profilatura del fondo alveo lungo il medesimo asse. A meno della traslazione verso l'alto del fondo alveo, l'adeguamento della morfologia allo stato ante-operam permette di ristabilire al meglio le caratteristiche dei deflussi. In prossimità della sezione di chiusura la riconnessione tra la zona di deposito ed il fondo alveo avviene mediante una doppia serie di rampe in massi legati, ad elevata pendenza longitudinale, che non interrompe la continuità morfologica dell'alveo naturale e permette l'interscambio biologico tra la zona a monte e a valle del manufatto. La sistemazione è stabilizzata mediante infissione di micropali.

Per il sito di Tovo si prevede la realizzazione delle seguenti opere idrauliche:

- Canale a sezione trapezia n.1;
- Rampa in massi legati n.1.

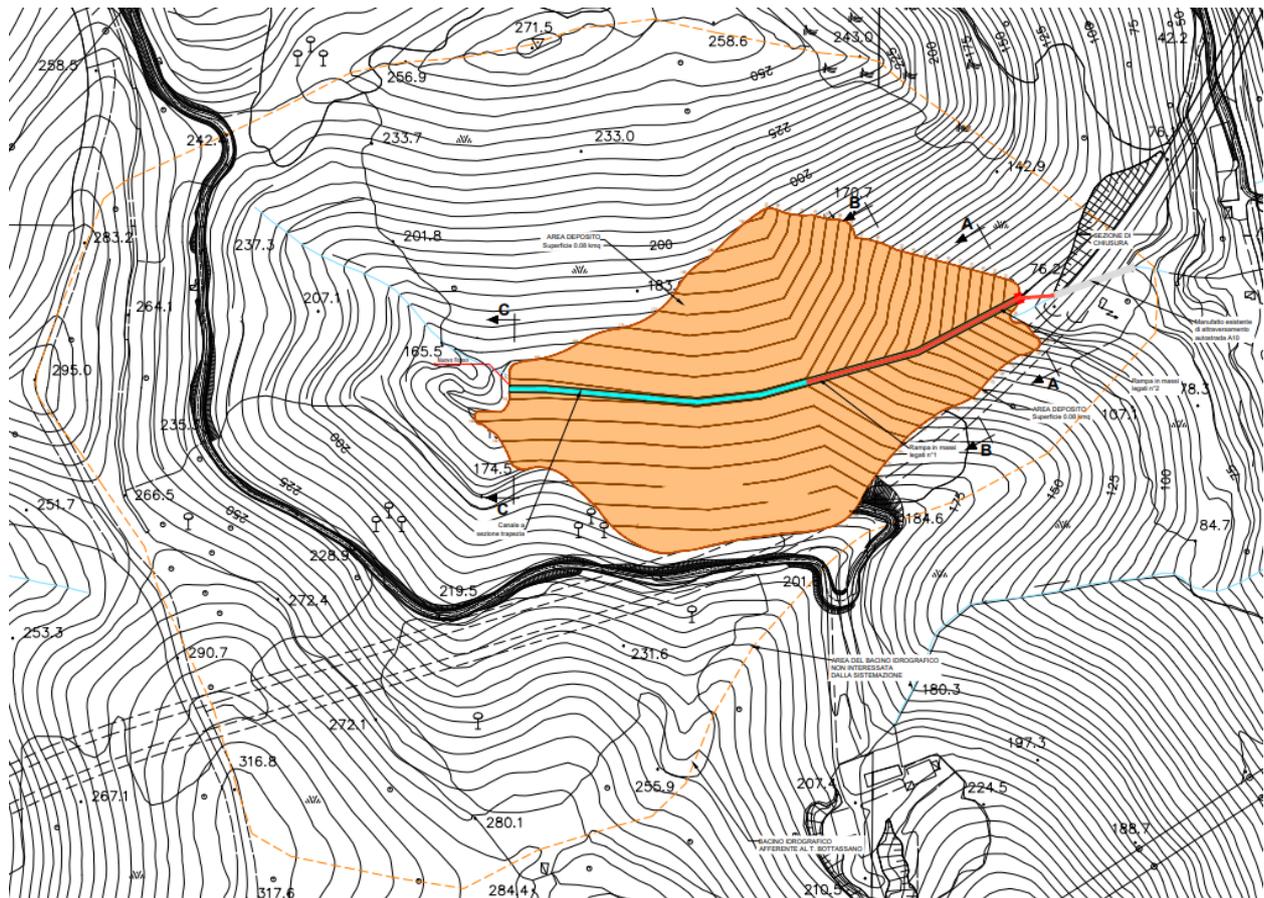
Lo sviluppo della canalizzazione di progetto è il seguente:

- Sezione tipo 1 → 256m;
- Dislivello → 0.72m.

Lo sviluppo della rampa di progetto è il seguente:

- Lunghezza → 225m;
- Larghezza → 3.0m;
- Dislivello → 65m.

Nella Figura 26 è riportato lo stralcio planimetrico degli interventi di recupero ad uso forestale:



*Figura 26 – Sito di Tovo San Giacomo: planimetria del sito destinato ad uso forestale.*

### 4.3 Canalizzazioni

Le opere di canalizzazione previste per i siti a destinazione d'uso artigianale/industriale (I-14, I-15 e I-18) sono a sezione trapezia, con pendenza delle sponde 2/3 e rivestite con massi cementati. All'interfaccia tra massi e terreno di appoggio, quest'ultimo costituito dal materiale proveniente dagli scavi, andrà inserito un geotessile da 400g/m<sup>2</sup>.

Sono previste sei tipologie di sezioni idrauliche. Le sezioni di progetto sono riportate nella Figura 27 e si distinguono per una larghezza al fondo variabile da 1.0m a 3.0m:

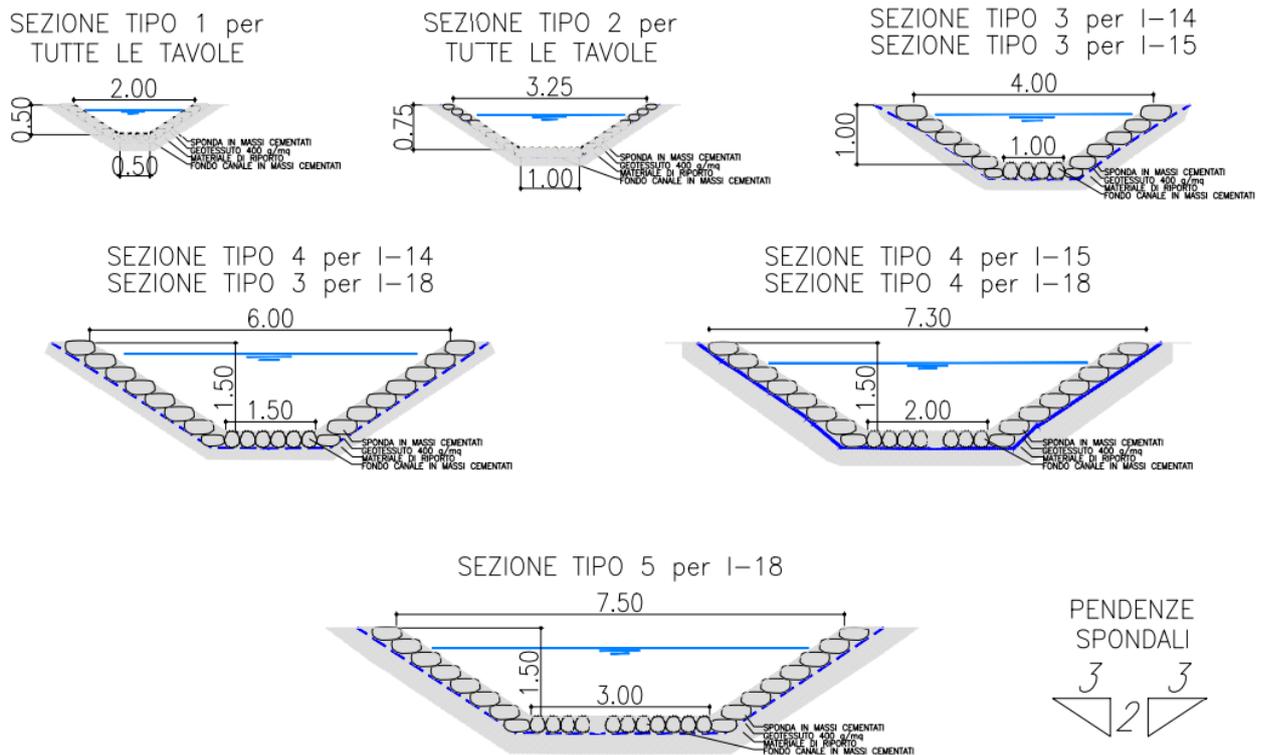


Figura 27 – Sezioni trasversali tipo delle canalizzazioni di progetto.

I dimensionamenti idraulici delle sezioni trasversali sono stati eseguiti considerando la condizione di moto permanente ed utilizzando le formulazioni riportate nella Relazione Idraulica Generale. Ogni sezione è stata dimensionata considerando la portata determinata dalla superficie contribuyente di monte ed applicando i contributi unitari e i fattori di crescita descritti al Capitolo 3.

