



Unione Montana Alto Canavese

Comuni di Forno Canavese, Rivara
Rocca Canavese, Levone, Pratiglione



INTERVENTI CONNESSI ALLA TUTELA E ALLA PRODUZIONE DELLE RISORSE IDRICHE
E DELLE RELATIVE ATTIVITÀ DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO
DELL'UNIONE MONTANA ALTO CANAVESE (ANNO 2018):

INTERVENTO 33 - DIFESE SPONDALE SUL TORRENTE LEVONA LUNGO VIA BARBANIA A VALLE DELLA FRAZIONE MARIETTA

OGGETTO

RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

TIMBRI E FIRME

SRIA
s.r.l.

STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI

VIA ROSOLINO PILO N.11 - 10143 - TORINO
TEL. +39 011 43 77 242 - FAX +39 011 48 31 038
info@sria.it
www.sria.it



dott. ing. Chiara AMORE
Ordine degli Ingegneri Provincia di Torino
Posizione n. 8304X
Cod. Fisc. MRA CHR 75D53 L219V




dott. ing. Luca MAGNI
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
Posizione n.10941V
Cod. Fisc. MGN LCU 81T27 F635F



CONTROLLO QUALITÀ

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	APR/2018
COD. LAVORO	318
TIPOL. LAVORO	D
SETTORE	S
N. ATTIVITA'	01
TIPOL. ELAB.	RI
TIPOL. DOC.	E
ID ELABORATO	03
VERSIONE	0

REDATTO

ing. Mirko TONDI

CONTROLLATO

ing. Luca MAGNI

APPROVATO

ing. Chiara AMORE

ELABORATO

03



INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GENERALE	4
2.1 ASSETTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE.....	4
2.2 INQUADRAMENTO CLIMATICO.....	5
3. ANALISI DELLA RETE IDROGRAFICA E DEI BACINI IMBRIFERI	7
3.1 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA	7
3.2 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI BACINI INDIVIDUATI	8
3.2.1 <i>Usa del suolo e capacità d’uso del suolo</i>	8
3.2.2 <i>Parametri di forma del bacino</i>	8
3.2.3 <i>Calcolo del tempo di corrivazione</i>	10
4. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI	12
4.1 DIFESE SPONDALI SUL T. LEVONA LUNGO VIA BARBANIA A VALLE DELLA F. MARIETTA	12
5. ANALISI IDROLOGICA	14
5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO	14
5.2 PLUVIOMETRIA DELL’AREA	14
5.3 CALCOLO DELLA PORTATA CON MODELLO NUMERICO.....	16
5.3.1 <i>Metodologia e input del modello</i>	16
5.3.2 <i>Calcolo del numero di curva adimensionale CN</i>	18
5.3.3 <i>Calcolo delle portate di piena</i>	19
6. ANALISI IDRAULICA	22
6.1 APPROCCIO METODOLOGICO	22
6.2 SINTESI DELLE PORTATE DI PROGETTO E VERIFICA	22
6.3 MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA.....	22
6.3.1 <i>Descrizione del codice numerico utilizzato</i>	22
6.3.2 <i>Dati di input</i>	24
6.3.3 <i>Modalità di presentazione dei risultati</i>	25
6.4 ANALISI DEI RISULTATI PER L’INTERVENTO 33	26
6.4.1 <i>Analisi dei principali risultati del modello idraulico funzionali al dimensionamento delle scogliere</i> ...	26
6.4.2 <i>Compatibilità idraulica delle difese in progetto – tratto di monte</i>	27
6.4.3 <i>Compatibilità idraulica delle difese in progetto – tratto di valle</i>	29
6.5 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI INDOTTI DA FENOMENI EROSIVI.....	30
6.5.1 <i>Verifica secondo l’analisi di moto incipiente</i>	31
6.5.2 <i>Metodologia proposta da Pilarczyk (1997)</i>	33
6.5.3 <i>Formulazioni empiriche di Neill e Bogardi</i>	35
6.5.4 <i>Conclusioni</i>	37



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: *Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone*



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – Carta dei bacini –

ALLEGATO 2 – Uso del suolo –

ALLEGATO 3 – Risultati del modello di simulazione numerica idraulica



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

1. PREMESSA

La presente relazione idrologico-idraulica è finalizzata alla determinazione dei principali parametri idrologici ed al calcolo delle portate per eventi pluviometrici parossistici relativi ai corsi d’acqua superficiali oggetto degli interventi di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (UMAC) nei Comuni di Rivara, Forno Canavese, Levone e Rocca canavese in Provincia di Torino.

I progetti comprendono la sistemazione o rifacimenti di attraversamenti, scogliere e stabilizzazione di piccoli movimenti franosi. Per una descrizione maggiormente dettagliata degli interventi in progetto si rimanda alla Relazione descrittiva e documentazione fotografica (Elaborato 01).

In particolare, il presente elaborato è parte integrante del Progetto Definitivo dell’*“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”*, intervento ritenuto prioritario e per questo stralciato dal progetto complessivo.

Il presente documento, a seguito di un’analisi dettagliata delle caratteristiche geomorfologiche, pedologiche e fisiografiche delle aree scolanti oggetto di studio, analizza dal punto di vista idrologico l’entità delle precipitazioni relative ad un evento pluviometrico parossistico impulsivo, fornendo le curve di possibilità pluviometriche riferite a tutto il bacino idrografico sino alla sezione di interesse per tempi di ritorno di 10, 20, 50,100 e 200 anni.

Applicando un metodo di trasformazione afflussi-deflussi, sono state successivamente determinate le portate idriche di piena per i tempi di ritorno di 20 e 100 anni, ritenuto più significativi per le verifiche e i dimensionamenti.

Nell’ambito del presente studio, è stata svolta un’analisi idrologico-idraulica relativa ai tre bacini che interessano i Torrenti Levona, Viana e Fandaglia in relazione alle sezioni di chiusura ubicate in corrispondenza degli interventi individuati lungo i tre corsi d’acqua e i loro affluenti.

È stata inoltre condotta un’analisi idraulica mediante modello numerico in moto permanente in alveo a sezione gradualmente variabile per il corretto dimensionamento e verifica degli interventi in progetto lungo l’alveo.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: *Comuni di Rivara, Pratiglione, Rocca C.se, Forno C.se e Levone*



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

2. INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 ASSETTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE

Il Territorio dell’Unione Montana Alto Canavese ricomprende cinque Comuni (Pratiglione, Rocca C.se, Levone, Rivara, Forno C.se) (Figura 1) e si può suddividere in n. 3 bacini idrografici: bacino del T. Levona, bacino del T. Viana e bacino del T. Gallenca.

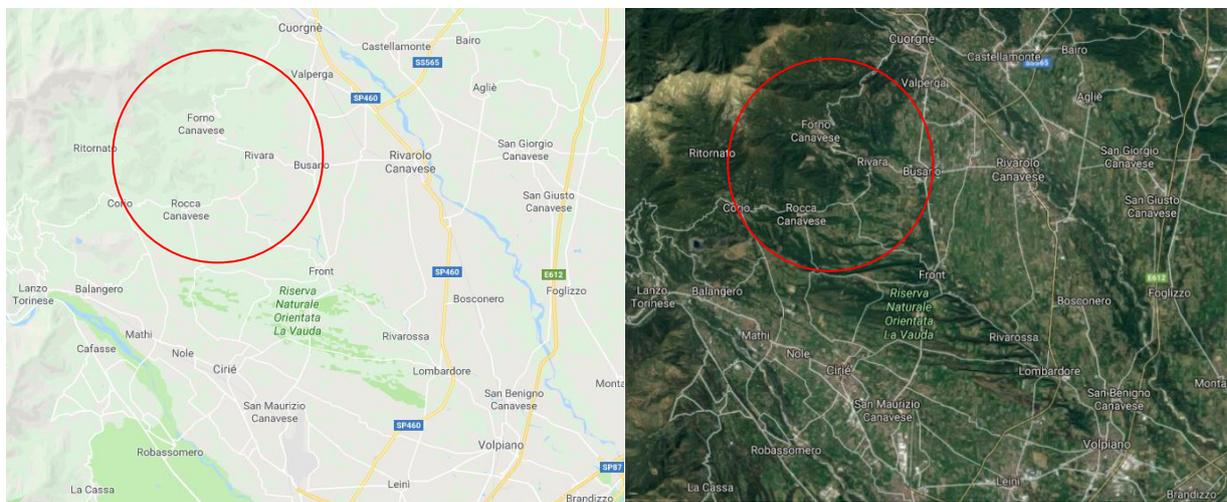


Figura 1 – Inquadramento geografico. L’area interessata dagli interventi è cerchiata in rosso.

In termini generali, la C. M. Alto Canavese si estende in posizione S – SE, adagiandosi sulle pendici antistanti l’imboccatura della Valle dell’Orco, nelle Alpi Graie. I confini del territorio passano lungo la cresta spartiacque del sistema comprendente il Monte Soglio, la Cima Mares e le Rocche di S. Martino, per scendere bruscamente in pianura nella zona di Cuorgnè. Confina a Nord con la Comunità Montana Valli Orco e Soana e con i comuni della Valle Sacra, ad Est con la pianura di Castellamonte, a Sud con i Comuni di Salassa, San Ponso, Busano e Barbania, ad Ovest con la Valle del Malone, nel territorio di Rocca Canavese. Il territorio ha altitudini comprese fra i 300 m circa del territorio di Rivara ed i 1970 del Monte Soglio.

La fascia pedemontana dell’Alto Canavese risulta di modesta estensione e si innesta bruscamente, dopo l’altura di Belmonte, con la Giogaia del Monte Soglio (1970 m), Cima Mares (1654 m) e delle Rocche di San Martino (1431 m), già parte integrante del sistema alpino. Essa inoltre è separata dalle Alpi Graie meridionali dal profondo solco tettonico – glacio-alluvionale percorso dal Torrente Gallenca.

Sotto l’aspetto geologico generale il territorio in esame è costituito da formazioni superficiali di età quaternaria, molto estese nel settore pedemontano e di pianura, che costituiscono localmente la copertura di un substrato litoido costituito da rocce di varia natura, diffusamente affiorante lungo i versanti e nelle incisioni torrentizie.



Progetto Definitivo

In particolare, l’intervento 33 (denominato OS004 con riferimento ai codici del precedente Piano di Manutenzione Ordinaria, PMO) è ubicato nel Comune di Rivara (TO) in corrispondenza del T. Levona lungo via Barbania, a valle della frazione Marietta, in un territorio pianeggiante (Figura 2).



Figura 2 – Ubicazione dell’intervento 133 – OS004. L’area interessata dagli interventi è cerchiata in rosso.

2.2 INQUADRAMENTO CLIMATICO

Dal punto di vista climatico il territorio della Comunità Montana Alto Canavese presenta un clima di fascia pedemontana e non presenta differenziazioni significative tali da essere indicative di specifiche variazioni tra un Comune e l’altro. È nel complesso definibile di tipo debolmente continentale con andamento equinoziale della piovosità.

L’andamento della piovosità denuncia infatti massimi in corrispondenza dei mesi di maggio ed ottobre con minimi nel mese di gennaio e luglio. Nel complesso i valori medi annui denunciano livelli di piovosità ben maggiori rispetto alla adiacente fascia alpina ed alla pianura torinese. I valori di piovosità variano fra i 1200 e 1300 mm (Tabella 1 e Figura 3).



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.

Progetto Definitivo

Tabella 1 - Precipitazioni e temperature medie suddivise per comune.

	COMUNI	QUOTA MEDIA	PRECIP. MEDIE ANNUALI	TEMP. MEDIE ANNUALI
1	Cuorgnè	696	1246,4	10,4
2	Canischio	843	1264,1	9,7
3	Forno	725	1256	10,2
4	Levone	352	1228,2	12
5	Pertusio	357	1226,6	12
6	Prascorsano	579	1245,7	11
7	Pratiglione	558	1256,8	11,1
8	Rivara	360	1229,6	12
9	S. Colombano	779	1254,8	10
10	Valperga	516	1242,2	11,3

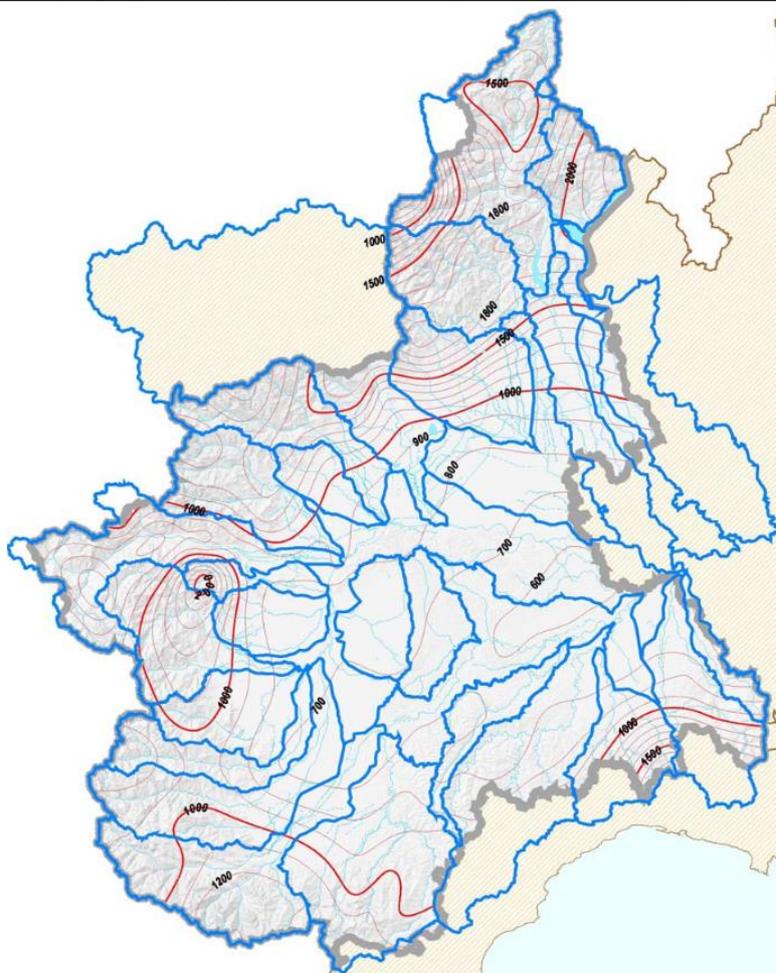


Figura 3 - Isoiete medie annue sul periodo 1995-2000, calcolate sui dati della rete meteo-climatica della Regione Piemonte.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone

“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.

Progetto Definitivo



3. ANALISI DELLA RETE IDROGRAFICA E DEI BACINI IMBRIFERI

3.1 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA

La posizione del territorio montano della Comunità e la sua scarsa estensione in profondità danno origine ad un piccolo complesso idrografico, che fa sostanzialmente capo alle pendici del monte Soglio, da cui traggono origine da sorgenti i due torrenti principali: il Gallenca e il Viana, i cui sistemi vallivi sono stati creati dall’intervento sia dei movimenti orogenetici, che dall’azione erosiva delle acque. Entrambi i torrenti captano nei loro bacini una fitta rete di ruscelli che ne potenziano la portata. Affluiscono nell’Orco il Gallenca e nel Malone il Viana.

Alle estremità laterali di questi bacini, scende all’Orco dalle Rocche di San Martino il rio Forcale, che fu per lungo tempo la fonte di approvvigionamento idrico di Cuorné, e, da un valloncello del Monte Soglio, il torrente Levona che è affluente del Viana. Mentre dalle pendici sud orientali del Piano di Rossa (1307m) scende il Rio Fandaglia affluente del T. Malone in sinistra idrografica.

I bacini in oggetto risultano posizionati sulla sponda orografica destra del Torrente Orco a sud di Cuorné, e sono delimitati a nord dal bacino del T. Orco e appartengono al sottobacino del T. Malone (Area Idrografica AI13-Malone).

Il sottobacino del T. Levona ha una superficie totale di 3.154 ha, si sviluppa nel settore centrale dell’arco alpino piemontese ed è delimitato a NE dalla cresta spartiacque con la Valle del T. Viana e verso SW con la valle del T. Malone.