Le opere di canalizzazione previste per i siti a destinazione d'uso artigianale/industriale (I-14, I-15 e I-18) sono a sezione trapezia, con pendenza delle sponde 2/3 e rivestite con massi cementati. All'interfaccia tra massi e terreno di appoggio, quest'ultimo costituito dal materiale proveniente dagli scavi, andrà inserito un geotessile da  $400\text{g/m}^2$ . È prevista una sola tipologia di sezione, riportata in Figura 29:

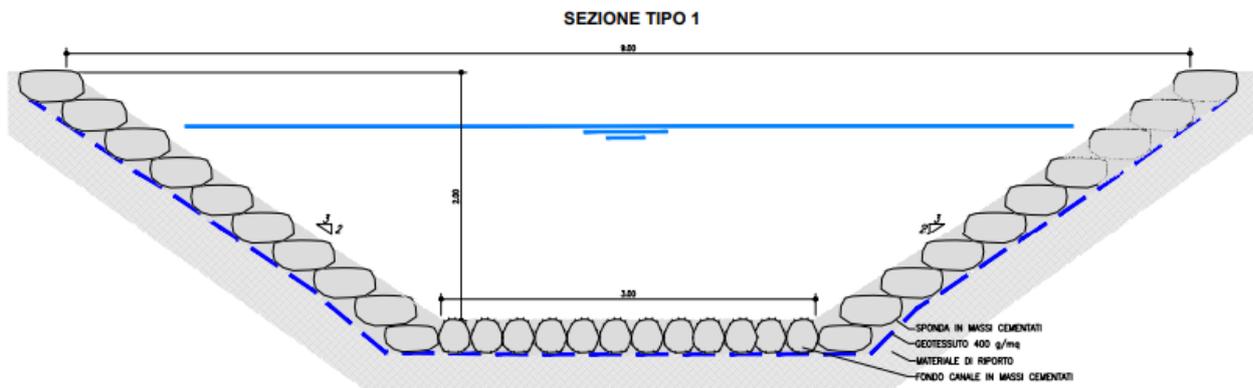


Figura 28 – Sezioni trasversali tipo di progetto del corso d'acqua.

#### 4.4 Briglie

Le briglie in progetto hanno lo scopo essenziale di irrigidire una sistemazione ed ammorsarla al fondo dell'alveo, in particolare laddove questo è caratterizzato da pendenze e velocità elevate.

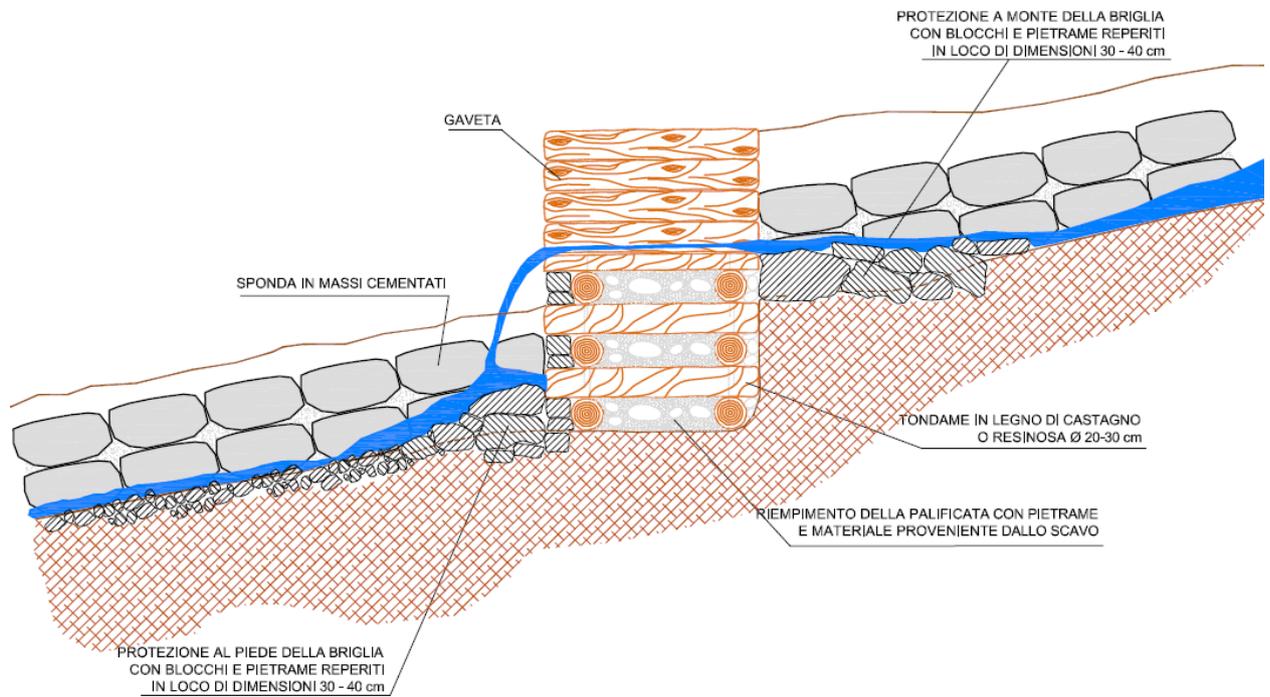
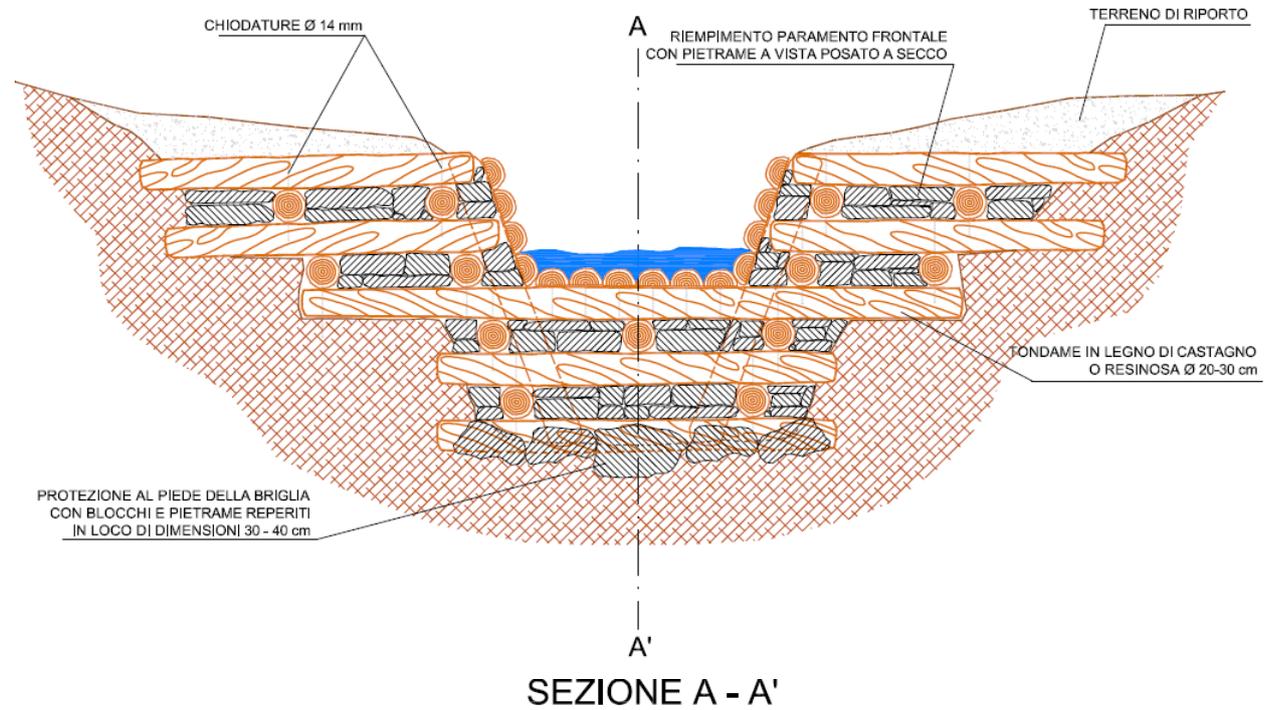
L'opera-tipo è prevista in legname e pietrame di consolidamento, di modeste dimensioni trasversali, a struttura piena, realizzata mediante incastellatura a parete doppia (struttura a cassone o reticolare) in tondame scortecciato, unito da chiodi e graffe metalliche zincate. La soglia sarà realizzata da travi di diametro pari a 15 ÷ 20 cm, opportunamente incastrate nelle spalle, ancorate ai pali di sostegno mediante tacche di ancoraggio e chiodi di ferro o nastri d'acciaio zincati. Se necessario, la fondazione sarà consolidata da pali.

Il rivestimento della vasca tra il corpo briglia e la controbriglia verrà realizzato con pietrame reperito in loco; il riempimento della briglia con materiale drenante di ciottoli o ghiaia e terreno drenante costipabile, o pareggiato con dei sassi; eventuale posizionamento a tergo di geotessile per evitare sifonamenti; completamento della soglia durante il riempimento con deposizione fra i correnti di rami lunghi 1,50 ÷ 2 m, con capacità di propagazione vegetativa, e/o con talee di salice (1 ÷ 5 pezzi/m), e/o con piante di latifoglie radicate. Per le briglie di piccole dimensioni, potranno essere alternate alle travi di legno, viminate o fascinate vive, ben fissate al terreno di fondazione e ai pali di sostegno mediante picchetti di legno e legature metalliche.



*Figura 30 – Esempio di realizzazione di una briglia in pietrame e legname.*

**PROSPETTO**



*Figura 31 – Briglia in pietrame e legname.*

#### 4.5 Rampe in massi legati

Nel sito di Tovo San Giacomo, nei due tratti vallivi del corso d'acqua di progetto caratterizzati da una pendenza importante si è adottata come soluzione progettuale la realizzazione di una rampa in massi (Figura 29) debitamente progettata al fine da garantire il deflusso in condizioni di corrente pressoché critica. Tale condizione permette di ridurre le velocità lungo la livelletta ed evitare la formazione di risalti.