La valle presenta un andamento planimetrico approssimativamente WSW-ENE per una lunghezza complessiva di circa 10 km. Nel bacino del T. Levona confluiscono una serie di tributari minori che drenano i rilievi della fascia spartiacque con il T. Malone.

La cima più elevata è la Testa Brusa a quota 1351 m s.l.m., mentre la parte bassa del sottobacino si estende nei Comuni di Rivara e Levona ad una quota media di 300 m s.l.m.

Il corso d’acqua principale mostra un andamento planimetrico pressoché costante e parallelo a quello del vicino T. Viana, mediamente orientato NW-SE con senso di deflusso verso SE attraversando la fascia montana/pedemontana ed un tratto di alta pianura canavesana.

Il sottobacino del T. Viana ha una superficie totale di 3.811 ha, si sviluppa nel settore centrale dell’arco alpino piemontese ed è delimitato a nord dalla cresta spartiacque con la Valle del T. Gallenca e verso meridione con la valle del T. Levona e del T. Malone.

La valle presenta un andamento planimetrico approssimativamente WSW-ENE per una lunghezza complessiva di circa 12 km. Nel bacino del T. Viana confluiscono inoltre una serie di tributari minori che drenano i modesti rilievi della fascia pedemontana compresa tra i comuni di Valperga, Pertusio e Pratiglione. Il corso d’acqua principale mostra un andamento planimetrico pressoché costante e mediamente orientato NW-SE con senso di deflusso verso SE attraversando la fascia montana/pedemontana ed un tratto di alta pianura canavesana.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

Il sottobacino del T. Fandaglia ha una superficie totale di 1990 ha ed è delimitato a nord dalla cresta spartiacque del T. Malone. Il corso d’acqua presenta un andamento planimetrico approssimativamente W-E con deflusso verso est, per una lunghezza complessiva di circa 17 km. Nel bacino del T. Fandaglia confluiscono in sinistra una serie di tributari che drenano la zona di Rocca Canavese come il Rio del Crot, Rio Caporale e Rio delle Tessere, mentre in destra idrografica non si rilevano affluenti di rilievo poiché i rii esistenti confluiscono direttamente nel t. Malone.

In particolare, poiché l’intervento in oggetto (I33 – OS004) interessa il T. Levona ed è ubicato nel Comune di Rivara (TO), la successiva analisi idrologica e idraulica sarà mirata esclusivamente all’analisi del suddetto bacino.

3.2 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI BACINI INDIVIDUATI

I limiti dei bacini idrografici oggetto d’indagine sono stati tracciati con riferimento alla sezione d’interesse oggetto d’intervento. In Allegato 1 si riporta la delimitazione dei bacini idrografici presi in considerazione con la rispettiva codifica e sezione di chiusura.

Il presente documento costituisce l’analisi idrologico-idraulica relativa esclusivamente alla progettazione dell’intervento numero 33 con codice distintivo OS004, tuttavia nell’ambito del medesimo bacino di pertinenza sono stati individuati altri interventi, attualmente in fase di progettazione, ed è per tale motivo che il bacino del T. Levona presenta molteplici sezioni di chiusura. Il presente elaborato ha mantenuto la caratterizzazione di tutti i sottobacini definiti per coerenza rispetto all’analisi complessiva svolta, ma **si evidenzia che per le opere in oggetto occorre fare riferimento al sottobacino n. 4 – T- Levona – S20.**

3.2.1 Uso del suolo e capacità d’uso del suolo

Per quanto concerne gli aspetti pedologici, facendo riferimento alla *“Carta della capacità d’uso dei suoli e delle loro limitazioni”* della Regione Piemonte (I.P.L.A., 1982), nel settore di versante si possono riconoscere suoli appartenenti alle classi IV e VI, dove le limitazioni sono riconducibili alla pendenza, mentre i territori pianeggianti sono costituiti dalla classe III dove la profondità utile delle radici delle piante costituisce il fattore limitante.

Dal punto di vista dell’uso del suolo il territorio di interesse è caratterizzato per la maggior parte da superficie boscata e a seguire prati stabili e zone dedicate ad attività agricole. In ALLEGATO 2 si riporta l’uso del suolo suddiviso per i bacini individuati.

3.2.2 Parametri di forma del bacino

La sezione di chiusura individuata è ubicata sul T. Levona in corrispondenza delle aree d’intervento in oggetto al fine di svolgere un’analisi idrologico-idraulica specifica per il dimensionamento delle opere previste.

Il bacino sotteso è costituito dal contributo di In Tabella 2 si riporta l’elenco dei bacini individuati, la superficie complessiva e il numero dell’intervento localizzato nei pressi della sezione di chiusura.



Progetto Definitivo

Tabella 2 – Sezioni di chiusura considerati e i relativi bacini idrografici.

n.	Nome bacino	Sezione chiusura	Superficie [km ²]	Intervento relativo
3	T. Levona	S10	16,72	Chiusura bacino
4	T. Levona	S20	15,44	33
5	T. Levona	S30	6,92	23
6	T. Levona	S40	6,45	22
7	T. Levona	S50	3,36	40
8	R. Margaula	S10	0,92	13

Nella valutazione dei parametri morfologici in grado di caratterizzare la conformazione del bacino si è valutata, oltre all’area S, anche il perimetro P. I bacini principali hanno forma allungata in direzione nord-ovest sud-est. I rapporti tra i parametri fisiografici di un bacino idrografico costituiscono un’indicazione sintetica e quantitativa della forma del bacino stesso; si definiscono quindi i seguenti coefficienti di forma, introducendo il diametro D e il perimetro C corrispondenti ad un bacino di forma circolare avente la stessa estensione S del bacino in esame:

$$F_1 = \frac{L}{D} = \frac{L}{\sqrt{4S/\pi}} = 0,89 \frac{L}{\sqrt{S}}$$

$$F_2 = \frac{P}{C} = \frac{P}{\sqrt{2\sqrt{S}\pi}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Nella Tabella 3 sono riportati i parametri di forma calcolati per i sottobacini considerati: entrambi i valori di F sono superiori all’unità, indicando quindi una morfologia tendenzialmente allungata.

Tabella 3 – Parametri di forma

n.	Nome bacino	Superficie [km ²]	Perimetro [km]	Lunghezza [km]	F1	F2
3	T. Levona – S10	16,72	21,02	10,38	2,26	1,44
4	T. Levona – S20	15,44	20,58	10,08	2,28	1,47
5	T. Levona – S30	6,92	14,16	6,85	2,32	1,51
6	T. Levona – S40	6,45	12,60	5,96	2,09	1,39
7	T. Levona – S50	3,36	8,52	2,80	1,36	1,30
8	R. Margaula	0,92	6,19	2,74	2,54	1,81



Progetto Definitivo

3.2.3 Calcolo del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione dipende da numerosi fattori (geologici, morfologici, planimetrici, idrologici, di copertura del suolo,...), di cui è difficile tener conto: si fa, pertanto, ricorso a formule empiriche, che esprimono il legame con alcune grandezze caratteristiche del bacino. Nel presente studio è stato definito il tempo di corrivazione relativo ai sottobacini individuati, facendo ricorso a differenti formulazioni adatte alla tipologia di bacino considerata. Verificata la coerenza dei valori ottenuti, al bacino è stato associato il valore medio dei tempi di corrivazione così calcolati.

Si riportano di seguito le formulazioni utilizzate nel presente studio:

1. La formulazione di Pasini per bacini di superficie < 40 km²:

$$T_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{i_f}}$$

dove:

- T_c = tempo di corrivazione (ore);
- S = superficie del sottobacino (Km²);
- L = lunghezza dell’asta principale (Km);
- i_f = pendenza caratteristica dell’asta principale (m/m);

2. La formulazione proposta Pezzoli (per bacini < 20 km²):

$$T_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_f}}$$

dove:

- T_c = tempo di corrivazione (ore);
- L = lunghezza dell’asta principale (Km);
- i_f = pendenza caratteristica dell’asta principale (m/m);

3. La formulazione proposta da Ventura (per bacini < 40 km²):

$$T_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{i_f}}$$

- T_c = tempo di corrivazione (ore);
- S = superficie del sottobacino (Km²);
- i_f = pendenza caratteristica dell’asta principale (m/m);



Progetto Definitivo

4. La formulazione di Kirpich (per bacini < 10 km²):

$$T_c = 0,066 \cdot L^{0,77} \cdot \left(\frac{1000 \cdot L}{h_{max} - h_{min}} \right)^{0,385}$$

T_c = tempo di corrivazione (ore);

L = lunghezza dell’asta principale (Km);

h_{max} = quota massima dell’asta principale (m);

h_{min} = quota sezione di chiusura (m);

5. Formulazione di Merlo

$$T_c = \alpha \frac{L}{\sqrt{i_f}} \left(\frac{S}{L^2} \cdot \frac{\sqrt{i_f}}{\sqrt{i_v}} \right)^{0,72}$$

dove:

T_c = tempo di corrivazione (ore);

S = superficie del sottobacino (Km²);

L = lunghezza dell’asta principale (Km);

i_f = pendenza caratteristica dell’asta principale (m/m);

i_v = pendenza media dei versanti (m/m);

α = parametro empirico.

Per l’utilizzo delle precedenti formule, è necessario determinare i parametri morfologici necessari, vale a dire la superficie, la lunghezza dell’asta fluviale tra la quota della sezione iniziale e quella finale di chiusura del bacino, la pendenza dell’asta principale. Valutate le ipotesi alla base dei diversi metodi applicati, si è ritenuto ragionevole utilizzare per i calcoli successivi il valore medio corretto delle formulazioni analizzate, calcolato decurtando i valori massimo e minimo (rispettivamente Merlo e Kirpich), che peraltro risulta assimilabile al valore medio.

I valori dei tempi di corrivazione per i bacini individuati sono riportati in Tabella 4.

Tabella 4 – Calcolo del tempo di corrivazione per i bacini considerati alle differenti sezioni di chiusura.

Bacino	Pasini (h)	Pezzoli (h)	Ventura (h)	Merlo (h)	Kirpich (h)	Media (h)	Media corretta (h)
3 - T. Levona - S.10	2,26	2,15	1,95	3,21	1,11	2,14	2,12
4 - T. Levona - S.20	2,16	2,06	1,85	3,06	1,07	2,04	2,02
5 - T. Levona - S.30	1,23	1,18	1,05	1,67	0,70	1,17	1,15
6 - T. Levona - S.40	1,08	0,97	0,96	1,67	0,60	1,06	1,01
7 - T. Levona - S.50	0,55	0,37	0,56	1,43	0,29	0,64	0,49
8 - R. Margaula	0,54	0,55	0,45	0,60	0,39	0,51	0,51



4. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI

4.1 DIFESE SPONDALI SUL T. LEVONA LUNGO VIA BARBANIA A VALLE DELLA F. MARIETTA

L’intervento consiste nella realizzazione di due tratti di scogliera in massi cementati lungo la sponda sinistra del T. Levona a valle della frazione Marietta, in quanto lungo via Barbania il corso d’acqua manifesta una tendenza alla divagazione con l’instaurarsi di processi erosivi lungo la sponda fino a compromettere il transito in sicurezza lungo la viabilità comunale a causa del progressivo scalzamento al piede del sedime stradale.

Il tratto di valle prevede la prosecuzione della scogliera esistente con analoga tipologia e sezione, mentre il tratto a monte risulta attualmente non protetto da alcuna difesa spondale e per questo manifesta fenomeni erosivi più marcati.

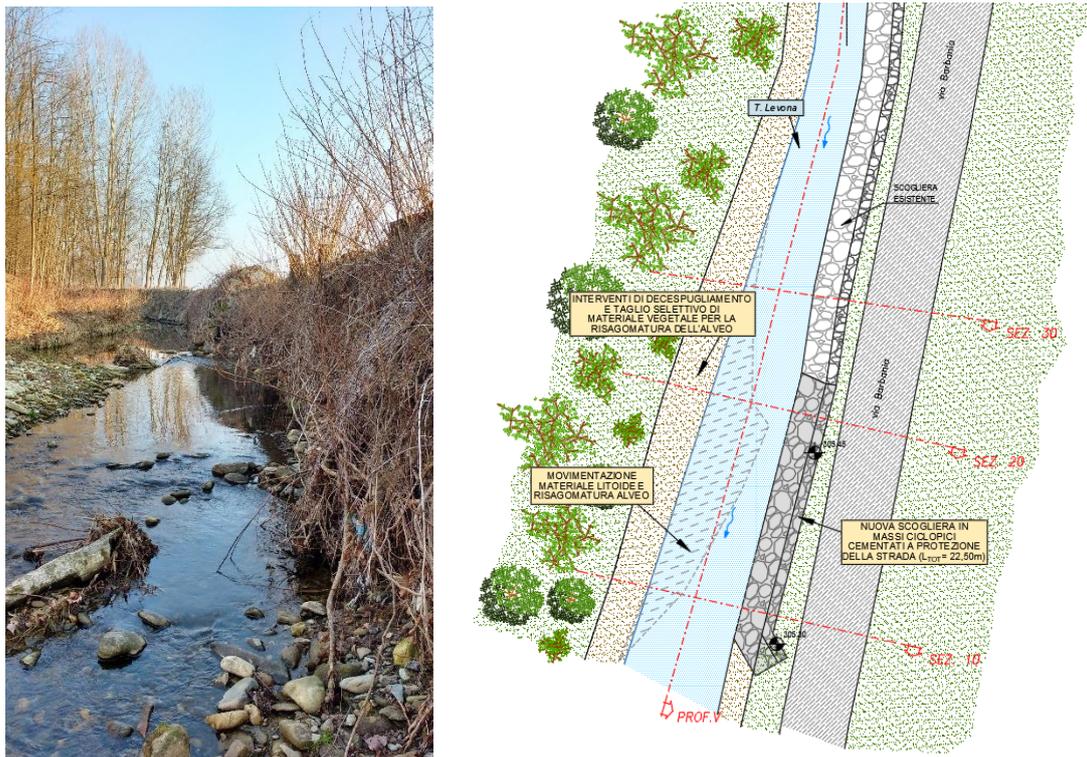


Figura 4 – Stralcio planimetrico e immagine fotografica dell’area di intervento – tratto di valle.

L’intervento di valle consiste nella realizzazione di una scogliera in massi ciclopici cementati per una lunghezza di circa 22 m in prosecuzione dell’esistente. L’altezza della difesa è stata definita al fine di contenere i livelli di piena per Tr 100 anni, prevedendo un adeguato approfondimento della base di fondazione al fine di evitare problematiche di scalzamento. I criteri progettuali sono definiti nella relazione descrittiva alla quale si rimanda per opportuni approfondimenti.



Progetto Definitivo

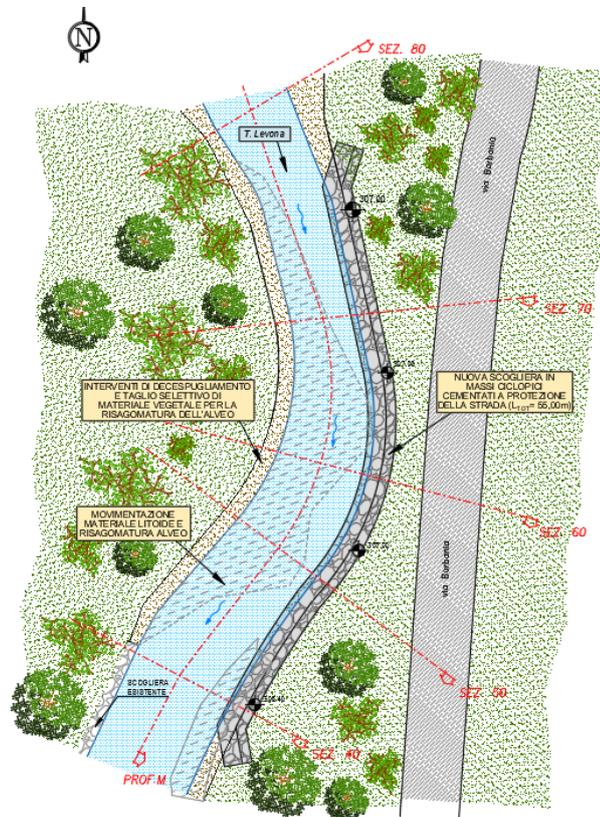


Figura 5 - Stralcio planimetrico e immagine fotografica dell'area di intervento – tratto di monte.

L'intervento di monte consiste nella realizzazione di una scogliera in massi ciclopici cementati per una lunghezza di circa 55 m e parziale rettifica della linea di sponda con riprofilatura della sezione di deflusso e asportazione del materiale in alveo. Anche in questo caso, analogamente al caso precedente, l'altezza della difesa è stata definita al fine di contenere i livelli di piena per Tr 100 anni, prevedendo un adeguato approfondimento della base di fondazione al fine di evitare problematiche di scalzamento. I criteri progettuali sono definiti nella relazione descrittiva alla quale si rimanda per opportuni approfondimenti.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

5. ANALISI IDROLOGICA

Per poter definire le portate di progetto e di verifica idraulica degli interventi, è necessario condurre un’analisi pluviometrica dell’area e successivamente, con un adeguato modello di trasformazione afflussi-deflussi, definire la portata di progetto per un adeguato tempo di ritorno.

5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO

La valutazione del regime idrologico dell’area d’interesse è stata condotta facendo riferimento alla metodologia elaborata dall’ARPA PIEMONTE – Atlante delle piogge intense.

Il servizio consente di ricavare in un qualsiasi punto del territorio regionale le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno per le durate da 10 minuti a 24 ore che rappresentano lo strumento essenziale nella progettazione idraulica e nella valutazione probabilistica delle portate di piena. L’analisi statistica ha utilizzato tutta la base dati disponibile comprensiva delle stazioni storiche del Servizio Idrografico e Mareografico nazionale in funzione dal 1913 al 2002 e delle stazioni della rete regionale realizzata a partire dal 1987. Ai bacini individuati è stato quindi applicato tale sistema statistico di regionalizzazione. Le curve di possibilità pluviometrica definiscono i parametri idrologici per l’applicazione del metodo afflussi-deflussi mediante il quale, note le caratteristiche idrologiche dei bacini, si ricavano per assegnato tempo di ritorno i valori delle portate di piena.

5.2 PLUVIOMETRIA DELL’AREA

Lo scopo principale dell’analisi idrologica è quello di determinare l’entità delle massime portate di deflusso per l’area oggetto di studio, in particolare in riferimento ad eventi meteorici intensi di breve durata.

La metodologia permette di selezionare graficamente l’area del bacino di interesse e scaricare i dati caratteristici di ogni maglia in tabelle rappresentative per la successiva elaborazione numerica. Le maglie hanno dimensione areale pari a 1000x1000 m, ad ogni quadrato del reticolo sono assegnati i valori di a , n e K_t caratteristici e per i quali utilizzando le formule elaborate nella metodologia è possibile calcolare dei valori di a , $n = f(TR)$ rappresentativi del bacino analizzato.

Un esempio grafico della maglia utilizzabile nel webgis dell’atlante delle piogge intense è riportata in Figura 6.



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell'Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.

Progetto Definitivo

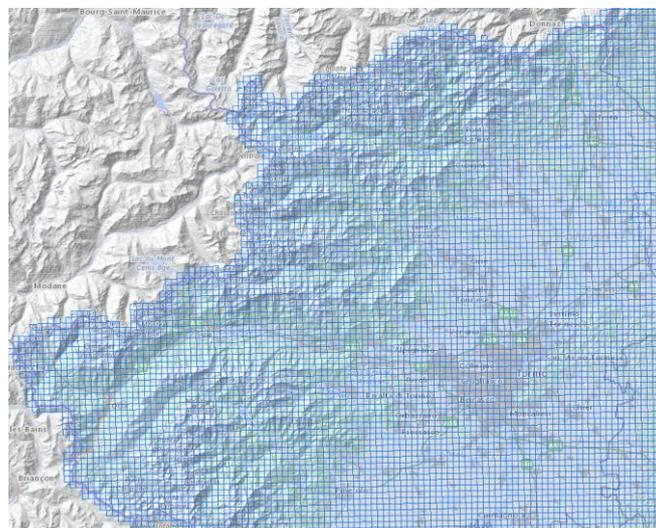


Figura 6 – Maglie della rete dell'Atlante delle Piogge – Arpa Piemonte

Le elaborazioni statistiche effettuate nella metodologia proposta da Arpa Piemonte consentono, per assegnato valore del tempo di ritorno, di ricavare per ciascun bacino la curva di massima possibilità pluviometrica, rappresentata dalla funzione:

$$h = a \cdot t^n$$

avendo indicato con

- h(mm) altezza della pioggia;
- t (ore) tempo di pioggia;
- a (mm) massima precipitazione di durata 1 ora (funzione di Tr);
- n (-) esponente in funzione di Tr.

È stato quindi possibile, valutare il valore assunto dal coefficiente a e dall'esponente n per i bacini individuati, utilizzando la metodologia sopra esposta. In Tabella 5 si riportano i risultati ottenuti.

Tabella 5 – Valori di a ed n relativi ai bacini considerati.

	Tempo di ritorno in anni						
	2	5	10	20	50	100	200
a	34,34	46,93	55,28	63,28	76,63	81,42	89,14
n	0,397	0,397	0,397	0,397	0,397	0,397	0,397

Sono quindi state calcolate le portate sulla base della curva di possibilità pluviometrica relativa al Tr 20 e Tr 100.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

5.3 CALCOLO DELLA PORTATA CON MODELLO NUMERICO

5.3.1 Metodologia e input del modello

Uno dei metodi più utilizzati per calcolare le portate di piena relative ad una sezione di un corso d’acqua consiste nel fare riferimento ai dati pluviometrici ed elaborare statisticamente gli stessi, ricavando la portata con il metodo della corrivazione o con altri metodi indiretti di trasformazione degli afflussi in deflussi. La trasformazione afflussi-deflussi si basa appunto su modelli numerici che consentono di passare dal dato di precipitazione al dato di portata, dove evidentemente devono entrare in gioco aspetti morfologici, dati di infiltrazione, ruscellamento, evaporazione ecc.

Per il calcolo delle portate, e quindi per la stima dei prevedibili volumi liquidi legati ad un prescelto tempo di ritorno, si è utilizzato in particolare un approccio di tipo modellistico che consente, una volta definita la precipitazione di progetto, di calcolare le portate defluenti alla sezione che sottende il bacino in esame mediante la simulazione dei complessi fenomeni di trasformazione afflussi-deflussi.

Il software utilizzato, derivato dal noto codice di calcolo americano HEC-HMS “*Flood Hydrograph Package*” sviluppato dall’*Hydrologic Engineering Center* dell’U.S. *Army Corps of Engineers*, consente mediante un’opportuna schematizzazione del reticolo idrografico in una serie di componenti idrologicamente interconnessi tra loro ed un’attenta definizione delle caratteristiche geometriche e di permeabilità del bacino, il calcolo degli idrogrammi di deflusso che competono a particolari eventi meteorici registrati.

La pioggia di progetto utilizzata ha uno ietogramma con andamento triangolare detto “di Chicago”, il tempo di ritorno viene assegnato a priori, così come anche la durata t_p dell’evento critico che generalmente è maggiore o uguale al tempo di corrivazione del bacino in studio. L’intensità della pioggia che si ricava non è costante nel tempo in quanto lo ietogramma presenta un picco di intensità da fissare a priori generalmente in funzione del procedimento di trasformazione afflussi-deflussi prescelto.

Nell’introdurre questa pioggia di progetto i due ideatori si sono basati sulla constatazione che la portata al colmo della piena prodotta da un evento di pioggia dipende in modo essenziale dal volume di pioggia caduto nell’intervallo di tempo in cui l’intensità è massima, da quello caduto in precedenza e dalla posizione del picco dell’intensità nello ietogramma.

Si ricava in tal modo uno ietogramma che si basa sul criterio concettuale del rispetto della curva di possibilità climatica nella sua interezza: la massima intensità media di precipitazione per ciascuna durata coincide con il valore ricavato dalla curva di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno.

Seguendo il procedimento di calcolo si sono ricavati, per i tempi di ritorno prescelti, gli ietogrammi (Figura 7), relativi ad un evento ipotetico con durata pari ad almeno due volte il tempo di corrivazione del bacino, ma con una intensità variabile per tutto il periodo di precipitazione.

Come tempo di corrivazione è stato considerato il tempo massimo calcolato per i bacini individuati (Tabella 4).



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.

Progetto Definitivo

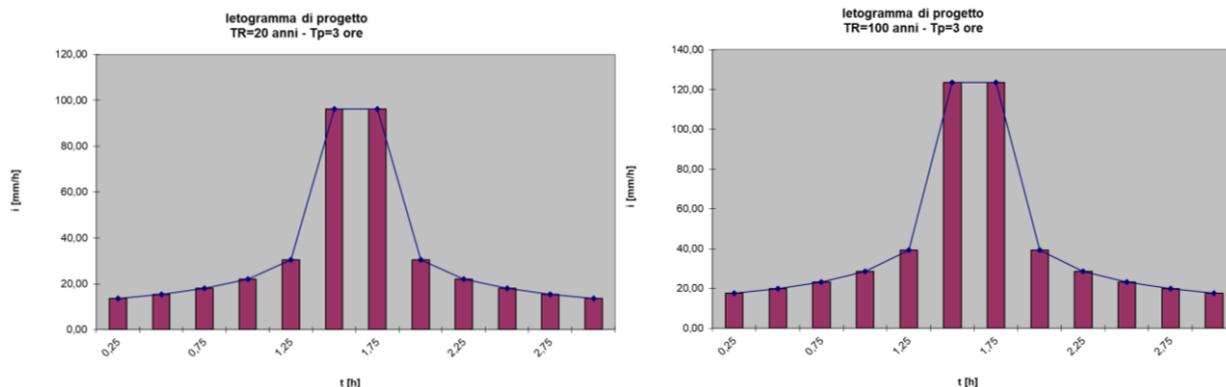


Figura 7 – Ietogramma Chicago definito in base ai coefficienti a ed n per Tr20 e Tr100 ed un tempo di pioggia pari 3h.

Il calcolo della quota parte di precipitazioni perse in depressioni superficiali, intercettazione, evapotraspirazione, infiltrazione può essere invece eseguito utilizzando metodi diversi che richiedono la conoscenza di vari dati di ingresso spesso di difficile definizione, quali la specificazione della percentuale d’area di sottobacino impermeabile (*percent impervious area*), per la quale il codice di calcolo non tiene conto di nessuna perdita, e molti altri parametri di difficile determinazione quali le perdite iniziali e a regime o l’umidità e la conduttività idraulica del terreno per citarne solo alcuni.

Il metodo del *Soil Conservation Service* Statunitense richiede la conoscenza del valore della perdita iniziale di pioggia (*Initial abstraction*) e del numero di curva adimensionale *CN* (*Curve Number*) definito dal *Soil Conservation Service* sulla base di numerosi dati raccolti con campagne di misure in campo. Spesso però, per la necessità di semplificazione o per la difficoltà che si incontra nel definire i vari parametri, le perdite vengono considerate facendo riferimento ad un’unica equazione nonostante esistano numerosi metodi per il calcolo delle singole quote da attribuire a ciascun fenomeno. La ragione di tale semplificazione risiede nel fatto che le leggi che governano i singoli fenomeni fisici non sono tuttora ben conosciute e risulta pertanto molto difficile individuare i confini di competenza di ciascun processo.

Nel caso in studio il calcolo della quota parte di precipitazioni perse nel bacino è stato eseguito con il metodo *SCS curve number*. I parametri necessari sono due ed il numero di curva adimensionale può essere valutato noti l’uso e la litologia del suolo (§ 5.3.2).

Di più difficile determinazione è invece la stima della perdita di pioggia I_a che si ha all’inizio dell’evento meteorico, perché è funzione delle caratteristiche geologiche e di saturazione del terreno stesso; tuttavia tale parametro può essere calcolato, in funzione di *CN* sulla base di numerosi dati raccolti con campagne di misure in campo, secondo la relazione proposta:

$$I_a = 0,2 \frac{(1000 - 10CN)}{CN}$$



5.3.2 Calcolo del numero di curva adimensionale CN

Il numero di curva adimensionale *CN* è un indice di ritenzione potenziale del suolo, che dipende dalla pedologia, dal tipo e grado di copertura del suolo e dal grado di umidità iniziale del terreno. Tale indice ha un valore compreso tra 0 e 100 e, per la sua determinazione, il *Soil Conservation Service* propone delle classificazioni, in modo da far rientrare la zona esaminata in una determinata categoria e ricavare da opportune tabelle il valore di *CN* corrispondente.

I terreni che costituiscono i bacini in esame devono essere ricondotti ad una delle quattro classi litologiche (Tabella 6). Dall’analisi geolitologica del terreno e dalla carta geologica nazionale emerge come il tessuto geologico sia caratterizzato da gneiss e micascisti nelle zone di versante e alluvioni antiche e recenti procedendo verso valle e i centri abitati di Rivara e Levona, inoltre è presente una copertura su quasi la totalità dell’area interessata. Ai fini della determinazione del *CN* è indispensabile considerare il ricoprimento superficiale. Si è quindi scelto di assegnare una classe C alle superfici di versante, mentre la zona pianeggiante posta nell’area di valle del bacino del T. Levona è caratterizzato da alluvioni antiche e pertanto ricadente nella classe B.

Tabella 6 - Gruppi idrogeologici assegnabili ai diversi litotipi

Classe	Tipologia di terreno
A	Accumuli di frana da crollo
B	Depositi da debris flow, alluvioni antiche, depositi colluviali, depositi gravitativi di falda e conoide, depositi glaciali di ablazione e indifferenziati
C	Depositi colluviali, prodotti colluviali
D	Calcarei dolomitici, serpentiniti, calcescisti, micascisti, gneiss indifferenziati, metabasiti

Si sono quindi calcolate, in funzione della carta dell’uso del suolo, le superfici afferenti a ciascuna classe d’uso, provvedendo (Allegato 2), conseguentemente, all’attribuzione parziale del *CN* caratteristico.

La categoria a cui fare riferimento si può individuare in base alla precipitazione totale dei 5 giorni precedenti quello dell’evento di pioggia e in base alla stagione (vegetativa o non vegetativa), come riportato nella Tabella 4.

Tabella 7 – Condizioni di umidità in funzione della precipitazione antecedente.

AMC	Precipitazione antecedente di 5 gg l’evento	
	Stagione di riposo (mm)	Stagione vegetativa (mm)
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 – 27,9	35,6 – 53,3
III	> 27,9	> 53,3



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

Il CN viene calcolato come media pesata, considerando come pesi le percentuali areali di ciascuna classe d’uso del suolo, riferendosi ad un grado di umidità iniziale del terreno prima che si verifichi l’evento meteorico di tipo II, cioè a un terreno umido.

È possibile prendere in considerazione anche situazioni di umidità del terreno all’inizio della precipitazione diversa da quella media; il metodo, infatti, classifica le condizioni di umidità in tre categorie:

- ✓ AMC I: potenziale di scorrimento superficiale minimo; i suoli del bacino sono sufficientemente asciutti da permettere un’aratura o coltivazione soddisfacente;
- ✓ AMC II: condizione media;
- ✓ AMC III: potenziale di scorrimento superficiale massimo; il bacino è stato praticamente saturato dalle piogge precedenti.

I valori di CN corrispondenti alla categoria AMC I e AMC III si possono ricavare dal valore di CN che corrisponde alla categoria AMC II per mezzo delle seguenti relazioni (Chow et al., 1988), dove α e β sono coefficienti sperimentali noti:

$$CN(I) = \frac{\alpha \cdot CN(II)}{10 - \beta \cdot CN(II)} \quad , \quad CN(III) = \frac{\alpha \cdot CN(II)}{10 + \beta \cdot CN(II)} ;$$

Pertanto al termine delle elaborazioni svolta risulta:

- CN= 70 (condizioni AMCII) per il bacino del T. Levona.