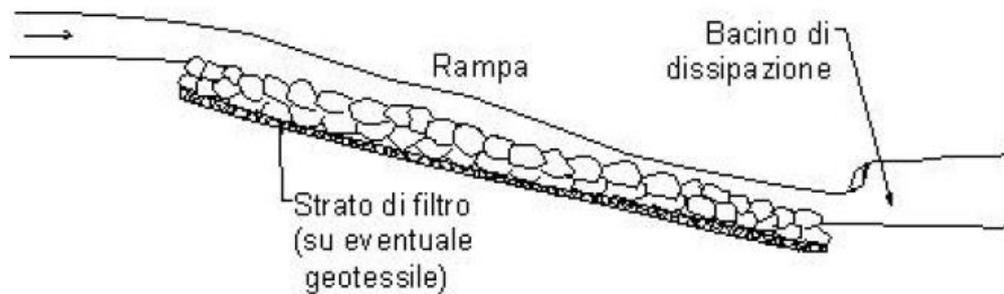


Figura 29 – Schema di una rampa in pietrame.

Le rampe in massi sono strutture impiegate nelle sistemazioni idrauliche di tipo non convenzionale per produrre significative dissipazioni di energia assicurando contemporaneamente la stabilità del letto d'alveo. Possono essere impiegate al posto delle strutture tradizionali quali soglie e briglie rispetto alle quali presentano il vantaggio di mantenere la continuità morfologica del corso d'acqua tra monte e valle dell'opera.

Diversi autori hanno fornito indicazioni per valutare la stabilità di una rampa o per determinarne la scabrezza, espressa in termini di coefficiente di Manning.

Le rampe in pietrame/massi presentano indiscutibili vantaggi rispetto alle opere tradizionali:

- la dissipazione di energia non è concentrata in un punto, bensì distribuita lungo tutta la lunghezza;
- il trasporto del materiale di dimensione minore non è arrestato in quanto l'energia della corrente è ancora sufficiente per il trasporto;
- è assicurato il passaggio dei pesci migratori verso monte attraverso i varchi presenti tra i massi.

Al fine di garantire una maggior stabilità alla rampa al trascinarsi al fondo ed al tempo stesso dissipare l'importante corrente veloce, si prevede la legatura dei massi, del diametro di circa 1m, mediante trefoli in acciaio del diametro di 22mm, ancorati, tramite funi trasversali di collegamento in acciaio zincato, ad alcuni micropali realizzati

con la tecnica del *jet-grouting* a bassa pressione, disposti lungo la rampa ad interasse di 5m. L'effetto di tali agglomerati trasversali (*boulders*), come analizzato da Pagliara et al., consente di aumentare la dissipazione energetica evitando la formazione di filoni di corrente veloce che si potrebbero propagare all'interno dell'alveo con possibili interessamenti delle sponde.

Sulla base degli studi condotti da Pagliara et al. si è valutata la scabrezza, in termini di coefficiente di Manning, della rampa in massi. Tale valore risulta essere prossimo a  $0.07\text{s/m}^{1/3}$ .

Nelle figure seguenti si riportano alcuni esempi di realizzazione di rampe in massi:



*Figura 30– Esempi di realizzazione di una rampa in massi.*



*Figura 31 – Esempio di funzionamento di una rampa in massi durante un evento di piena.*

## 5 MODELLAZIONE IDRAULICA

Lo studio del comportamento idraulico dei corsi d'acqua è stato sviluppato attraverso un'analisi in regime di moto permanente per le portate relative al tempo di Ritorno considerato, con una schematizzazione monodimensionale, utilizzando il programma HEC-RAS (versione 6.1), sviluppato dal Corpo degli Ingegneri dell'Esercito statunitense (USACE).

Anche nell'ipotesi di monodimensionalità, 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; sono di seguito riportati i coefficienti di scabrezza di Manning considerati, in ottemperanza alle indicazioni del Regolamento Regionale n.3 del 14/07/2011:

- per il calcestruzzo  $n=0.025 s \cdot m^{-1/3}$ ;
- per le superfici a massi cementati  $n=0.033 s \cdot m^{-1/3}$ ;
- per le superfici a verde  $n=0.04 s \cdot m^{-1/3}$ .

Descrizione corso d'acqua	Coeff. di scabrezza di Gauckler-Strickler $K_s (m^{1/3}/s)$	Indice di scabrezza di Manning $(s/m^{1/3})$
Tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25 - 30	0.033 - 0.04
Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30 - 35	0.029 - 0.033
Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35 - 40	0.025 - 0.029
Corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.) o discontinuità interferenti con le acque	40 - 45	0.022 - 0.025

Tabella 8 – Limiti per i coefficienti di scabrezza ex all.1 RR 14/07/11 n.3.

I tratti studiati sono a carattere prettamente torrentizio, talvolta con elevate pendenze di fondo. Per tener conto di queste condizioni, in cui la corrente può passare da lenta a veloce o viceversa (*mixed flow*), sono state imposte sia a valle sia a monte, condizioni al contorno: queste sono di seguito specificate nella descrizione di ogni modello.

In ogni modello sono costruite, come minimo, le sezioni di imbocco e sbocco dei tombini, una sezione a monte dell'attraversamento, la sezione terminale dell'intervento

e tutte quelle in cui avviene un cambio di geometria, di portata o un salto. Possono poi esservi sezioni interpolate.

In base ai dati di portata, alle pendenze e al tipo di sezione da adottare (che in questa fase progettuale si traduce in un parametro di scabrezza), l'area trasversale di quest'ultima è stata calcolata in modo da garantire sempre un franco minimo di sicurezza che, secondo la tabella dell'allegato 2 al RR 14/07/2011 n.3 per reticoli di I o II livello, deve essere non minore di:

Ordinale opera	Tipo di opera	Limite min/max Franco Idraulico
I	Argini e difese spondali	50cm - 100cm
II	Ponti e strutture di attraversamento fino ad estensioni longitudinali di 12m	100cm - 150cm
III	Coperture o tombinature (ove ammesse), ponti e strutture di attraversamento oltre i 12m	150cm - 200cm

Tabella 9 – Franchi di sicurezza in base al tipo di opera, ex all.2 RR 14/07/11 n.3.

ove i due valori estremi corrispondono rispettivamente a bacini poco dissestati con previsione di modesto trasporto solido ed a bacini molto dissestati con previsione di forte trasporto solido in caso di piena, e/o a bacini di maggiore o minore estensione. L'Allegato prescrive di considerare come franco di sicurezza l'altezza cinetica, qualora sia maggiore del valore da tabella; nella fattispecie, tuttavia, le elevate velocità in alcuni tratti imporrebbero un significativo innalzamento delle sponde: considerando che la destinazione d'uso delle aree di riempimento non contempla l'urbanizzazione, si ritiene opportuno basarsi soltanto sul vincolo da tabella.

Dato che il progetto riguarda canalizzazioni in materiale legato, è lecito considerare che il trasporto solido sarà di entità molto modesta: il valore da comparare con l'altezza cinetica del flusso è dunque 50cm.

Nei modelli si ha inoltre avuto cura di far ricadere i tratti in cui si genera un risalto idraulico, all'interno di una porzione di alveo rivestita.

La determinazione del livello del pelo libero in ogni sezione è operata risolvendo per via iterativa l'equazione di bilancio dell'energia:

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

Dove Y1 e Y2 rappresentano le profondità del pelo libero, Z1 e Z2 le elevazioni sul medio mare del fondo del canale, V1 e V2 le velocità medie, rispettivamente nelle sezioni di valle e di monte per una corrente lenta, viceversa per una corrente veloce;  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  i rispettivi coefficienti di Coriolis, g l'accelerazione di gravità e  $h_e$  le perdite di energia tra le due sezioni.

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

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

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 coefficiente C correla alla differenza dei carichi cinetici delle due sezioni, le perdite dovute all'espansione ed alla contrazione della vena in funzione dell'andamento plano–altimetrico del corso d'acqua.

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

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} \sqrt{J}$$

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 suddividerle in parti in modo da trattare separatamente porzioni in cui la velocità media può essere ritenuta costante ai fini pratici; indicata con  $K_i = Q_i/J^{1/2}$  la capacità di portata di ogni parte i-esima in cui è stata suddivisa la sezione, si ha, in accordo alla formula di Manning:

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

La perdita di carico per unità di lunghezza risulta dunque pari a:

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

Questo risultato può essere facilmente ricavato osservando che, data la costanza di J, la portata di ogni singola area  $Q_i = K_i \cdot J^{1/2}$  è proporzionale al rispettivo coefficiente di portata, e che la portata totale vale  $Q = \sum_i Q_i$ . La pendenza media di un tratto è dunque:

$$\bar{J} = \frac{J_1 + J_2}{2}$$

## 5.1 Sito I-14

La geometria utilizzata per implementare il modello numerico fa riferimento ad un modello digitale del terreno realizzato con l'ausilio della Carta Tecnica Regionale.

Le principali caratteristiche della geometria del modello sono così riassumibili:

- lunghezza totale tratto di studio (collettore principale): 800m;
- numero di sezioni trasversali estratte: 15, oltre ad una sezione dell'alveo naturale a valle (sezione 0.1).