5.3.3 Calcolo delle portate di piena

Il modello di calcolo HEC-HMS consente di calcolare le portate di piena alla sezione di chiusura evidenziando tutti i contributi derivanti dai sottobacini afferenti. Al fine di impostare una modellazione appropriata al livello di complessità del territorio sono stati caratterizzati tre sottobacini che con i loro apporti costituiscono la portata di piena defluente alla sezione di chiusura S10 del bacino numero 3 del T. Levona:

- 5 – T. Levona – S30 (comprende il territorio di monte fino alla sezione di chiusura S30 sul T. Levona);
- 8 – R. Margaula (comprende il bacino relativo al R. Margaula);
- T. Levona – valle (comprende il contributo derivato dalla zona di valle del bacino del T. Levona dalla sezione S30 alla S10.

I risultati del modello sono riportati in Tabella 8 e nelle Figura 8 e Figura 9.



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.

Progetto Definitivo

Tabella 8 – Portate di piena calcolate col metodo afflussi – deflussi per i diversi tempi di ritorno.

Bacino	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
3 - T. Levona - S10	69.5	112.1
5 - T. Levona - S30	41.8	66.1
8 - R. Margaula	8.0	12.7

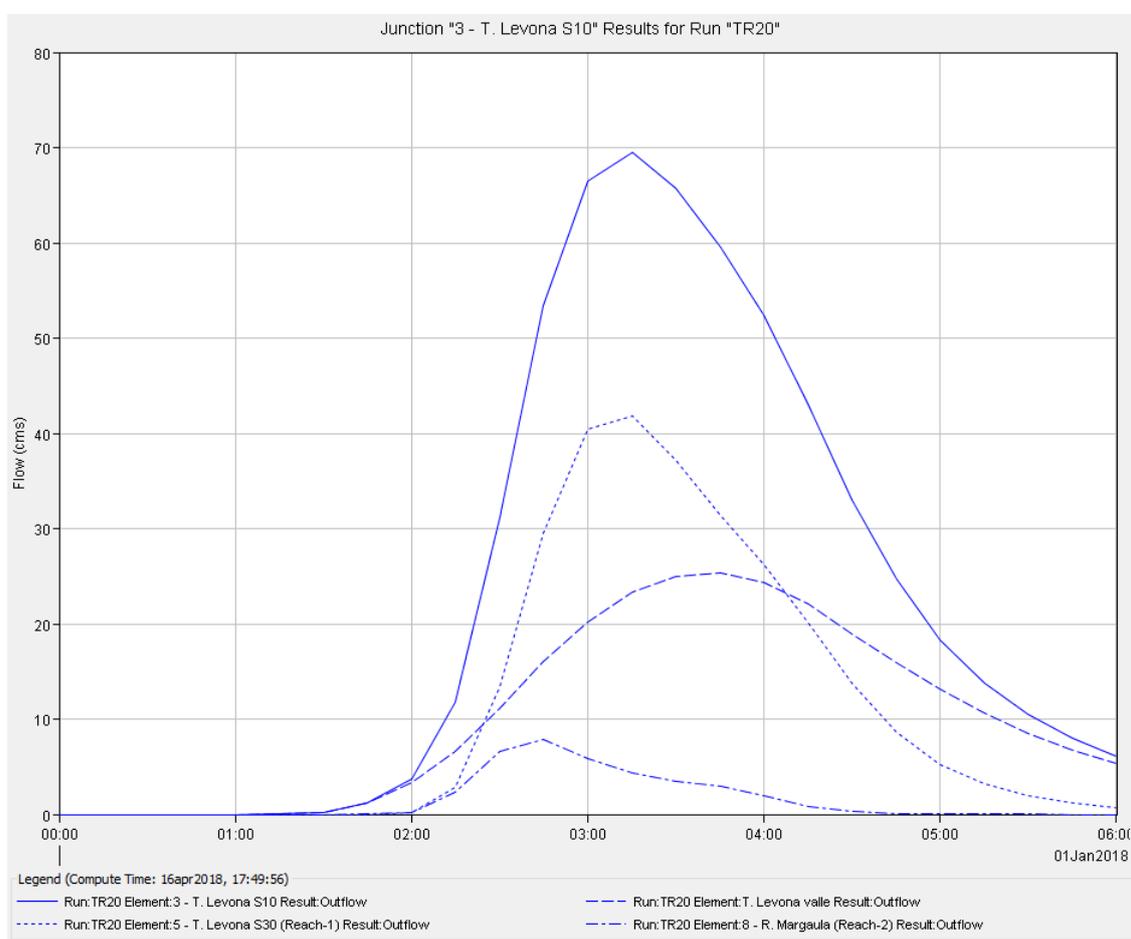


Figura 8 - Grafico delle portate di piena alla sezione di chiusura S10 del bacino del T. Levona con i contributi dei sottobacini considerati per TR20.



Progetto Definitivo

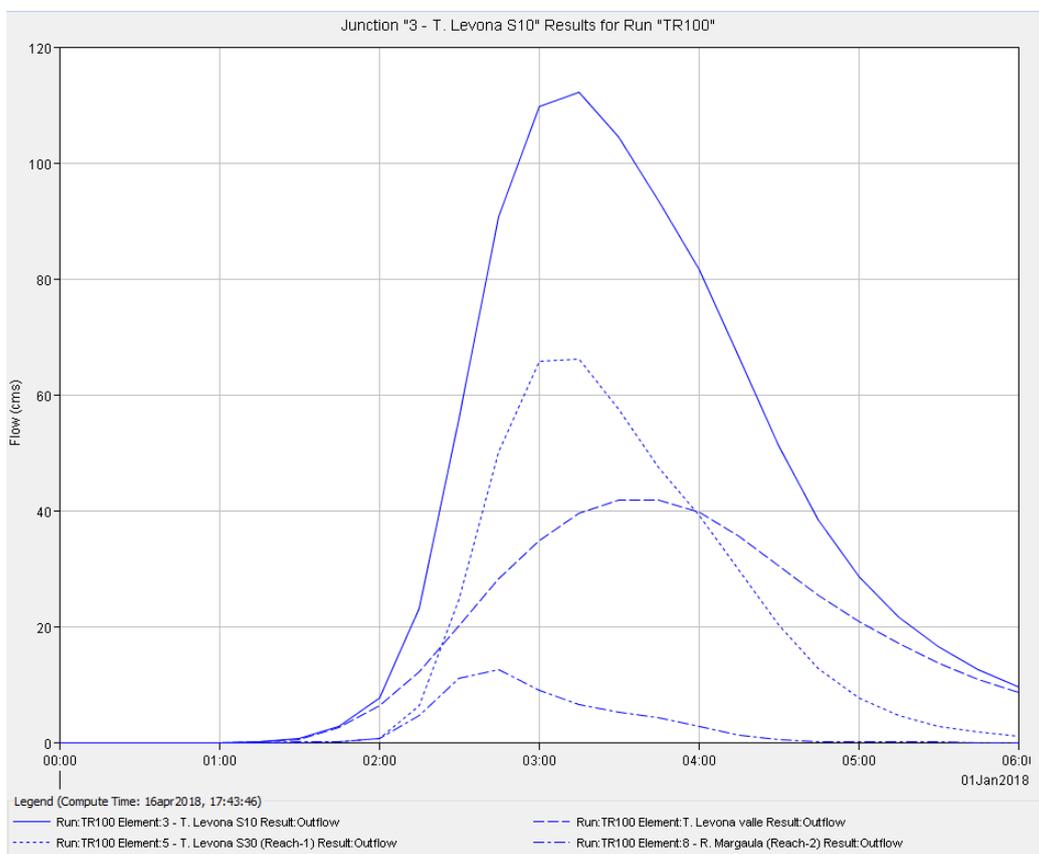


Figura 9 – Grafico delle portate di piena alla sezione di chiusura S10 del bacino del T. Levona con i contributi dei sottobacini considerati per TR100.

Sulla base dei risultati ottenuti dal modello è stato possibile calcolare le portate di piena per i tempi di ritorno stabiliti anche per le altre sezioni di chiusura presenti lungo l’asta principale tramite il metodo del ragguglio alla superficie. In Tabella 9 si riportano pertanto le portate considerate per la verifica e dimensionamento esclusivamente dell’intervento in oggetto (I33 – OS004)

Tabella 9 – Portate di piena calcolate per i diversi tempi di ritorno e considerate per la verifica e dimensionamento dell’intervento 33 - OS004.

Bacino	Superficie (km ²)	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Intervento
3 - T. Levona - S10	16,72	69,5	112,1	Chiusura del bacino
4 - T. Levona - S20	15,44	64,2	103,5	33



6. ANALISI IDRAULICA

6.1 APPROCCIO METODOLOGICO

La verifica delle difese spondali in progetto, si è basata sull’allestimento di un modello numerico di simulazione idraulica in moto permanente sviluppato per i tratti di intervento e finalizzato alla definizione dei tiranti e delle velocità in alveo che si manifestano in occasione di eventi di piena per assegnato tempo di ritorno.

La verifica idraulica è stata condotta al fine di verificare la geometria e l’adeguatezza funzionale delle difese in progetto, anche in relazione alle problematiche evidenziate allo stato attuale, principalmente riguardanti i processi erosivi di sponda.

Il modello è stato allestito nelle condizioni attuali e nella configurazione di progetto, andando ad inserire nella geometria dell’alveo le difese di sponda e adeguando le sezioni di deflusso in funzione della riprofilatura proposta nell’ambito del presente progetto, finalizzata alla regolarizzazione delle sezioni e della pendenza dell’alveo.

6.2 SINTESI DELLE PORTATE DI PROGETTO E VERIFICA

La portata di progetto da utilizzarsi nelle verifiche è stata definita con apposito modello idrologico descritto al capitolo precedente, dove per i nodi di interesse sono state valutate le portate di progetto per differenti tempi di ritorno. La verifica è stata condotta per il deflusso di una portata con tempo di ritorno di 20 e 100 anni, secondo quanto indicato da normativa. In Tabella 10 si riportano i valori di portata utilizzati.

Tabella 10 - Portate di riferimento alla sezione di interesse per l’intervento I33

Nome bacino	Superficie (km ²)	Portata Tr 20 anni m ³ /s	Portata Tr 100 anni m ³ /s
T. Levone – S20	15,44	64,2	103,5

6.3 MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA

La valutazione della compatibilità idraulica delle opere e degli effetti dell’intervento in condizioni di piena, è stata elaborata mediante una specifica simulazione di progetto nella quale sono state inserite le opere, utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS (5.0.3).

6.3.1 Descrizione del codice numerico utilizzato

Il modello di calcolo HEC – RAS (River Analysis System), elaborato da Hydrologic Engineering Center di U.S. Army Corps of Engineers (Versione 5.0.3) è un software che consente di sviluppare i calcoli in moto permanente monodimensionale per una rete di canali (artificiali o naturali), ipotizzata la portata costante nel tempo e lungo il tratto d’alveo considerato. In particolare, risulta utile per il calcolo dei profili in moto permanente in regime di corrente lenta, veloce o che interessa entrambe. La sua affidabilità è riconosciuta a livello internazionale ed è



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

impiegato in tutto il mondo. Il modello, in aggiunta alla determinazione dei profili di superficie libera negli alvei per portate caratterizzate da tempi di ritorno rappresentativi, consente di valutare gli effetti indotti sulla corrente da ostacoli e infrastrutture presenti in alveo (ad esempio, ponti, traverse, restringimenti di sezione ...).

La procedura si basa sulla integrazione dell’equazione monodimensionale che rappresenta l’energia della corrente, nota come Standard Step Method. Le perdite di carico valutate sono quelle di attrito e quelle generate dalla contrazione o espansione della sezione. Imposte le condizioni al contorno (di valle o di monte, in funzione del regime che caratterizza il corso d’acqua) e la portata rispetto a cui si vuole effettuare la verifica, il modello determina il profilo longitudinale del pelo libero, a cui si aggiungono una serie di parametri che è possibile interrogare e analizzare.

Nello studio di una corrente gradualmente variata in alvei non prismatici, quali quelli naturali, la limitazione maggiore deriva dall’aver a disposizione informazioni relative solo a un numero piuttosto contenuto di sezioni trasversali del corso d’acqua. Inoltre, per questi alvei non sono applicabili le usuali procedure di calcolo che prevedono la definizione della scala di deflusso o di altri parametri ipotizzati invarianti lungo lo sviluppo longitudinale dell’alveo. Ne consegue che per determinare l’andamento del profilo del pelo libero lungo un tratto d’alveo è necessario procedere per tentativi e successive correzioni, assegnate le adeguate condizioni al contorno (di valle o di monte) in ragione del tipo di regime caratterizzante la corrente. Per determinare la profondità della corrente in ogni sezione, la procedura iterativa utilizza le seguenti relazioni:

$$Z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} + h_e + h_f$$
$$h_e = L \cdot i_f$$
$$h_f = C \cdot \left| \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} - \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove: Z_1 e Z_2 rappresentano le quote assolute della superficie libera agli estremi del tratto; V_1 e V_2 la velocità media nella sezione, riferita agli estremi del tratto; g è l’accelerazione di gravità; h_e sono le perdite distribuite di energia e h_f le perdite di energia localizzate; L è la lunghezza del tratto considerato; i_f la pendenza di fondo nel tratto; C il coefficiente di perdita di carico dovuta a espansioni e/o contrazioni localizzate; α_1 e α_2 sono i coefficienti di Coriolis, funzione della distribuzione di velocità nella sezione trasversale.

Il modello di calcolo numerico, imposta la portata defluente in alveo e le condizioni al contorno, impiega il sistema di relazioni sopra esposto fra due sezioni adiacenti (iniziando da monte o da valle in funzione del regime di corrente ipotizzato) e lo risolve iterativamente, per determinare la quota \dagger del pelo libero rispetto al fondo in ciascuna di esse. Il processo di calcolo, quindi, prosegue iterativamente alle sezioni successive, fino a interessare tutte le sezioni utilizzate per definire la geometria. In questo modo, risulta possibile determinare il profilo del pelo libero per il tratto d’alveo considerato.



Progetto Definitivo

Il codice di calcolo consente la suddivisione della corrente in rami paralleli, in modo da simulare il deflusso, oltre che nell’alveo, anche nelle aree golenali laterali, che possono essere caratterizzate con diversi indici di scabrezza. Nei calcoli possono, inoltre, essere considerati gli effetti dovuti alla presenza di infrastrutture “puntuali”, quali i ponti, i sottopassi i manufatti tipo luci sotto battente o a stramazzo.

Per sviluppare un modello numerico che sia accurato, abbia sensibilità e stabilità di calcolo, occorre cercare il migliore compromesso tra i diversi parametri che rientrano nella simulazione, sempre tenendo presente quali sono i limiti delle equazioni utilizzate per simulare il moto. Tale compromesso si ottiene mediante un’opportuna analisi di sensibilità numerica.

Il modello di calcolo numerico permette di determinare diverse variabili idrauliche: il profilo longitudinale della superficie libera di deflusso, la profondità e la velocità della corrente in prossimità delle opere in progetto, l’eventuale ampiezza del rigurgito provocata dall’elemento interferente, e le principali caratteristiche idrauliche della corrente. Tutti elementi questi fondamentali per il confronto fra gli scenari di realtà diverse quella attuale e quelle possibili in presenza di interventi antropici con forme, ampiezze e caratteristiche differenti.

6.3.2 Dati di input

I dati di input per l’allestimento del modello di calcolo sono elencati di seguito:

- Descrizione geometrica del corso d’acqua

La descrizione geometrica del corso d’acqua nel tratto interessato dall’analisi idraulica si è basata sulla ricostruzione topografica delle sezioni di deflusso ottenute mediante rilievo topografico appositamente condotto nel mese di febbraio - marzo 2018. Per l’**Intervento 33** sono stati individuati due tratti di intervento e definite n. 8 sezioni d’alveo, di cui n. 5 nel tratto di monte e n. 3 nel tratto di valle.

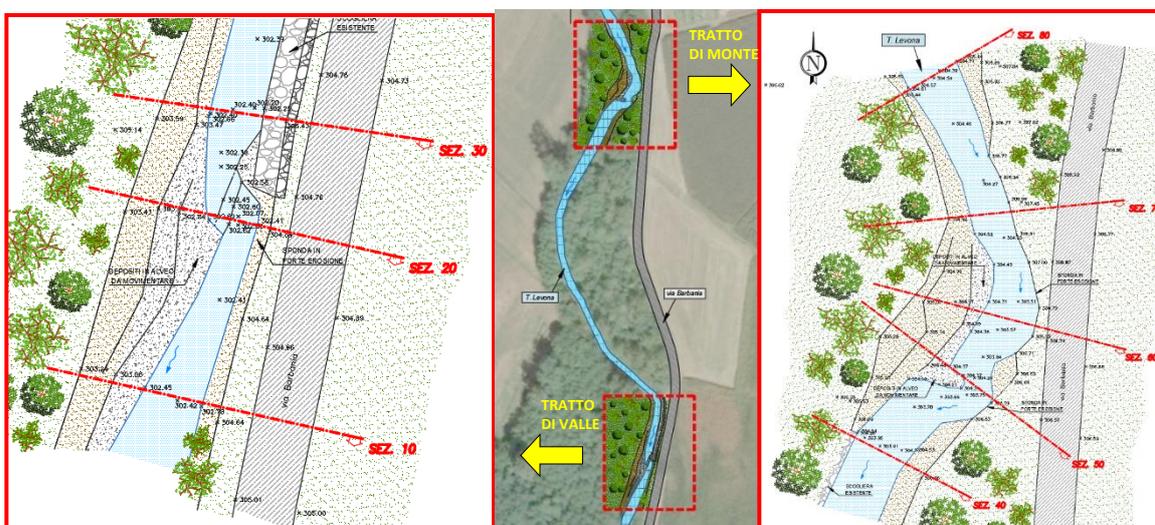


Figura 10 – Ubicazione tratti di intervento e sezioni di verifica.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

- Portate di verifica

Come anticipato nei punti precedenti, la portata di verifica è stata definita mediante l’analisi idrologica utilizzando un modello di simulazione afflussi-deflussi.

Le portate sono riportate al § 6.2 in Tabella 10.

- Resistenze al moto e condizioni al contorno

La definizione delle condizioni di resistenza al moto in alveo inciso nelle zone di esondazione esterne ad esso avviene introducendo coefficienti di scabrezza idonei, caratterizzati da adeguati valori del parametro n di Manning, espresso in $s/m^{1/3}$.

In generale, tale coefficiente dipende dalla granulometria del materiale presente in alveo, dalla regolarità delle sezioni, dall’andamento planimetrico del corso d’acqua, dalle caratteristiche idrauliche delle sponde e dalla possibilità che il materiale di fondo subisca fenomeni di trasporto.

Per il caso in esame sono stati assunti valori di scabrezza dell’alveo pari a $n=0,033$.

- Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno utilizzate hanno imposto la profondità di moto uniforme sulla base della pendenza del fondo caratteristica del tratto di monte e di valle.

6.3.3 Modalità di presentazione dei risultati

I risultati ottenuti sono riportati e sintetizzati negli specifici paragrafi e in allegato.

I parametri riassunti nelle tabelle sono i seguenti:

River Sta : sezione di calcolo;

Q_{Total} (m³/s) : portata totale (ossia, la portata di piena con tempo di ritorno di 100 anni);

Min Ch El (m s.l.m.) : quota minima della sezione (fondo alveo);

W.S. Elev. (m s.l.m.) : quota del livello della corrente;

Crit W.S. (m s.l.m.) : altezza critica della corrente;

E.G. Elev. (m s.l.m.): carico totale per un assegnata profondità della corrente;

Vel Chnl (m/s) : velocità della corrente;

Flow Area (m²): area di deflusso della corrente;

Froude: numero adimensionale di Froude.



6.4 ANALISI DEI RISULTATI PER L'INTERVENTO 33

6.4.1 Analisi dei principali risultati del modello idraulico funzionali al dimensionamento delle scogliere

L'analisi dei livelli idrici attesi ha consentito in primo luogo di definire la quota di testa delle scogliere al fine di garantire il contenimento dei livelli idrici di piena per un tempo di ritorno di 100 anni.

Sulla base dei livelli e delle velocità, invece, si è provveduto al dimensionamento dei massi della scogliera secondo le formulazioni di seguito descritte, considerando i valori massimi di coppia battenti-velocità rilevati nelle sezioni indagate.

L'analisi idraulica condotta ha consentito d'individuare la distribuzione delle velocità di deflusso e dei battenti idrici in condizioni di piena in corrispondenza delle sezioni ove si prevede la costruzione delle opere di difesa in progetto, in modo tale da poter verificare l'azione di trascinamento della corrente sulle stesse e determinare le dimensioni minime dei massi da utilizzare. Le sezioni d'interesse sono pertanto quelle dalla 80 alla 40 (tratto di monte) e dalla 30 alla 10 (tratto di valle), i cui risultati sono sinteticamente riportati nella tabella seguente calcolati per una portata di Tr 100 anni.

In seguito si riportano i principali risultati, mentre in ALLEGATO 3 si riportano sezioni, profili e tabelle.

Tabella 11 – Battenti e velocità massimi calcolati per le sezioni significative del modello monodimensionale

SEZIONI TRATTO MONTE	Battente nel Thalweg (m)	Velocità massima (Thalweg) (m/s)	Velocità media (m/s)
80	2,06	5,36	4,86
70	2,35	4,41	4,13
60	2,81	2,81	2,81
50	2,91	2,72	2,72
40	2,59	3,84	3,65
Valore medio	2,54	3,83	3,63
Coppia di valori maggiormente critica per le analisi di stabilità	2,91	5,36	
SEZIONI TRATTO VALLE	Battente nel Thalweg (m)	Velocità massima (Thalweg) (m/s)	Velocità media (m/s)
30	2,64	4,21	4,21
20	1,85	5,48	5,48
10	2,57	3,52	3,52
Valore medio	2,35	4,40	4,40
Coppia di valori maggiormente critica per le analisi di stabilità	2,64	5,48	



Progetto Definitivo

6.4.2 Compatibilità idraulica delle difese in progetto – tratto di monte

Al fine di ottimizzare le caratteristiche idrodinamiche del tratto di intervento, oltre alla realizzazione delle difese si prevede di operare una riprofilatura del fondo alveo con asportazione di parte del deposito che si è andato progressivamente formando all'intradosso della curva. La pendenza di progetto è stata valutata considerando le condizioni di miglior equilibrio e le valutazioni idrodinamiche derivanti dall'analisi dei risultati di simulazione numerica idraulica.

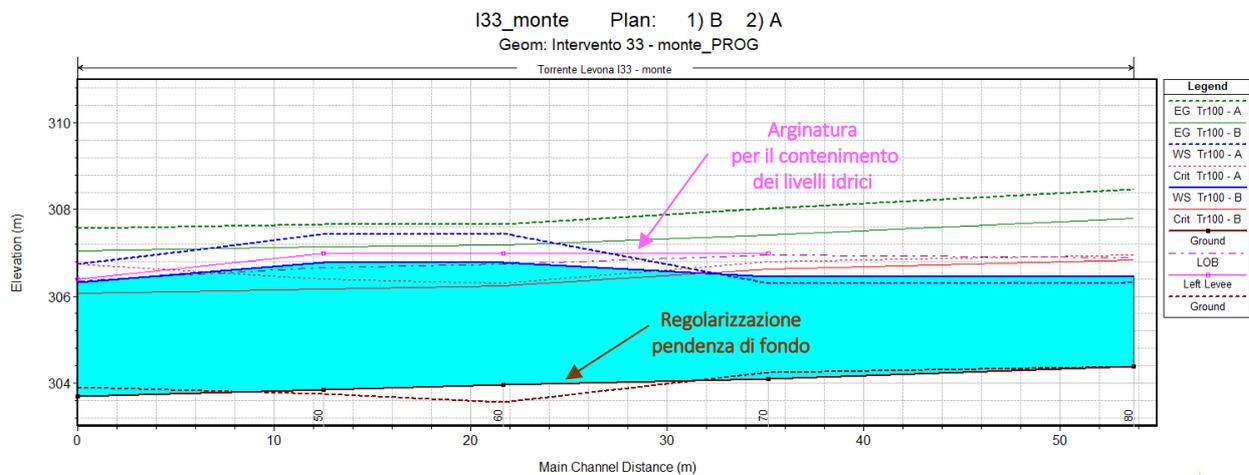


Figura 11 – Tratto di monte: profilo idrico della corrente allo stato di progetto per $Q_{Tr} 100 \text{ anni} = 103,50 \text{ m}^3/\text{s}$.

La definizione planimetrica della linea di sponda sinistra ha tenuto conto della necessità di riportare il corso d'acqua nella sua posizione originaria (cfr. Figura 12), allontanandolo dalla strada alla quale si è avvicinato in modo non opportuno, erodendo la sponda (cfr. Figura 13).

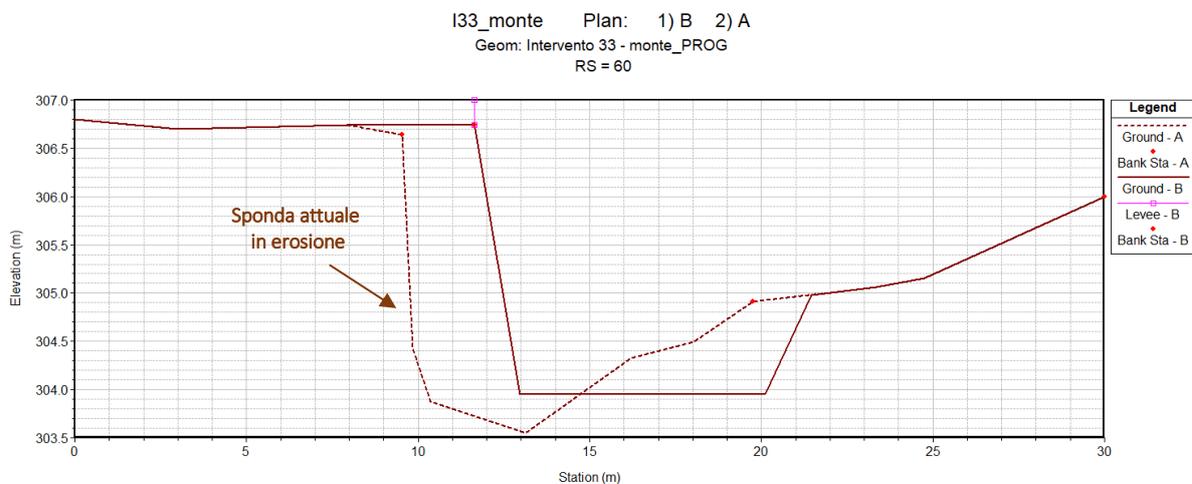


Figura 12 – Tratto di monte: confronto sezione attuale e di progetto: interventi di riprofilatura e adeguamento planimetrico.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
 Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
 Rocca C.se, Forno C.se e Levone



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell'Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo



Figura 13 – Sezione ove si è manifestata la massima erosione con arretramento del ciglio di sponda.

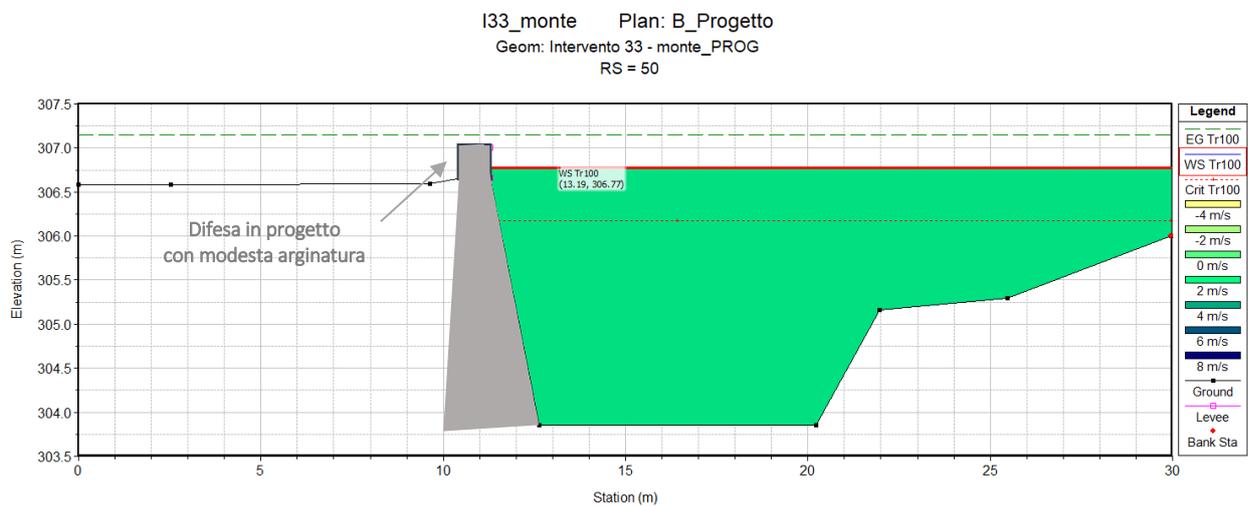


Figura 14 – Sezione di progetto con indicazione del livello idrico per Q Tr 100 anni = 103,50 m³/s.



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.

Progetto Definitivo

6.4.3 Compatibilità idraulica delle difese in progetto – tratto di valle

Anche per il tratto di valle, al fine di ottimizzare le caratteristiche idrodinamiche del tratto di intervento, oltre alla realizzazione delle difese si prevede di operare una parziale riprofilatura del fondo alveo per definire la pendenza di progetto, valutata considerando le condizioni di miglior equilibrio e le valutazioni idrodinamiche derivanti dall’analisi dei risultati di simulazione numerica idraulica.

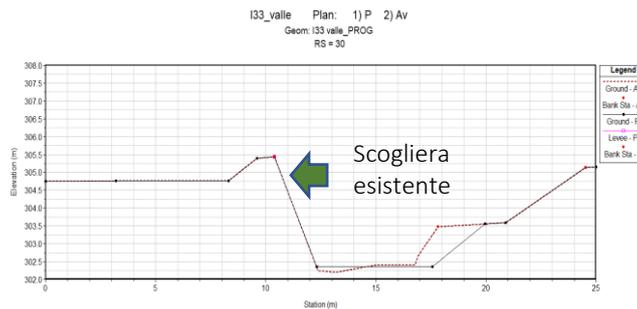


Figura 15 – Parziale riprofilatura della sezione in corrispondenza del tratto esistente di scogliera.

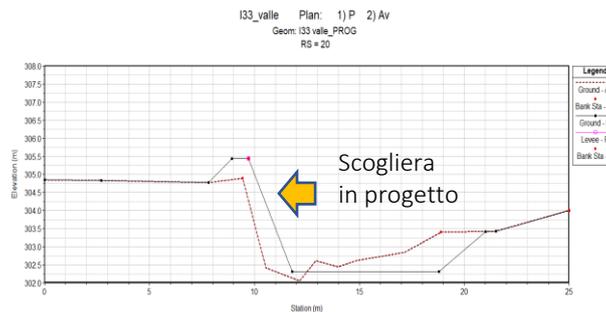


Figura 16 – Realizzazione di nuova scogliera in massi cementati e riprofilatura della sezione.

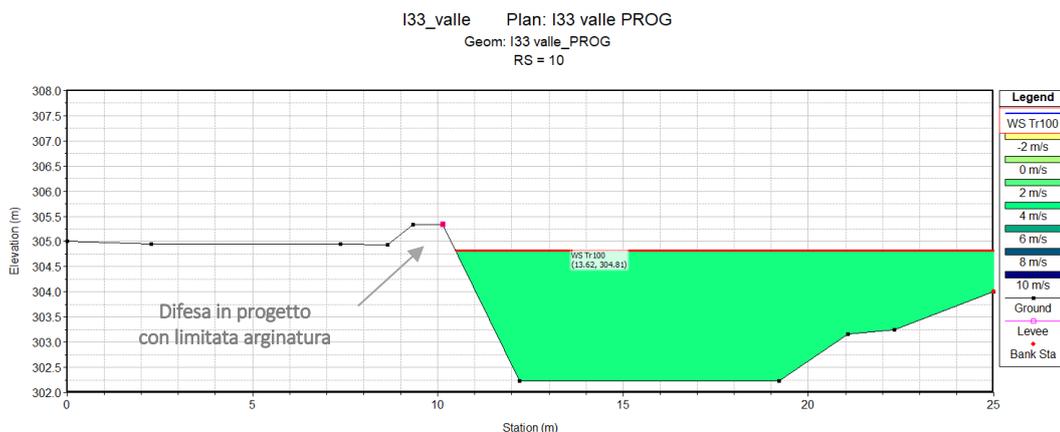


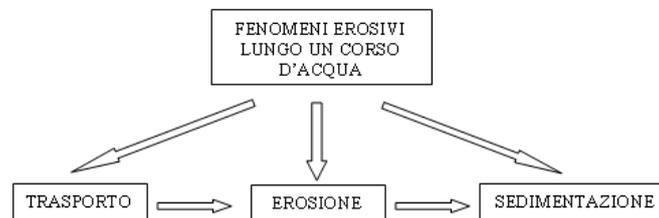
Figura 17 – Sezione di progetto con indicazione del livello idrico per Q Tr 100 anni = 103,50 m³/s.