La figura 36 mostra l'ubicazione planimetrica delle sezioni idrauliche utilizzate nella modellazione numerica:

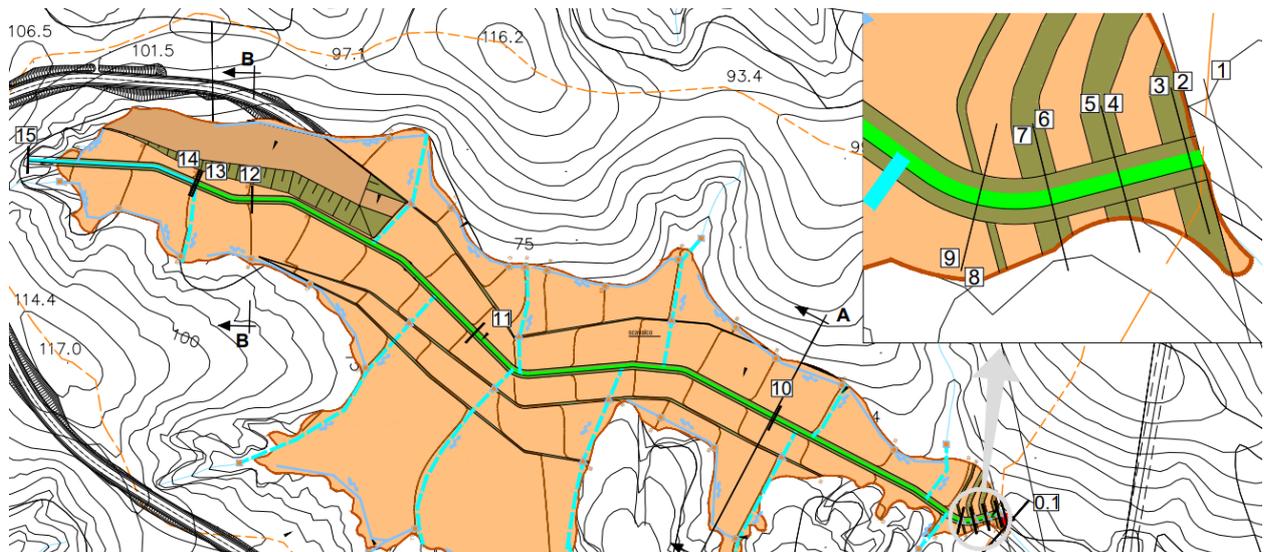


Figura 32 – Sito I-14: inquadramento della zona di analisi.

Le sezioni 10 e 12 corrispondono rispettivamente alle sezioni B-B ed A-A presenti nell'elaborato di Planimetria, Profilo e Tipologici.

L'ingrandimento nella Figura 36 riguarda il tratto finale del corso d'acqua, in cui sono inserite le briglie; queste sono state modellate con una sezione di monte ed una di valle, distanti 5cm l'una dall'altra, di uguale geometria ma con un dislivello pari all'altezza della briglia. Il tratto compreso tra due briglie successive è modellato con pendenza di fondo nulla.

 <b>RFI</b> RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA          TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA          PROGETTO DEFINITIVO</b>												
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>RELAZIONE IDRAULICA          DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>ID0002012</td> <td>A</td> <td>38 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D26RI	ID0002012	A	38 di 51
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	38 di 51								

Le condizioni al contorno sono:

- a monte, il passaggio della corrente a tirante critico;
- a valle, dove la sistemazione di progetto si raccorda alla situazione preesistente, pendenza piezometrica pari a quella media di fondo dell'ultimo tratto, 6.7%.

La portata di progetto alla sezione di chiusura è pari a  $8.88m^3/s$  ed è generata da tutte le immissioni laterali unite al flusso proveniente da monte: nel modello le prime sono accorpate in un unico contributo di  $7.88m^3/s$ , in ingresso alla sezione 13. La portata proveniente da monte vale dunque  $1.00 m^3/s$ : tale valore è stato ricavato tramite trasformazione afflussi/deflussi applicata al bacino (perimetrato sul DTM) la cui sezione di chiusura corrisponde alla sezione iniziale del tratto di progetto.

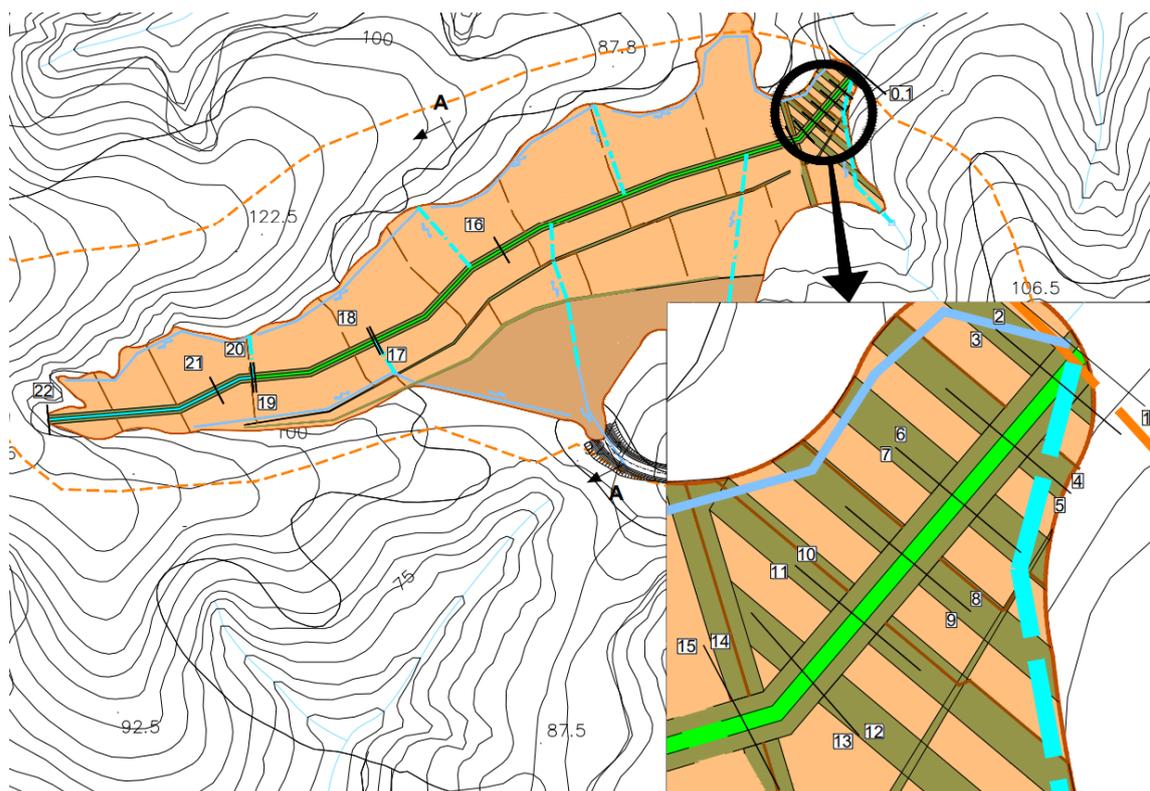
## 5.2 Sito I-15

La geometria utilizzata per implementare il modello numerico fa riferimento ad un modello digitale del terreno realizzato con l'ausilio della Carta Tecnica Regionale.

Le principali caratteristiche della geometria del modello sono così riassumibili:

- lunghezza totale tratto di studio (collettore principale): 612m;
- numero di sezioni trasversali estratte: 22, oltre ad una sezione dell'alveo naturale a valle (sezione 0.1).

La figura 37 mostra l'ubicazione planimetrica delle sezioni idrauliche utilizzate nella modellazione numerica:



*Figura 33 – Sito I-15: inquadramento della zona di analisi.*

La sezione 16 corrisponde rispettivamente alla sezione A-A presente nell'elaborato di Planimetria, Profilo e Tipologici.

L'ingrandimento nella Figura 37 riguarda il tratto finale del corso d'acqua, in cui sono inserite le briglie; queste sono state modellate con una sezione di monte ed una di valle, distanti 5cm l'una dall'altra, di uguale geometria ma con un dislivello pari all'altezza della briglia. Il tratto compreso tra due briglie successive è modellato con pendenza di fondo nulla.

 <b>RFI</b> RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA          TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA          PROGETTO DEFINITIVO</b>												
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>RELAZIONE IDRAULICA          DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D26R1</td> <td>ID0002012</td> <td>A</td> <td>40 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D26R1	ID0002012	A	40 di 51
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D26R1	ID0002012	A	40 di 51								

Le condizioni al contorno sono:

- a monte, pendenza piezometrica pari alla pendenza di fondo, 13.3%;
- a valle, dove la sistemazione di progetto si raccorda alla situazione preesistente con un tratto a forte pendenza, ci si attende il passaggio da corrente lenta a veloce, e dunque si impone il passaggio per la pendenza critica.

La portata di progetto alla sezione di chiusura è pari a  $4.79m^3/s$  ed è generata da tutte le immissioni laterali unite al flusso proveniente da monte: nel modello le prime sono accorpate in due contributi, in ingresso alle sezioni 19 e 17 e rispettivamente di portata 1.1. e  $3.34m^3/s$ . Il flusso proveniente da monte vale dunque  $0.35m^3/s$ : tale valore è stato ricavato tramite trasformazione afflussi/deflussi applicata al bacino (perimetrato sul DTM) la cui sezione di chiusura corrisponde alla sezione iniziale del tratto di progetto.

### 5.3 Sito I-18

La geometria utilizzata per implementare il modello numerico fa riferimento ad un modello digitale del terreno realizzato con l'ausilio della Carta Tecnica Regionale.

Le principali caratteristiche della geometria del modello sono così riassumibili:

- lunghezza del tratto di studio del collettore principale: 642m;
- lunghezza del collettore secondario: 423m;
- numero di sezioni trasversali estratte sul collettore principale: 33;
- numero di sezioni trasversali estratte sul collettore secondario: 19.

La figura 38 mostra l'ubicazione planimetrica delle sezioni idrauliche utilizzate nella modellazione numerica:

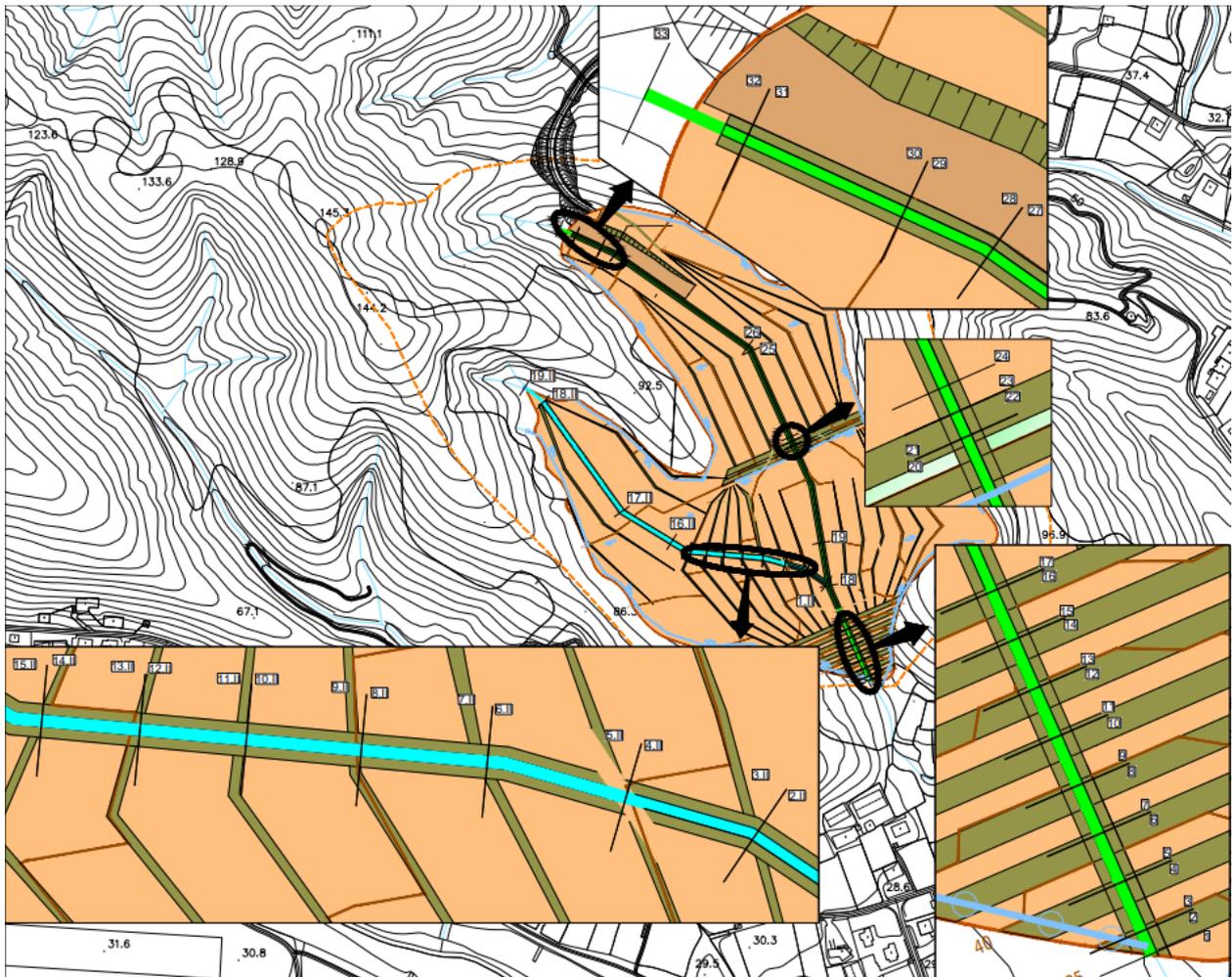


Figura 34 – Sito I-18: inquadramento della zona di analisi.

La sezione 24 corrisponde rispettivamente alla sezione A-A presente nell'elaborato di Planimetria, Profilo e Tipologici.

 <p><b>RFI</b> RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA PROGETTO DEFINITIVO</b></p>												
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>RELAZIONE IDRAULICA DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>ID0002012</td> <td>A</td> <td>42 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D26RI	ID0002012	A	42 di 51
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	42 di 51								

Gli ingrandimenti nella Figura 38 riguardano i tratti in cui sono inserite le briglie; queste sono state modellate con una sezione di monte ed una di valle, distanti nel ramo secondari 5cm l'una dall'altra e 10cm nel ramo principale, di uguale geometria ma con un dislivello pari all'altezza della briglia. Il tratto compreso tra due briglie successive è modellato con pendenza di fondo nulla.

Le condizioni al contorno sono:

- a monte del ramo principale, il passaggio della corrente a tirante critico;
- a monte del ramo secondario, il passaggio della corrente per il tirante critico;
- alla confluenza dei rami, pendenza piezometrica pari a quella media di fondo, 1.1%;
- a valle, dove la sistemazione di progetto si raccorda alla situazione preesistente, pendenza piezometrica pari a quella media di fondo dell'ultimo tratto, 5.0%.

La portata di progetto alla sezione di chiusura è pari a  $9.77m^3/s$  ed è generata da tutte le immissioni laterali unite al flusso proveniente da monte: nel modello le prime sono accorpate in un unico contributo di  $5.42 m^3/s$ , in ingresso alla sezione 25. Il flusso proveniente da monte del ramo principale ammonta a  $2.12m^3/s$ , quello da monte del ramo secondario vale  $2.23 m^3/s$ : tali valori sono stati ricavati tramite trasformazione afflussi/deflussi applicata al bacino (perimetrato sul DTM) la cui sezione di chiusura corrisponde alla sezione iniziale del tratto di progetto.

#### 5.4 Sito “Tovo San Giacomo”

La geometria utilizzata per implementare il modello numerico fa riferimento ad un modello digitale del terreno realizzato con l’ausilio della Carta Tecnica Regionale.

Le principali caratteristiche della geometria del modello sono così riassumibili:

- lunghezza totale tratto di studio (collettore principale): 448m;
- numero di sezioni trasversali estratte: 4.

La figura 39 mostra l’ubicazione planimetrica delle sezioni idrauliche utilizzate nella modellazione numerica:

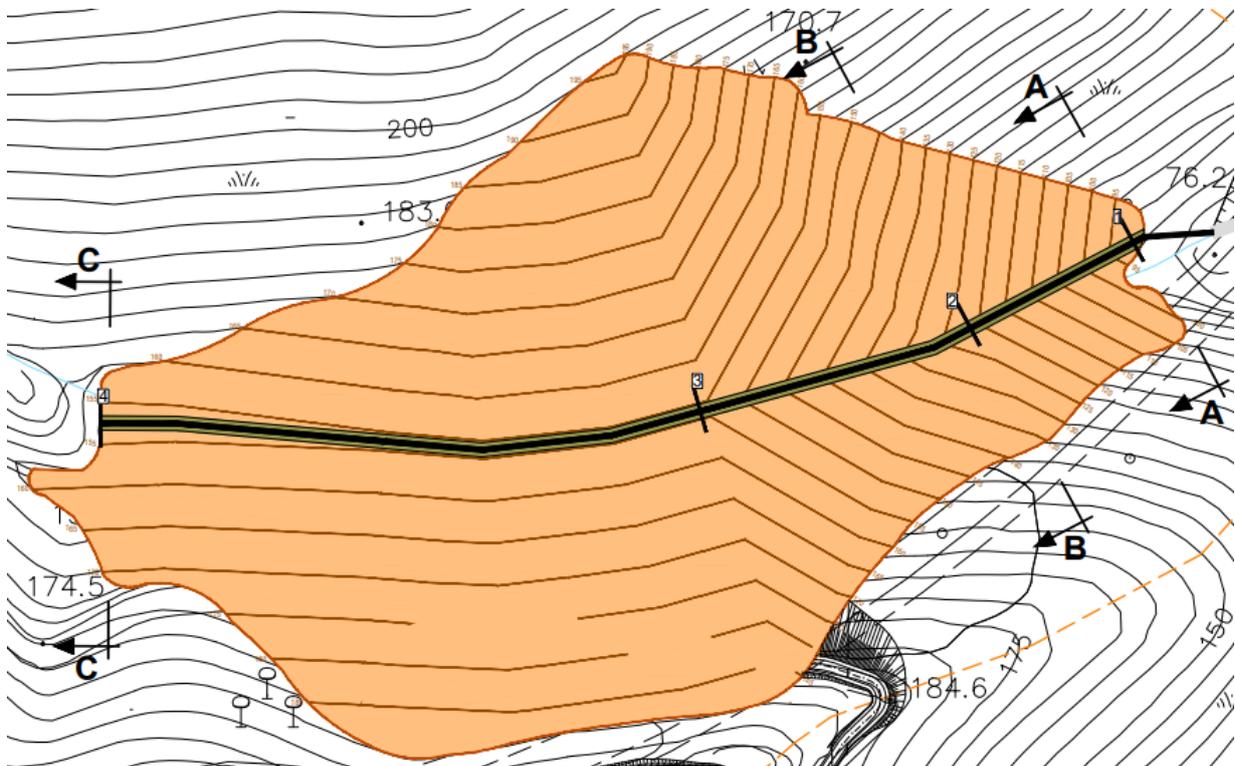


Figura 35 – Sito “Tovo San Giacomo”: inquadramento della zona di analisi.

Le sezioni 1, 2 e 4 corrispondono rispettivamente alle sezioni A-A, B-B e C.C presenti nell’elaborato di Planimetria, Profilo e Tipologici.

Le condizioni al contorno sono:

- a monte, pendenza piezometrica pari alla pendenza di fondo, 0.6%;
- a valle, pendenza piezometrica pari alla pendenza di fondo, 5.0%.