6.5 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI INDOTTI DA FENOMENI EROSIVI

Il passaggio della corrente nelle condizioni di massima piena sulle sponde e sul fondo del rio potrebbe indurre un’azione erosiva potenzialmente in grado di movimentare le particelle costituenti lo strato superficiale del materiale detritico che costituisce il fondo mobile.

La valutazione del fenomeno erosivo indotto può essere condotta con ragionevole approssimazione adottando la trattazione teorica relativa al trasporto solido in condizioni di moto uniforme. In via del tutto generale, il fenomeno può essere ricondotto alla successione di tre eventi distinti, secondo la seguente schematizzazione:



I fattori predominanti che caratterizzano ciascuno dei tre equilibri idrodinamici sono costituiti dalle caratteristiche cinematiche della corrente impattante e dalla granulometria del materiale costituente il fondo dell’alveo. Il regime idrodinamico della corrente può essere espresso attraverso il valore della velocità media nella sezione di deflusso, mentre la granulometria del materiale sottoposto all’azione erosiva viene caratterizzata con il valore del diametro medio delle particelle.

Nella Figura 18 viene riportato il grafico proposto da Hjulström, che descrive il fenomeno erosivo di fondo per un corso d’acqua in funzione della velocità media della corrente e del diametro medio delle particelle costituenti l’alveo.

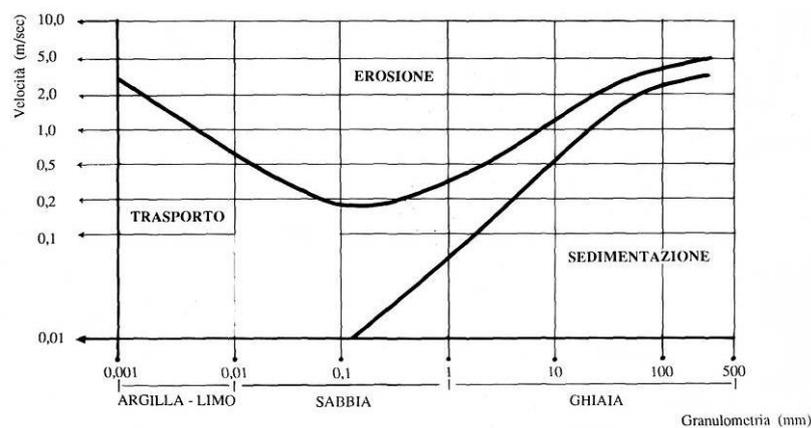


Figura 18 – Diagramma di Hjulström

Le problematiche legate al trasporto solido si riflettono sul corretto dimensionamento della scogliere e dei massi costituenti le stesse.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone

“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

Per la verifica al trascinamento del materiale costituente le difese in progetto, occorre considerare l’azione di trascinamento della corrente e verificare la capacità di resistenza al deflusso dell’opera

Per l’analisi si possono utilizzare differenti metodologie di calcolo:

- analisi della condizione di moto incipiente, sulla base delle formulazioni di sforzo tangenziale critico proposte da Shield e poi modificate da diversi autori;
- formulazioni empiriche per le fondazioni di pietrame in scogliera tratte da “Bridge Scour”(Water Resources Publications, LLC, 2000) con particolare attenzione alla formulazione unificata proposta da Pilarczyk;
- formulazioni empiriche di Neill e Bogardi, funzioni delle caratteristiche idrodinamiche della corrente.

6.5.1 Verifica secondo l’analisi di moto incipiente

L’analisi della condizione di moto incipiente è affrontata sotto l’aspetto dinamico, prendendo in considerazione l’azione di trascinamento esercitata dalla corrente sulle sponde dell’alveo. In particolare, la movimentazione del materiale sul fondo, come sulle sponde, è considerato un fenomeno dipendente dalla tensione di trascinamento τ , il cui valore minimo τ_c perché abbia inizio il suo moto, individua appunto la condizione critica.

Lo sforzo tangenziale τ_0 esercitato dalla corrente sul materiale costituente la sponda può essere espresso come:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot i$$

dove:

- ✓ γ : peso specifico dell’acqua;
- ✓ R : raggio idraulico della sezione;
- ✓ i : pendenza del fondo alveo.

Il valore di τ_0 deve essere confrontato con lo sforzo tangenziale critico τ_c (condizione di equilibrio limite per il moto delle particelle solide): nel caso in cui $\tau_0 \geq \tau_c$ si instaura la condizione di moto incipiente e le particelle vengono movimentate.

Lo sforzo tangenziale τ_0 esercitato dalla corrente sul materiale costituente il fondo dell’alveo può essere espresso come:

$$\tau_0 = \gamma \cdot h \cdot i$$

dove:

- γ : peso specifico dell’acqua;
- h : altezza idrica della corrente in moto uniforme;
- i : pendenza del fondo alveo.



Progetto Definitivo

Il valore di τ_0 deve essere confrontato con lo sforzo tangenziale critico τ_c (condizione di equilibrio limite per il moto delle particelle solide): nel caso in cui $\tau_0 \geq \tau_c$ si instaura la condizione di moto incipiente e le particelle costituenti il fondo alveo (o in questo caso degli elementi costituenti la scogliera) vengono movimentate.

Nella condizione idraulica di microscabrezza (ovvero per tiranti idrici molto maggiori del diametro caratteristico delle particelle), il legame funzionale che esprime la tensione τ_c è:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = f(\text{Re}^*)$$

dove Re^* rappresenta il numero di Reynolds della corrente di fondo. La relazione precedente è stata ricavata da Shields (1936) ed è stata esplicitata dallo stesso autore attraverso un abaco (abaco di Shields). La funzione $f(\text{Re}^*)$ rappresenta un parametro adimensionale (parametro di Shields) dipendente dalle caratteristiche dei granuli, nonché ovviamente dal valore del numero di Re^* relativo alla velocità di attrito u^* .

In letteratura sono disponibili diverse formulazioni per la valutazione del parametro τ_c :

- Shields-Krey (1936), sviluppata per regimi di moto turbolento e in condizioni di $d \ll h$:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = 0,06$$

- Zeller (1963), relativa a miscugli omogenei esclusivamente in regime turbolento:.

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = 0,047$$

- Armanini (1990), applicabile per valori del diametro d confrontabili con il tirante idrico della corrente h (condizioni di sommergenza bassa):

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = 0,06 \cdot \left[1 + 0,67 \left(\frac{d}{h} \right)^{0,5} \right]$$

- Egiazaroff (1950), applicabile per miscugli non omogenei in regime esclusivamente turbolento:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = \frac{0,1}{\left[\text{Log} \left(19 \frac{d}{d_{50}} \right) \right]^2}$$



Progetto Definitivo

- Kalinske, espressione che considera un fattore di compattezza del materiale rappresentante un effetto di mutuo incastro delle particelle

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = 0,116$$

Per il dimensionamento degli elementi costituenti la scogliera, la formulazione che meglio approssima le condizioni in esame è quella di Kalinske, rappresentativa del mutuo incastro delle particelle.

Considerando i valori di battenti e velocità che si instaurano in alveo in corrispondenza delle sezioni del modello, così come riportati in Tabella 11 ed il valore della pendenza di fondo medio del tratto di alveo, si determina l’azione di trascinamento della corrente (sforzo tangenziale) τ_0 e pari a circa 40 kg/m².

Considerando un diametro degli elementi costituenti la scogliera di 60 cm, si rileva come il valore dello sforzo tangenziale critico τ_c in grado di movimentare suddetti massi debba essere pari a circa 110 kg/m², valore superiore rispetto alla τ_0 e quindi verifica al trascinamento degli elementi rispettata.

6.5.2 Metodologia proposta da Pilarczyk (1997)

La stabilità delle opere con massi non cementati è comunemente espressa in termini di numero di stabilità N_{sc} :

$$N_{sc} = \frac{v_{rc}^2}{g(S_s - 1)d_r}$$

dove:

- v_{rc} è la velocità critica di trascinamento del masso;
- d_r la dimensione del masso della difesa;
- S_s il peso specifico dei massi.

Esprimendo la v_{rc} con l’equazione di Manning-Strickler e la funzione di Shields; per materiale grossolano ($d_r > 6$ mm) θ_c è posta pari a 0,056 e si ha:

$$N_{sc} = 3.29 \left(\frac{d_r}{y} \right)^{-0.33}$$

I fattori principali per il dimensionamento delle opere sono la dimensione dei massi, la forma dei massi, le caratteristiche di turbolenza che presenta la corrente, la velocità di deflusso ed il battente idraulico, oltre ovviamente alla pendenza del fondo alveo. Tra tutte le formule esistenti in letteratura, la letteratura moderna (Melville B. W, 2000) consiglia di utilizzare quella più recente di Pilarczyk (1997):



Progetto Definitivo

$$d_n = \frac{1}{S_s - 1} \cdot \phi_c \cdot K_t \cdot \frac{0,035}{\theta_c} \cdot \frac{K_h}{K_{sl}} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

dove: d_n è il diametro caratteristico del materiale costituente la scogliera; θ_c il *critical shear stress*, pari a 0,035 per strutture in massi; ϕ_c è lo *stability factor*, che nel caso di protezioni continue ha un valore variabile tra 0,5 e 0,75; K_t è il *turbulence factor* pari a 1,00 nel caso di fiumi; K_h è il *velocity profile factor* dato da:

$$K_h = \left(1 + \frac{y}{d_n} \right)^{-0.2}$$

e K_{sl} è il *bank slope factor*, che nel caso in esame può essere assunto pari a 0,7 nel caso in esame.

Come accennato precedentemente, la Formulazione Unificata di Pilarczyk, combina numerose formulazioni empiriche per misure di protezione degli alvei. Si riporta nel seguito una tabella riassuntiva delle principali formulazioni analizzate e prese a riferimento da Pilarczyk.

Tabella 12 – Formulazioni empiriche precedenti alla Formulazione Unificata di Pilarczyk

Method	Equation
Isbash (1936)	$\frac{d_s}{y} = \frac{0.347}{(S_s - 1)} Fr^{2.5}$ (9.5)
Neill (1967)	$\frac{d_{r50}}{y} = \frac{0.32}{(S_s - 1)^{1.25}} Fr^{2.5}$ (9.6)
California Division of Highways (1970)	$M_r = \frac{0.01135V^5 S_s}{(S_s - 1)^3 \sin^3(\rho - \alpha)}$ $\frac{d_{r35}}{y} = \frac{0.274}{\sin(\rho - \alpha)(S_s - 1)} Fr^{2.5}$ (9.7)
Maynard (1987)	$\frac{d_{r30}}{y} = \frac{0.298}{(S_s - 1)^{1.25}} Fr^{2.5}$ (9.8)
U.S. Army Corps of Engineers (1989, 1991a)	$\frac{d_{r30}}{y} = \frac{S_r C_s C_i}{K_{sl}^{1.25} (S_s - 1)^{1.25}} Fr^{2.5}$ (9.9a)
Austrroads (1994)	$\frac{d_{r50}}{y} = \frac{0.58}{(S_s - 1)} Fr^{2.5}$ (9.10)
Pilarczyk (1997)	$\frac{d_{r50}}{y} = \frac{0.6\phi_c K_t K_h}{K_{sl} (S_s - 1)} Fr^{2.5}$ (9.11)



Progetto Definitivo

Il dimensionamento dei massi della scogliera secondo la formulazione di Pilarczyk è stato condotto considerando i parametri riportati nella tabella seguente.

Tabella 13 – Valori del diametro caratteristico dei massi della scogliera secondo la formulazione Unificata di Pilarczyk

Parametro	Peso specifico materiale	Peso specifico acqua	Altezza media dell'acqua	Diametro del materiale costituente la scogliera	Velocità media della corrente	Numero di Froude	Carico critico	Fattore di stabilità	Fattori di forma delle difese		
									K_t	K_{sl}	K_h
Simbolo	γ_s	γ	h	d_n	v	F_r	θ_c	ϕ_c	K_t	K_{sl}	K_h
u.m.	kg/m ³	kg/m ³	m	m	m/s	-	-	-	-	-	-
SEZIONE TIPO	2600	1000	2,92	0,65	5,4	1,07	0,035	0,75	1,00	0,77	0,71

Come si evidenzia dalla Tabella 13 si ha la verifica al trascinamento dei massi delle scogliere previste secondo la Formulazione Unificata di Pilarczyk per elementi caratterizzati da 65 cm di diametro equivalente.

Nel seguito si riportano ad integrazione i valori dei diametri caratteristici dei massi della scogliera calcolati secondo le formulazioni empiriche descritte in Tabella 12, mettendo in evidenza il valore medio dei risultati ottenuti, calcolato come media corretta offerta dalle differenti formulazioni (scartando ossia i valori poco realistici o poco cautelativi).

Tabella 14 - Valori del diametro caratteristico dei massi della scogliera secondo le formulazioni empiriche proposte prima della pubblicazione della Formulazione Unificata di Pilarczyk (valori in metri)

Isbash (1936)	Neill (1967)	California Division Hyghways (1970)	Maynord (1987)	US Army (1991)	Austroads 1994	Pilarczyk 1997	MEDIA CORRETTA
0,73	0,61	1,86	0,573	1,09	1,21	0,86	0,90

Come si evidenzia dalla Tabella 14 si ha la verifica al trascinamento dei massi delle scogliere previste secondo le formulazioni empiriche di Tabella 12 per diametri degli elementi pari a circa 0,9 m di diametro.

6.5.3 Formulazioni empiriche di Neill e Bogardi

Una ulteriore metodologia di indagine considera l'azione di trascinamento della corrente e la capacità di resistenza al deflusso del medesimo.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone

“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

La determinazione quantitativa del fenomeno erosivo lungo l'alveo di un corso d'acqua può quindi essere affrontata facendo riferimento allo studio della condizione di moto incipiente, ovvero della condizione di equilibrio limite di una particella solida sottoposta all'azione di trascinamento di una corrente.

Tale condizione può essere risolta ricorrendo a equazioni di equilibrio, in cui compaiono i valori critici delle variabili del moto: in particolare, si fa riferimento alla velocità critica della corrente V_c , definita come il valore medio della velocità della corrente che discrimina lo stato fisico di moto delle particelle solide costituenti l'alveo fluviale.

In letteratura sono presenti diversi approcci per la valutazione della velocità critica di trascinamento, sostanzialmente riconducibili a due tipologie. Quello assunto alla base delle seguenti analisi fornisce una relazione analitica che, sebbene semplificata, permette di tenere in considerazione anche le caratteristiche idrodinamiche della corrente. Seguendo l'approccio analitico, è possibile ottenere un legame funzionale tra la velocità critica della corrente, le caratteristiche fisiche del materiale (peso specifico e diametro medio caratteristico) e le caratteristiche idrodinamiche (viscosità dell'acqua, altezza della corrente). Tralasciando la trattazione analitica del problema, l'espressione finale della velocità critica della corrente V_c può essere espressa mediante la seguente espressione analitica proposta da Neill nel 1967:

$$V_c = \left[2,5g \frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma} \right]^{0,5} h^{0,1} d^{0,4}$$

dove:

- γ_s = peso specifico degli elementi lapidei costituenti la scogliera;
- γ = peso specifico dell'acqua;
- h = altezza idrica della corrente in moto uniforme;
- d = diametro medio delle particelle costituenti la scogliera.