La portata di progetto alla sezione di chiusura è pari a  $11.07\text{m}^3/\text{s}$ , e dato che non sono presenti affluenti, tale valore è assegnato direttamente da monte.

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	44 di 51

## 6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

### 6.1 Sito I-14

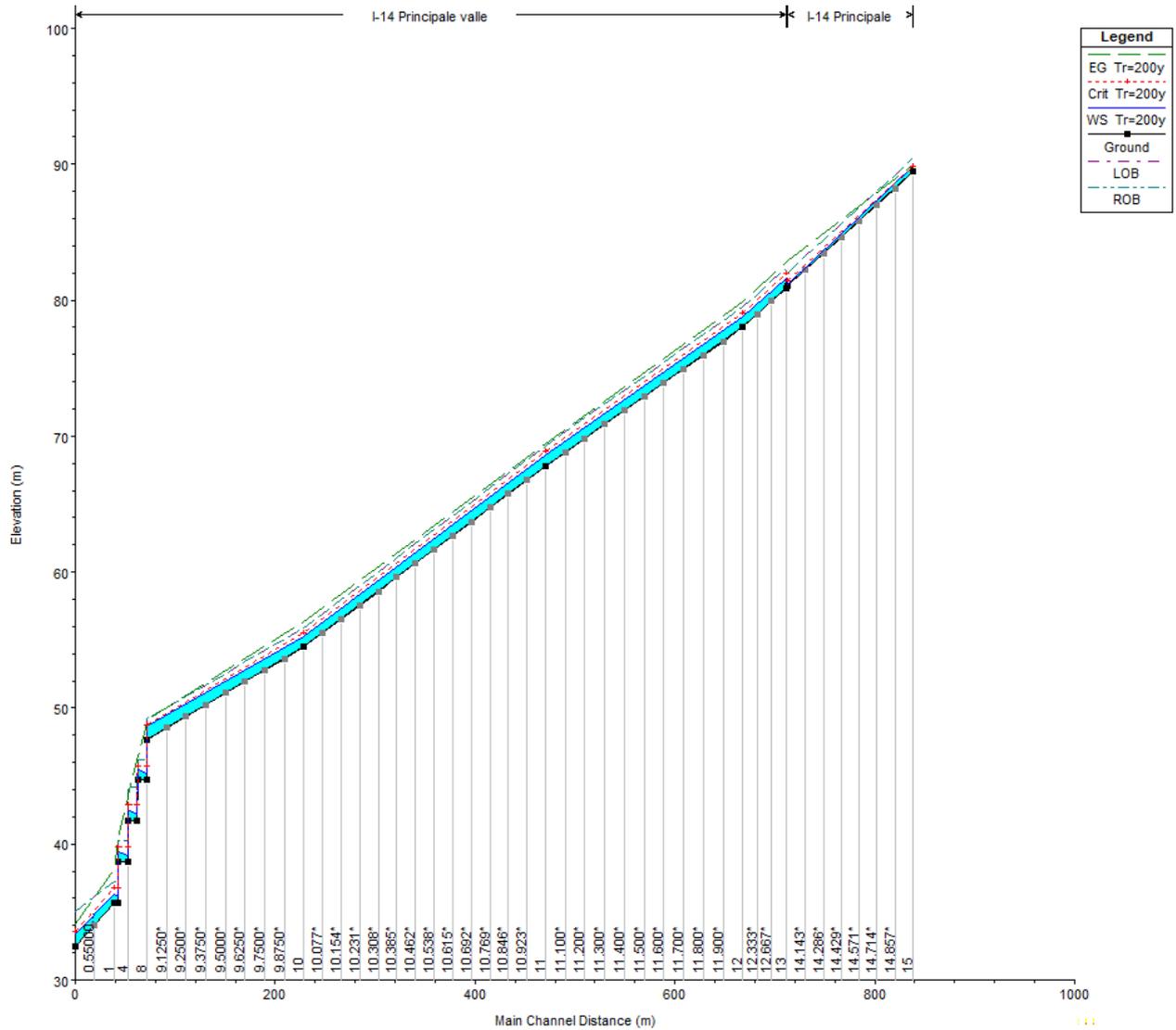


Figura 36 – Profilo I-14 per  $T_R=200y$ .

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002012	REV. A	FOGLIO 45 di 51
------------------	-------------	-------------------	------------------------	-----------	--------------------

River Sta	Dist (m)	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	OB Elev (m)	W.S. Elev (m)	SF (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Froude #
15	125.18	1.24	89.44	90.44	89.87	0.57	89.87	0.01833	1.75	0.71	1
14	2	1.24	81.02	82.02	81.32	0.7	81.45	0.06845	2.81	0.44	1.87
13	42.87	9.91	80.88	82.38	81.67	0.71	82.03	0.0631	4.71	2.11	2.03
12	197.51	9.91	78	79.5	78.77	0.73	79.14	0.06711	4.81	2.06	2.09
11	241.76	9.91	67.8	69.3	68.63	0.67	68.94	0.05151	4.37	2.27	1.85
10	157.08	9.91	54.5	55.9	55.3	0.6	55.62	0.05512	4.44	2.23	1.91
9	0.05	9.91	47.69	49.19	48.65	0.54	48.84	0.04327	3.55	2.79	1.42
8	9.45	9.91	44.69	46.19	45.2	0.99	45.84	0.48788	8.6	1.15	4.45
7	0.05	9.91	44.69	46.19	45.5	0.69	45.84	0.08523	4.56	2.17	1.95
6	9.45	9.91	41.69	44.19	42.25	1.94	42.96	0.46838	8.86	1.12	4.23
5	0.05	9.91	41.69	44.19	42.58	1.61	42.96	0.08895	4.85	2.04	1.91
4	9.45	9.91	38.71	40.21	39.19	1.02	39.85	0.5812	9.16	1.08	4.83
3	0.05	9.91	38.71	40.21	39.48	0.73	39.85	0.09903	4.82	2.06	2.1
2	4.45	9.91	35.71	37.21	36.2	1.01	36.85	0.55963	9.03	1.1	4.75
1	38.65	9.91	35.71	37.21	36.35	0.86	36.85	0.19749	6.2	1.6	2.91
0.1	0	9.91	32.43	35	33.32	1.68	33.64	0.08656	4.49	2.21	1.97

*Tabella 10 – Tabella riassuntiva per le sezioni dell'I-14.*

La tabella mostra il rispetto del franco di sicurezza in ogni sezione dell'alveo.

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26RI	ID0002012	A	46 di 51

## 6.2 Sito I-15

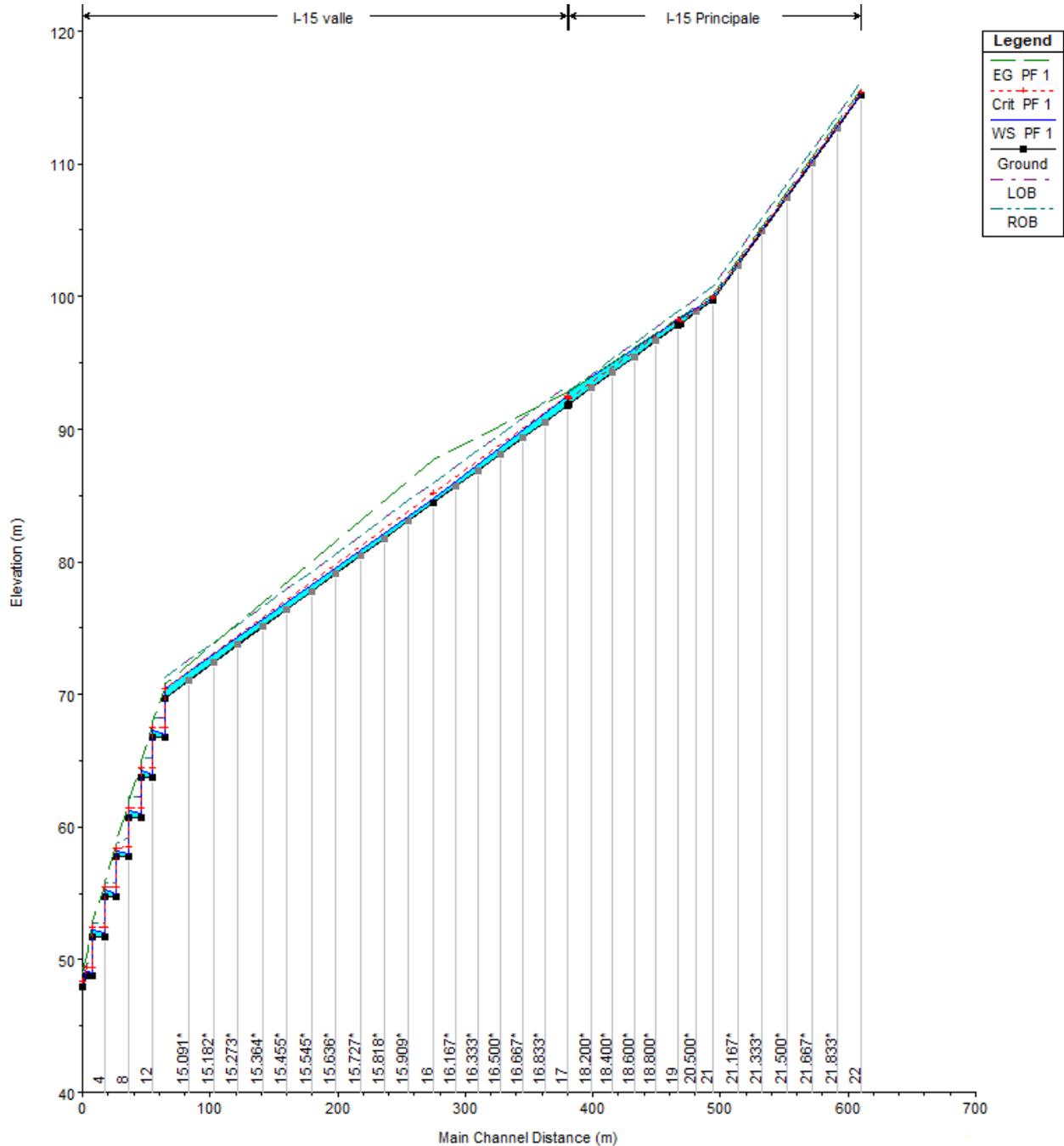


Figura 37 – Profilo I-15 per  $T_R=200y$ .

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002012	REV. A	FOGLIO 47 di 51
------------------	-------------	-------------------	------------------------	-----------	--------------------

River Sta	Dist (m)	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	ROB Elev (m)	W.S. Elev (m)	SF (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Froude #
22	116.35	0.35	115.2	116.2	115.33	0.87	115.41	0.13284	2.4	0.15	2.34
21	25.68	0.35	99.76	100.76	99.88	0.88	99.97	0.13265	2.4	0.15	2.34
20	2	0.35	97.97	98.97	98.39	0.58	98.17	0.00152	0.5	0.7	0.29
19	84.69	1.1	97.83	98.83	98.23	0.6	98.23	0.01878	1.71	0.65	1.01
18	2	1.1	91.91	92.91	92.82	0.09	92.32	0.00071	0.51	2.15	0.21
17	104.9	4.79	91.77	93.27	92.51	0.76	92.51	0.0161	2.39	2	1.01
16	210.15	4.79	84.45	85.95	84.72	1.23	85.18	0.46745	7.67	0.62	4.94
15	0.05	4.79	69.74	71.24	70.42	0.82	70.47	0.03024	2.61	1.83	1.13
14	9.45	4.79	66.74	68.24	67	1.24	67.47	0.85229	8.24	0.58	5.47
13	0.05	4.79	66.74	68.24	67.27	0.97	67.47	0.07529	3.6	1.33	1.74
12	9.45	4.79	63.74	65.24	63.99	1.25	64.47	0.91712	8.44	0.57	5.66
11	0.05	4.79	63.74	65.24	64.26	0.98	64.47	0.07965	3.68	1.3	1.79
10	9.45	4.79	60.74	62.24	60.99	1.25	61.47	0.92433	8.46	0.57	5.68
9	0.05	4.79	60.74	62.24	61.26	0.98	61.47	0.08013	3.68	1.3	1.8
8	9.45	4.79	57.74	59.24	57.99	1.25	58.47	0.92517	8.46	0.57	5.68
7	0.05	4.79	57.74	58.74	58.23	0.51	58.43	0.08285	3.6	1.33	1.86
6	9.45	4.79	54.74	55.74	54.98	0.76	55.43	0.97576	8.41	0.57	5.87
5	0.05	4.79	54.74	55.74	55.23	0.51	55.43	0.07973	3.55	1.35	1.82
4	9.45	4.79	51.74	52.74	51.98	0.76	52.43	0.9706	8.39	0.57	5.85
3	0.05	4.79	51.74	52.74	52.23	0.51	52.43	0.07941	3.55	1.35	1.82
2	4.45	4.79	48.74	49.74	48.98	0.76	49.43	0.96996	8.39	0.57	5.85
1	3.18	4.79	48.74	49.74	49.13	0.61	49.43	0.18003	4.72	1.01	2.67
0.1	0	4.79	47.95	49	48.12	0.88	48.33	0.56875	4.86	0.99	4.28

*Tabella 11 – Tabella riassuntiva per le sezioni dell'1-15.*

La tabella mostra il rispetto del franco di sicurezza in ogni sezione dell'alveo.

### 6.3 Sito I-18

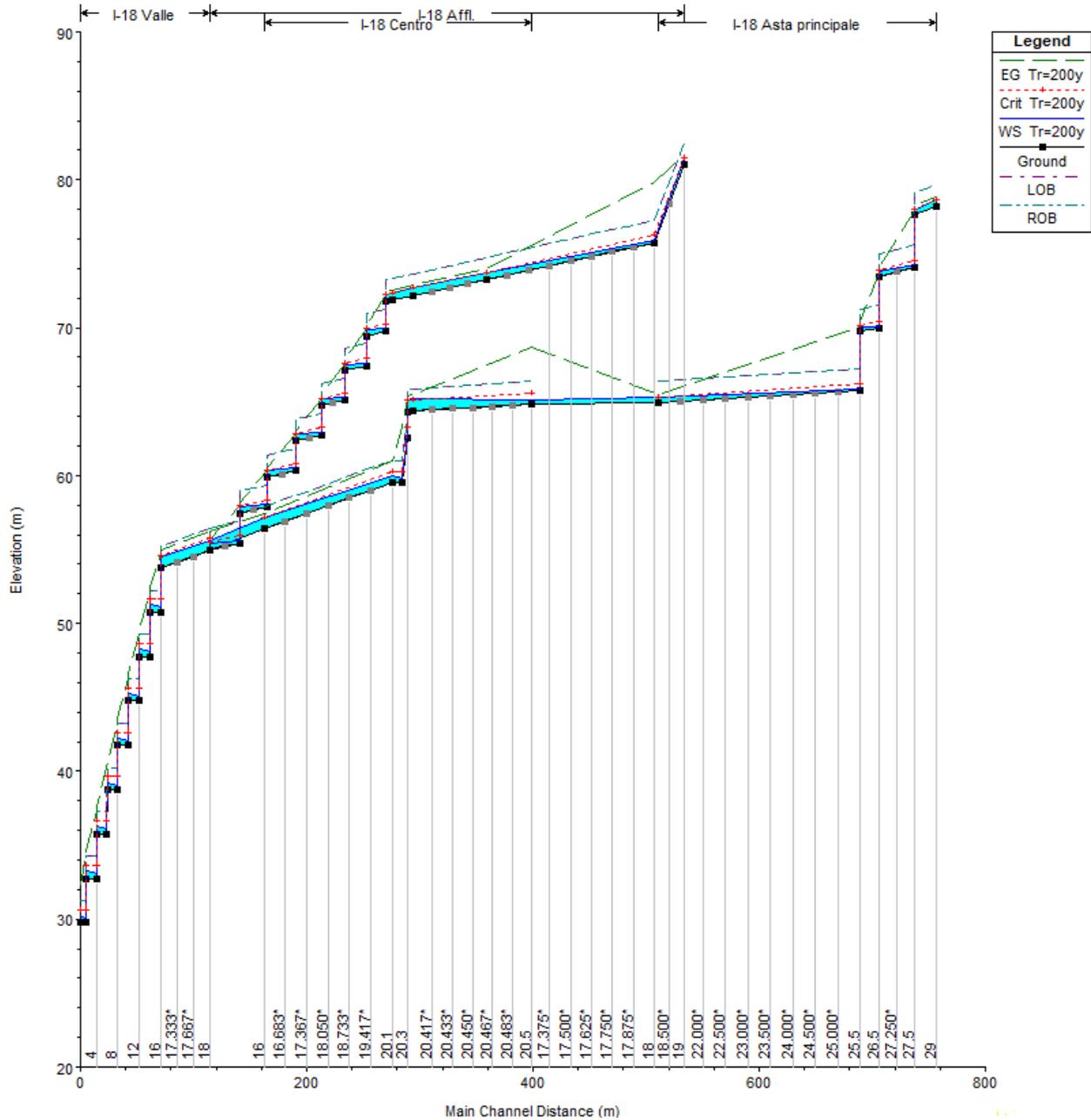


Figura 38 – Profilo I-18 per  $T_R=200y$ .

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002012	REV. A	FOGLIO 49 di 51
------------------	-------------	-------------------	------------------------	-----------	--------------------