Una seconda formulazione per il calcolo della velocità critica della corrente V_c è quella proposta da Bogardi, sintetizzando le esperienze condotte da differenti autori.

$$V_c = 6.84 \cdot h^{0.095} \cdot d^{0.405}$$

Considerando i valori dei battenti e delle velocità descritti precedentemente in Tabella 11 e quindi rappresentativi delle condizioni in corrispondenza della sezione principale di flusso si determina la dimensione media dei massi da impiegare per la realizzazione ed il ripristino delle scogliere, secondo le due metodologie descritte (Tabella 15).



Progetto Definitivo

Tabella 15 – Verifica del diametro delle scogliere secondo le metodologie di Neill e Bogardi

Vc Neill (m/s)	Diametri degli elementi delle scogliere (m)	Velocità di flusso (m/s)	VERIFICA	Vc Bogardi (m/s)	Diametri degli elementi delle scogliere (m)	Velocità di flusso (m/s)	VERIFICA
2.7	0.1	5.40	EROSIONE	2.9	0.1	5.40	EROSIONE
3.6	0.2	5.40	EROSIONE	3.9	0.2	5.40	EROSIONE
4.2	0.3	5.40	EROSIONE	4.6	0.3	5.40	EROSIONE
4.8	0.4	5.40	EROSIONE	5.1	0.4	5.40	EROSIONE
5.2	0.5	5.40	EROSIONE	5.6	0.5	5.40	STABILE
5.6	0.6	5.40	STABILE	6.1	0.6	5.40	STABILE
6.0	0.7	5.40	STABILE	6.5	0.7	5.40	STABILE

Come si evidenzia dalla Tabella 15, secondo le formulazioni di Neill e Bogardi si ha la verifica dei massi previsti per il dimensionamento delle scogliere con diametri caratteristici di circa 60 cm di diametro.

6.5.4 Conclusioni

Alla luce dell’analisi condotta è possibile concludere che si ritiene opportuno prevedere che la scogliera sia costituita da massi di dimensioni ciclopiche di diametro equivalente almeno pari a 90 cm, che corrisponde a blocchi con volumetria di circa 0,4 m³ (cubo equivalente L= 0,725 m). In questo caso, per le condizioni idrodinamiche considerate, si garantisce la stabilità dei massi costituenti la scogliera anche nel caso in cui per qualsiasi ragione si dovessero manifestare problematiche alla cementazione dei blocchi.



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: *Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone*



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

ALLEGATI



REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: *Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone*

*“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e
delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio
dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.*

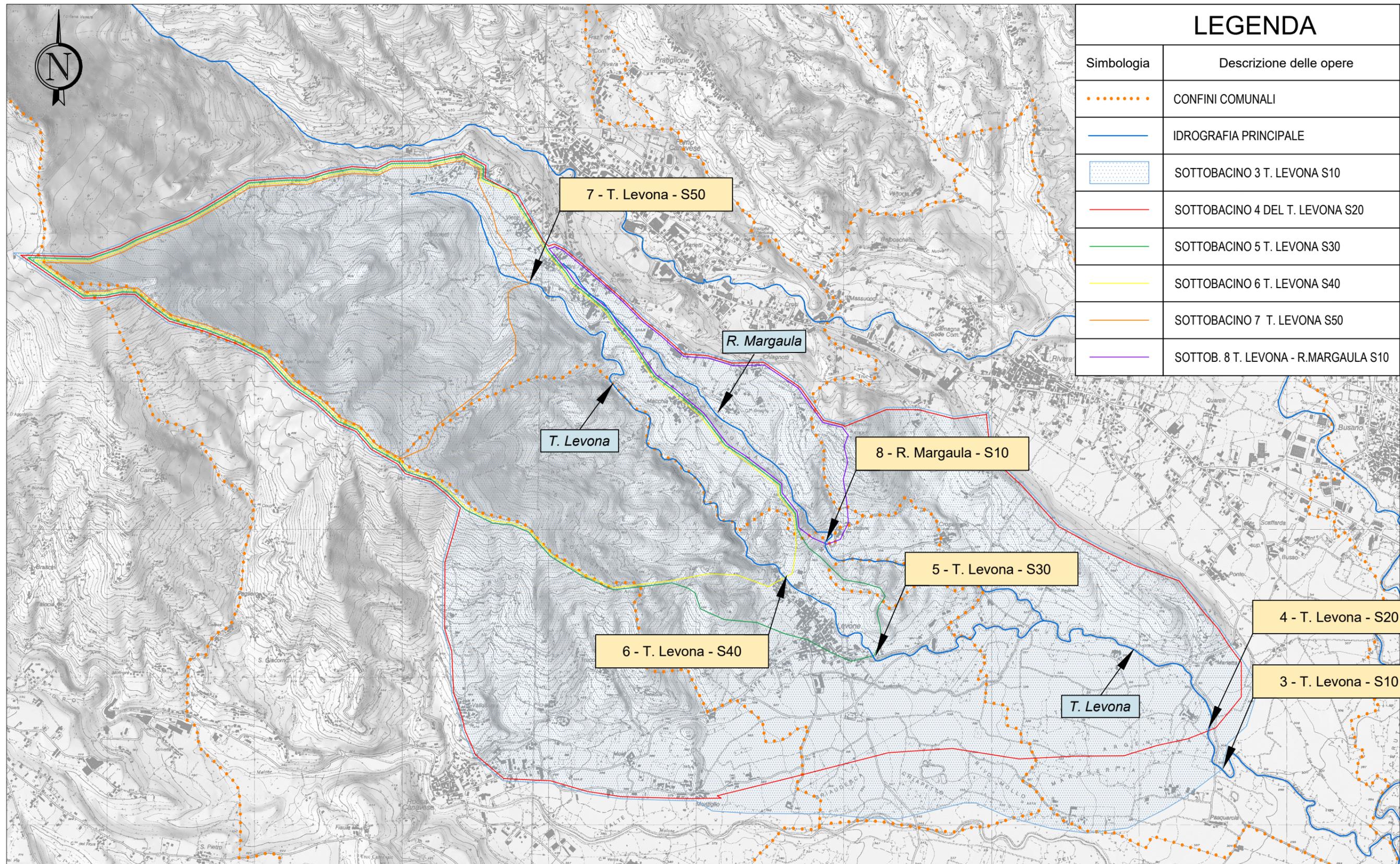
***“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a
valle della frazione Marietta”.***

Progetto Definitivo



ALLEGATO 1

– Carta dei bacini –



ALLEGATO 1 - CARTA DEI SOTTOBACINI DEL T. LEVONA

Base carta: CARTA TECNICA REGIONALE 1:10.000

Scala 1 : 25.000





REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: *Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone*



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

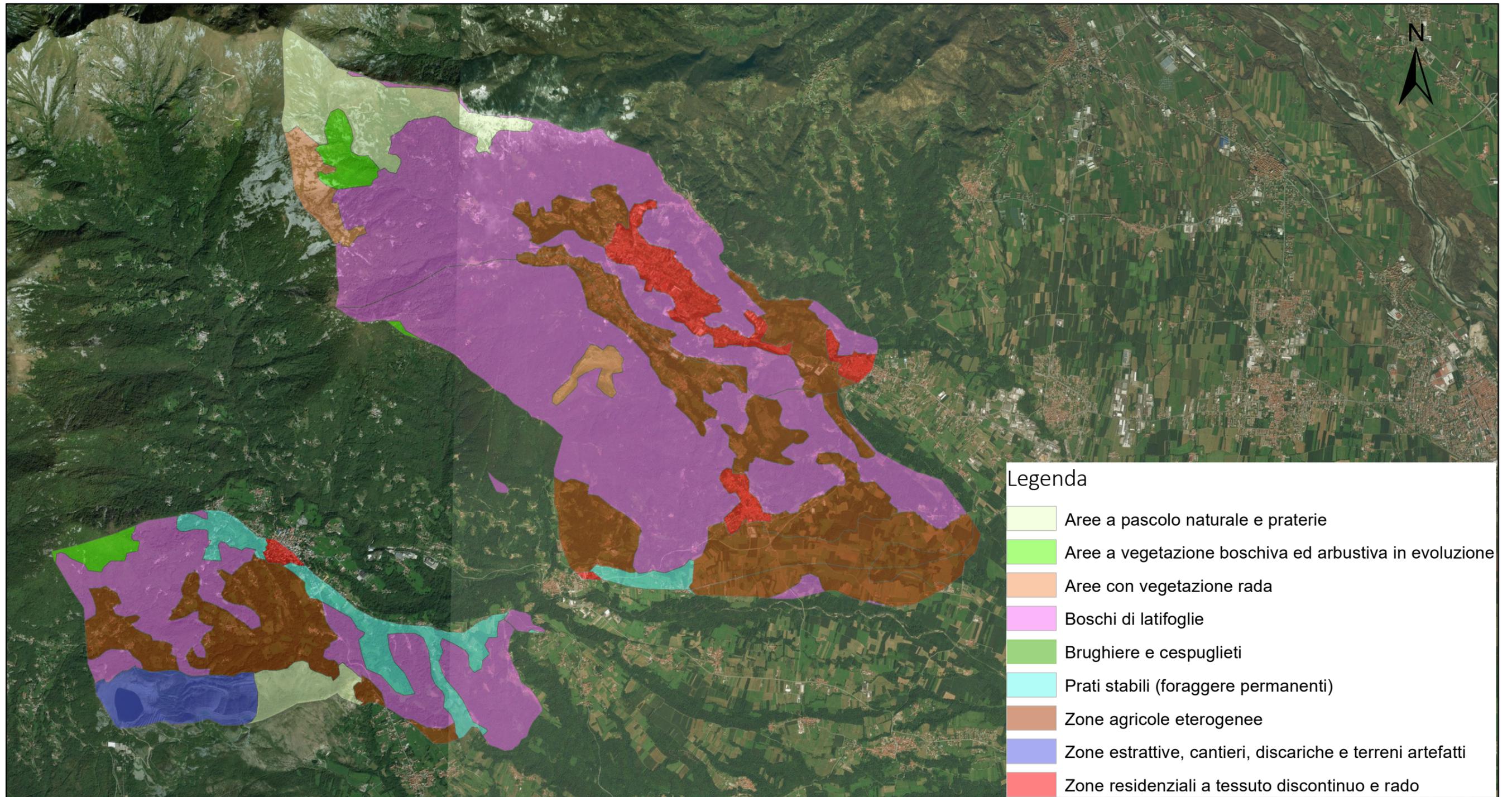
“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

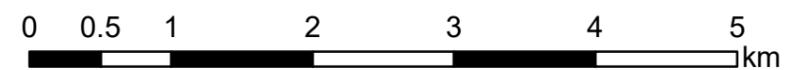
ALLEGATO 2

– Uso del suolo –



Allegato 2 - Uso del suolo
Base carta: Ortofoto

1:50,000





REGIONE PIEMONTE – Città Metropolitana di Torino
Unione Montana Alto Canavese: *Comuni di Rivara, Pratiglione,
Rocca C.se, Forno C.se e Levone*



“Interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio dell’Unione Montana Alto Canavese (anno 2018)”.

“INTERVENTO 33 - Difese spondali sul T. Levona lungo Via Barbania a valle della frazione Marietta”.