River Sta	Dist (m)	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	ROB Elev (m)	W.S. Elev (m)	SF (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Froude #
33	19.58	2.12	78.19	79.69	78.62	1.07	78.62	0.017067	1.86	1.14	1.01
32	0.1	2.12	77.61	79.11	77.94	1.17	78.04	0.043477	2.57	0.83	1.56
31	30.9	2.12	74.11	75.61	74.22	1.39	74.54	1.635552	8.52	0.25	8.35
30	0.1	2.12	73.47	74.97	73.84	1.13	73.9	0.029039	2.23	0.95	1.29
29	16.9	2.12	69.97	71.47	70.09	1.38	70.4	1.606803	8.47	0.25	8.28
28	0.1	2.12	69.75	71.25	70.07	1.18	70.18	0.047254	2.64	0.8	1.62
27	178.6	2.12	65.75	67.25	65.86	1.39	66.18	1.972837	9.05	0.23	9.1
26	0	2.12	64.89	66.39	65.32	1.07	65.32	0.017065	1.86	1.14	1.01
25	105.22	7.53	64.86	66.36	65.12	1.24	65.61	0.541913	8.33	0.9	5.45
24	4.23	7.53	64.36	65.86	65.24	0.62	65.11	0.007972	1.96	3.83	0.76
23	0.1	7.53	64.33	65.83	65.08	0.75	65.08	0.014398	2.42	3.11	1.01
22	4.65	7.53	62.53	64.03	62.85	1.18	63.28	0.286879	6.75	1.11	4.06
21	9.4	7.53	59.53	61.03	59.8	1.23	60.28	0.53049	8.27	0.91	5.4
20	113.19	7.53	59.53	61.03	60	1.03	60.28	0.079891	4.39	1.71	2.24
19	48.31	7.53	56.38	57.88	57.12	0.76	57.13	0.015288	2.47	3.04	1.04
18	43	9.77	54.91	56.41	55.58	0.83	55.79	0.036085	3.62	2.7	1.57
17	0.1	9.77	53.75	55.25	54.52	0.73	54.63	0.022075	3.04	3.21	1.25
16	9.4	9.77	50.75	52.25	51.08	1.17	51.63	0.424913	8.4	1.16	4.97
15	0.1	9.77	50.75	52.25	51.29	0.96	51.63	0.08204	4.81	2.03	2.31
14	9.4	9.77	47.75	49.25	48.07	1.18	48.63	0.516206	8.96	1.09	5.44
13	0.1	9.77	47.75	49.25	48.26	0.99	48.63	0.095197	5.06	1.93	2.48
12	9.4	9.77	44.75	46.25	45.06	1.19	45.63	0.536515	9.07	1.08	5.54
11	0.1	9.77	44.75	46.25	45.26	0.99	45.63	0.097993	5.11	1.91	2.51
10	9.4	9.77	41.75	43.25	42.06	1.19	42.63	0.540877	9.1	1.07	5.56
9	0.1	9.77	41.75	43.25	42.26	0.99	42.63	0.098589	5.12	1.91	2.52
8	9.4	9.77	38.75	40.25	39.06	1.19	39.63	0.541863	9.1	1.07	5.56
7	0.1	9.77	38.75	40.25	39.26	0.99	39.63	0.098724	5.12	1.91	2.52
6	9.4	9.77	35.75	37.25	36.06	1.19	36.63	0.542016	9.1	1.07	5.56
5	0.1	9.77	35.75	37.25	36.26	0.99	36.63	0.098743	5.13	1.91	2.52
4	9.4	9.77	32.75	34.25	33.06	1.19	33.63	0.542113	9.1	1.07	5.56
3	0.1	9.77	32.75	34.25	33.26	0.99	33.63	0.098757	5.13	1.91	2.52
2	4.4	9.77	29.75	31.25	30.06	1.19	30.63	0.542072	9.1	1.07	5.56
1	0	9.77	29.75	31.25	30.17	1.08	30.63	0.197204	6.49	1.51	3.48

Tabella 12 – Tabella riassuntiva per le sezioni del ramo principale dell'I-15.

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA  
DEPOSITI MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI**

PROGETTO IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002012	REV. A	FOGLIO 50 di 51
------------------	-------------	-------------------	------------------------	-----------	--------------------

River Sta	Dist (m)	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	ROB Elev (m)	W.S. Elev (m)	SF (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Froude #
19	26.2	2.23	81	82.5	81.51	0.99	81.51	0.017031	1.94	1.15	1.01
18	148.96	2.23	75.77	77.27	75.91	1.36	76.27	1.362324	8.82	0.25	7.8
17	64.3	2.23	73.25	74.75	73.76	0.99	73.76	0.017028	1.94	1.15	1.01
16	19.08	2.23	72.16	73.66	72.66	1	72.67	0.018076	1.99	1.12	1.04
15	0.05	2.23	71.75	73.25	72.25	1	72.26	0.017535	1.96	1.14	1.02
14	17.5	2.23	69.75	71.25	69.94	1.31	70.26	0.600952	6.72	0.33	5.34
13	0.05	2.23	69.44	70.94	69.87	1.07	69.95	0.031767	2.43	0.92	1.35
12	19	2.23	67.44	68.94	67.62	1.32	67.95	0.615229	6.77	0.33	5.4
11	0.05	2.23	67.1	68.6	67.53	1.07	67.61	0.02983	2.37	0.94	1.31
10	20.5	2.23	65.1	66.6	65.28	1.32	65.61	0.612684	6.76	0.33	5.39
9	0.05	2.23	64.73	66.23	65.18	1.05	65.24	0.027742	2.31	0.96	1.27
8	22.5	2.23	62.73	64.23	62.92	1.31	63.24	0.610099	6.75	0.33	5.38
7	0.05	2.23	62.33	63.83	62.78	1.05	62.84	0.025434	2.24	0.99	1.22
6	25.5	2.23	60.33	61.83	60.52	1.31	60.84	0.608704	6.74	0.33	5.37
5	0.05	2.23	59.87	61.37	60.34	1.03	60.38	0.022755	2.16	1.03	1.15
4	24	2.23	57.87	59.37	58.06	1.31	58.38	0.605828	6.73	0.33	5.36
3	0.05	2.23	57.44	58.94	57.91	1.03	57.95	0.023926	2.2	1.02	1.18
2	27	2.23	55.44	56.94	55.63	1.31	55.95	0.60708	6.74	0.33	5.37
1	0	2.23	54.96	56.46	55.44	1.02	55.47	0.021633	2.12	1.05	1.13

*Tabella 13 – Tabella riassuntiva per le sezioni del ramo secondario dell'I-15.*

Le tabelle mostrano il rispetto del franco di sicurezza in ogni sezione dell'alveo.

## 6.4 Sito di Tovo San Giacomo

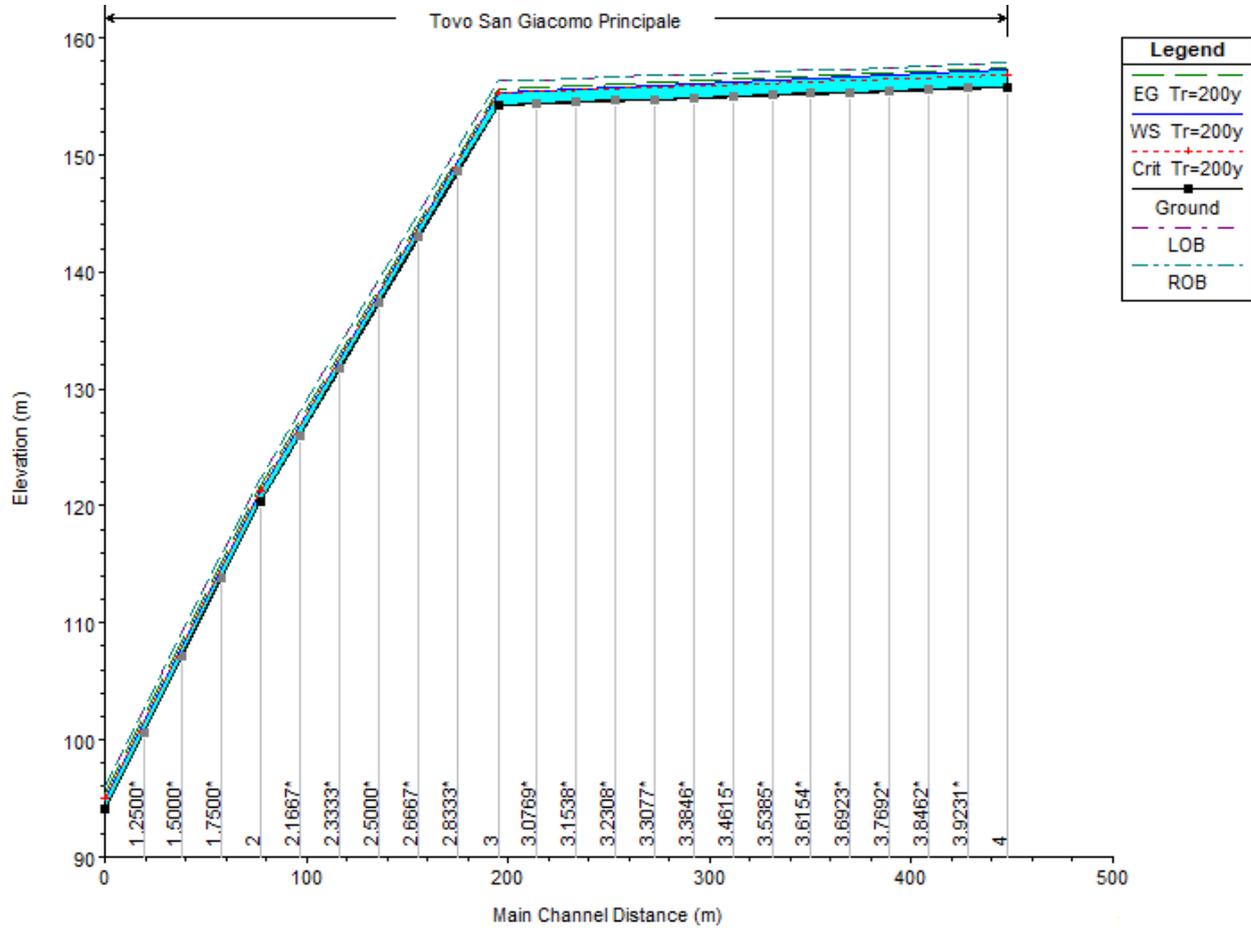


Figura 39 – Profilo "Tovo San Giacomo" per  $T_R=200y$ .

River Sta	Dist (m)	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	ROB Elev (m)	W.S. Elev (m)	SF (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Froude #
4	252.41	11.07	155.81	157.81	157.29	0.52	156.75	0.00358	1.42	7.77	0.45
3	118.08	11.07	154.28	156.28	155.22	1.06	155.22	0.020135	2.66	4.16	1.01
2	76.91	11.07	120.41	122.41	121.35	1.06	121.35	0.020143	2.66	4.16	1.01
1	0	11.07	94.04	96.04	94.98	1.06	94.98	0.020139	2.66	4.16	1.01

Tabella 14 – Tabella riassuntiva per le sezioni del sito di Tovo San Giacomo.

La tabella mostra il rispetto del franco di sicurezza in ogni sezione dell'alveo.