Progetto Definitivo

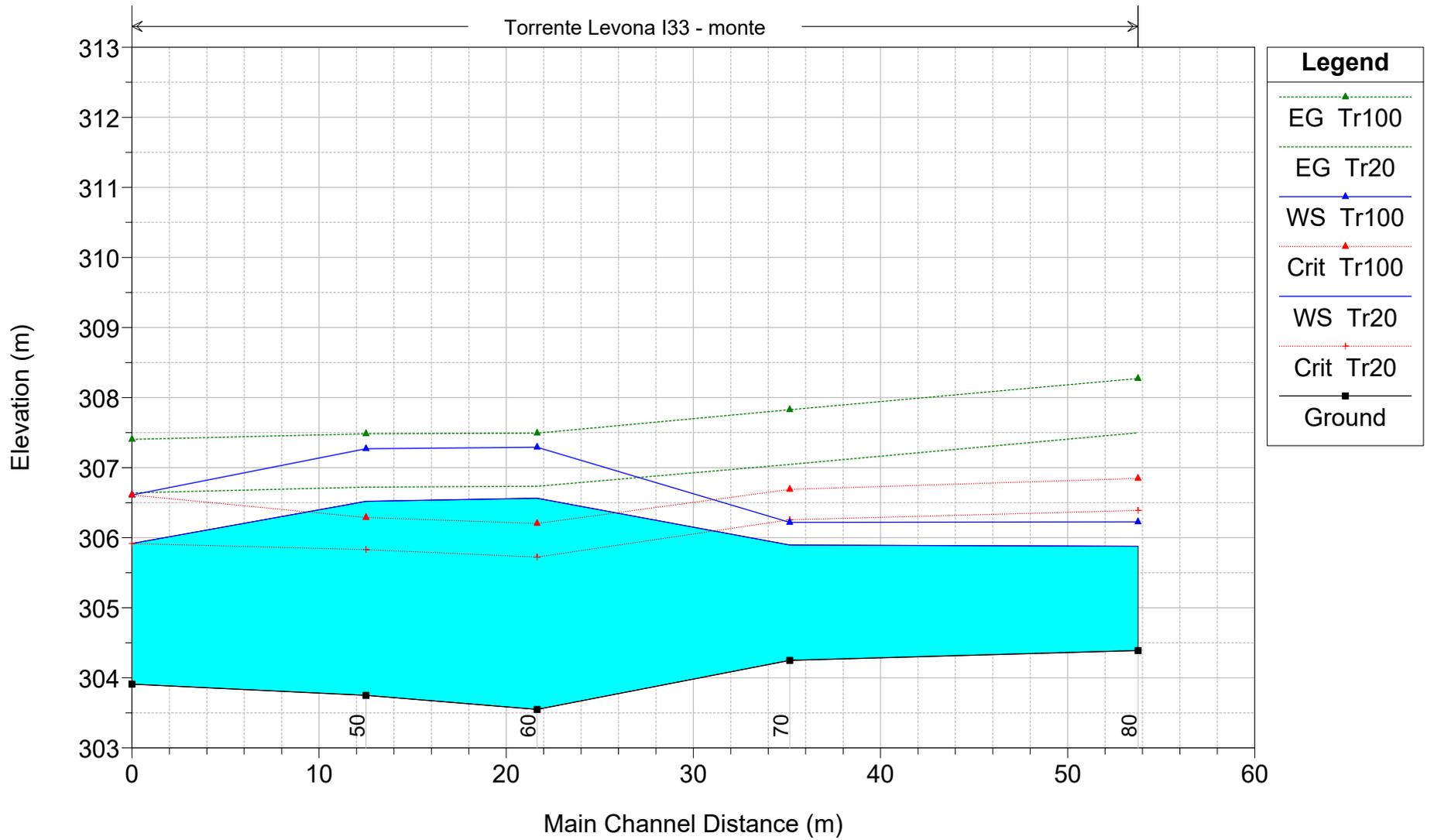
ALLEGATO 3

– Risultati del modello di simulazione numerica idraulica

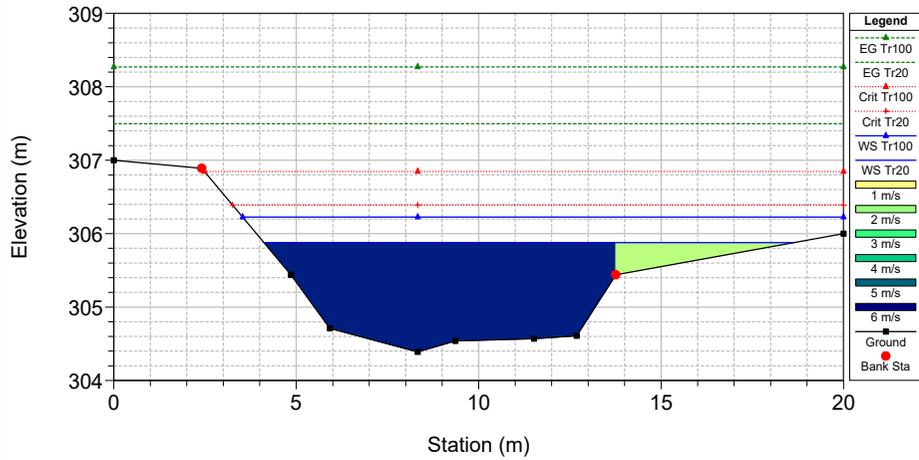
I33_monte Plan: A_Stato attuale

Geom: Intervento 33 - monte

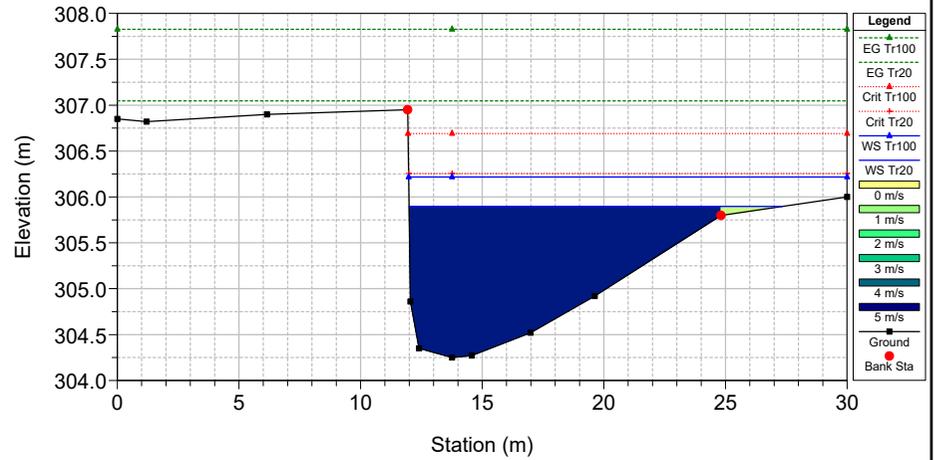
Torrente Levona I33 - monte



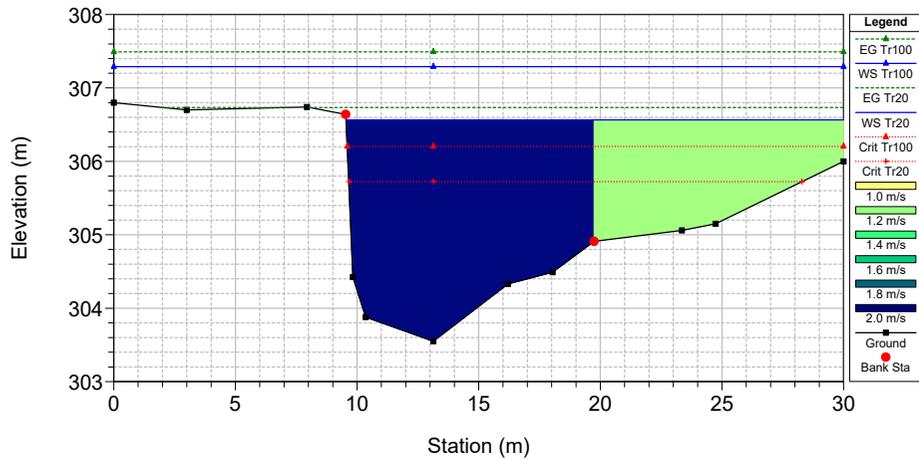
I33_monte Plan: A_Stato attuale
 Geom: Intervento 33 - monte
 RS = 80



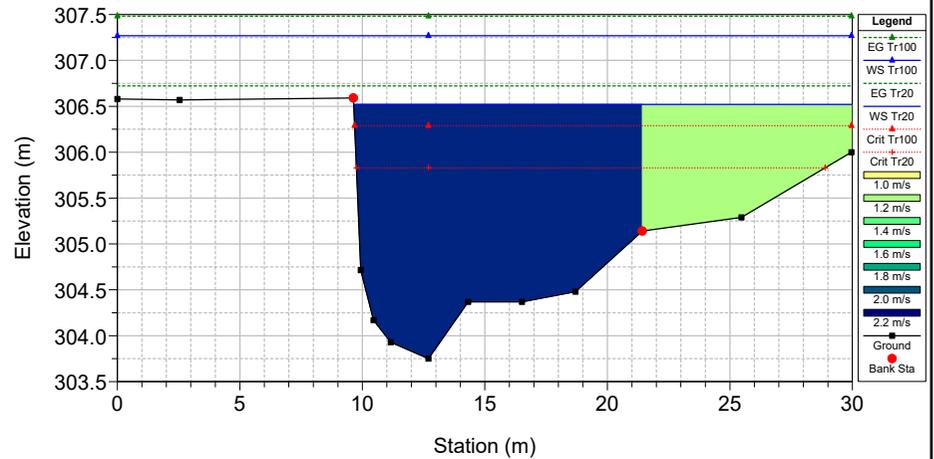
I33_monte Plan: A_Stato attuale
 Geom: Intervento 33 - monte
 RS = 70



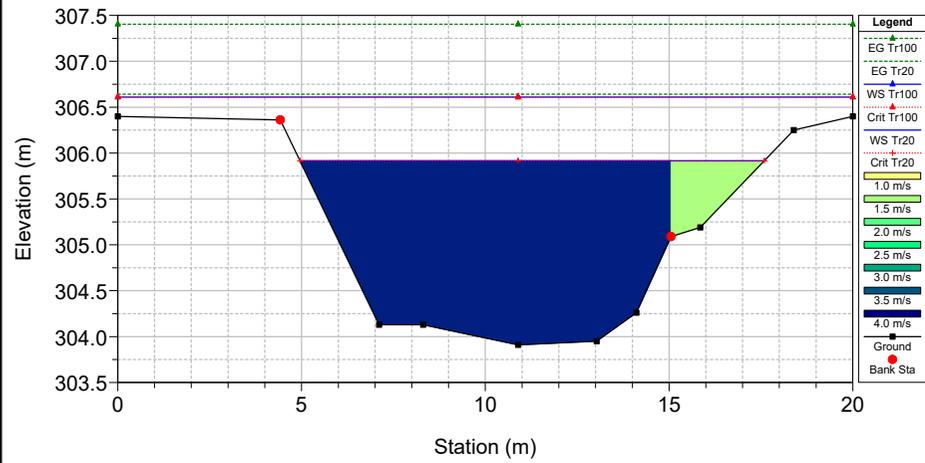
I33_monte Plan: A_Stato attuale
 Geom: Intervento 33 - monte
 RS = 60



I33_monte Plan: A_Stato attuale
 Geom: Intervento 33 - monte
 RS = 50



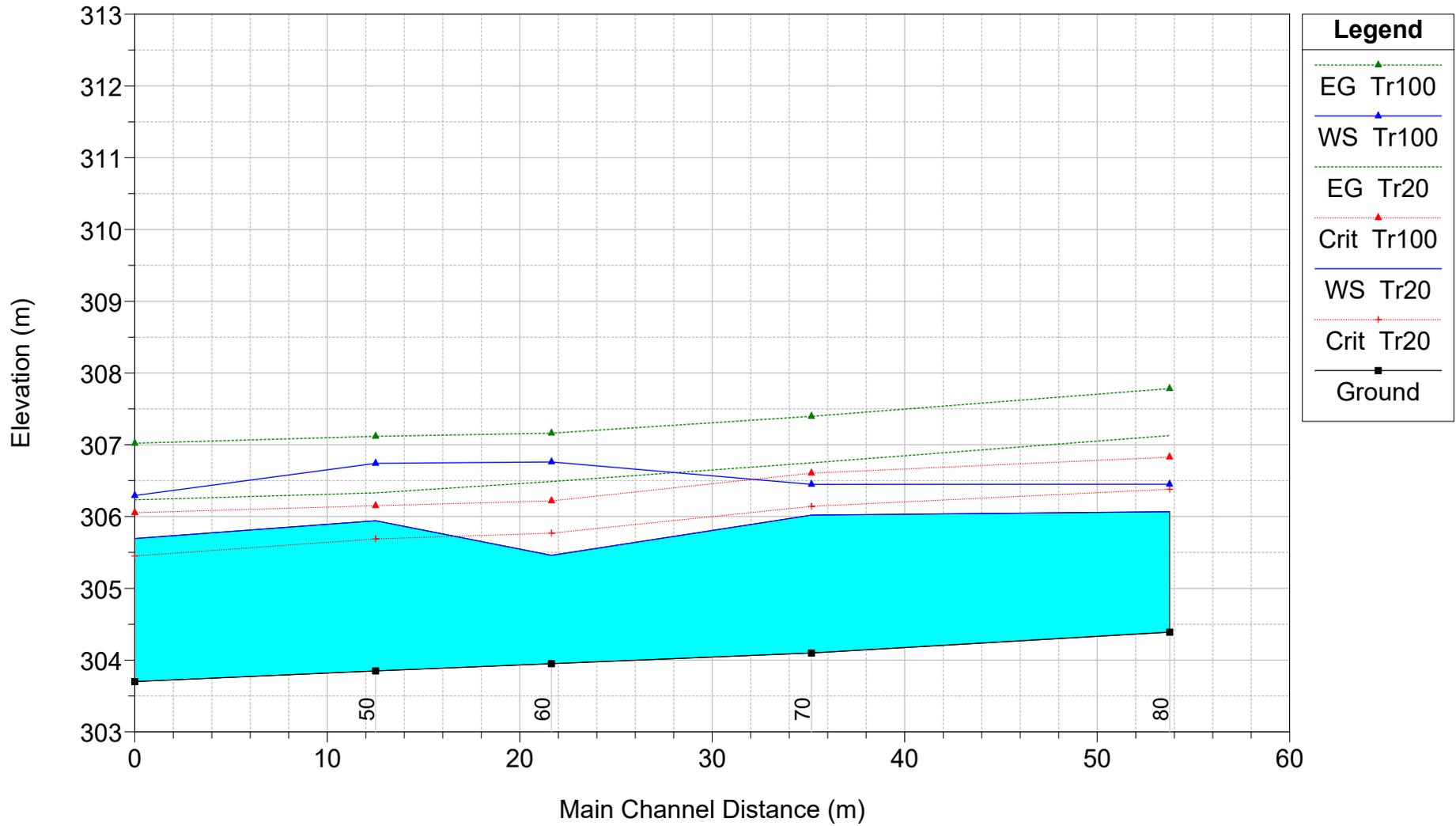
I33_monte Plan: A_Stato attuale
Geom: Intervento 33 - monte
RS = 40



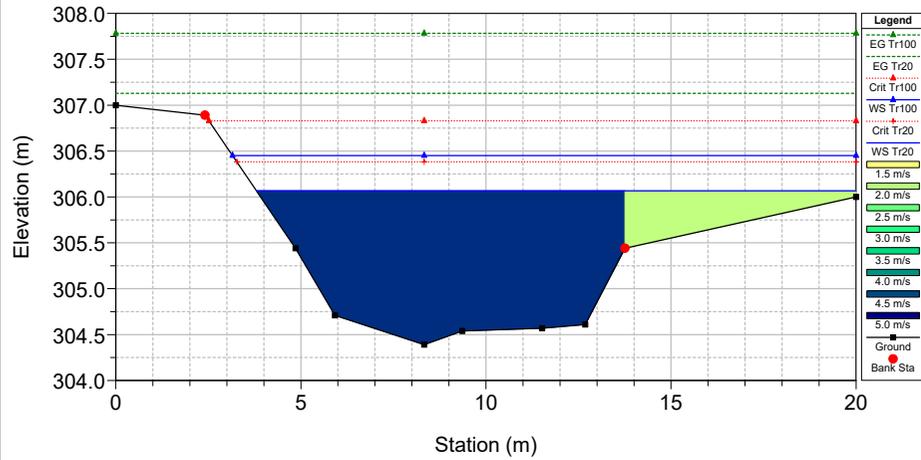
HEC-RAS Plan: A River: Torrente Levona Reach: I33 - monte

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
I33 - monte	80	Tr20	64.20	304.39	305.88	306.39	307.50	0.018801	5.71	12.00	14.52	1.71
I33 - monte	80	Tr100	103.50	304.39	306.23	306.85	308.27	0.018800	6.57	17.56	16.47	1.77
I33 - monte	70	Tr20	64.20	304.25	305.90	306.26	307.05	0.015094	4.75	13.62	15.34	1.48
I33 - monte	70	Tr100	103.50	304.25	306.22	306.69	307.83	0.015635	5.69	19.28	18.03	1.55
I33 - monte	60	Tr20	64.20	303.55	306.56	305.72	306.73	0.000992	1.99	37.60	20.46	0.41
I33 - monte	60	Tr100	103.50	303.55	307.29	306.20	307.49	0.000871	2.21	57.88	30.00	0.40
I33 - monte	50	Tr20	64.20	303.75	306.52	305.83	306.72	0.001257	2.12	34.37	20.32	0.46
I33 - monte	50	Tr100	103.50	303.75	307.27	306.29	307.48	0.000959	2.25	56.24	29.96	0.42
I33 - monte	40	Tr20	64.20	303.91	305.92	305.92	306.64	0.005445	3.82	17.59	12.64	0.96
I33 - monte	40	Tr100	103.50	303.91	306.61	306.61	307.40	0.004107	4.07	28.51	20.00	0.87

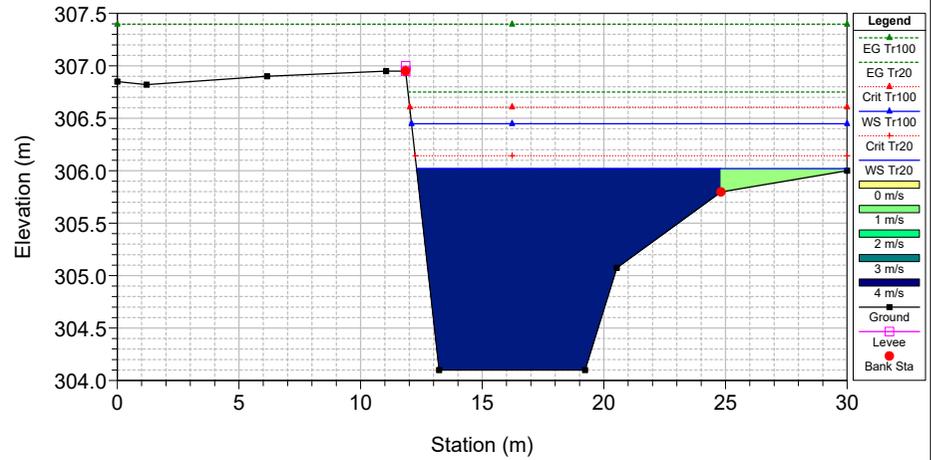
I33_monte Plan: B_Progetto
Geom: Intervento 33 - monte_PROG



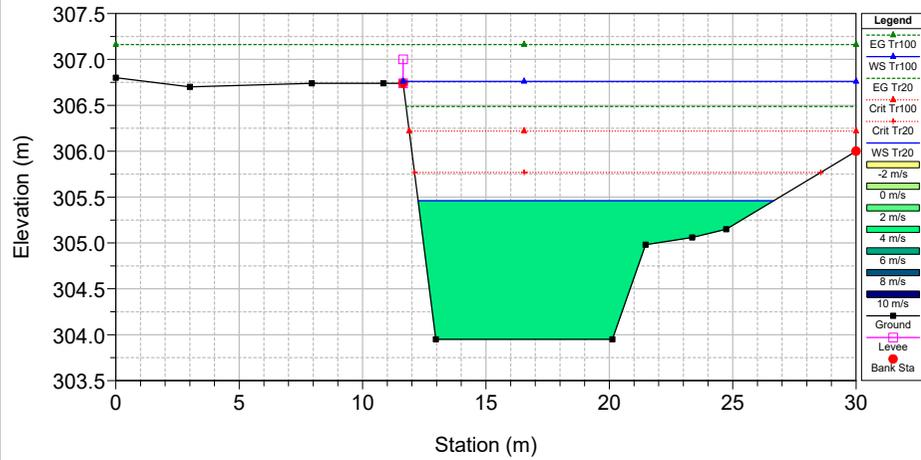
I33_monte Plan: B_Progetto
 Geom: Intervento 33 - monte_PROG
 RS = 80



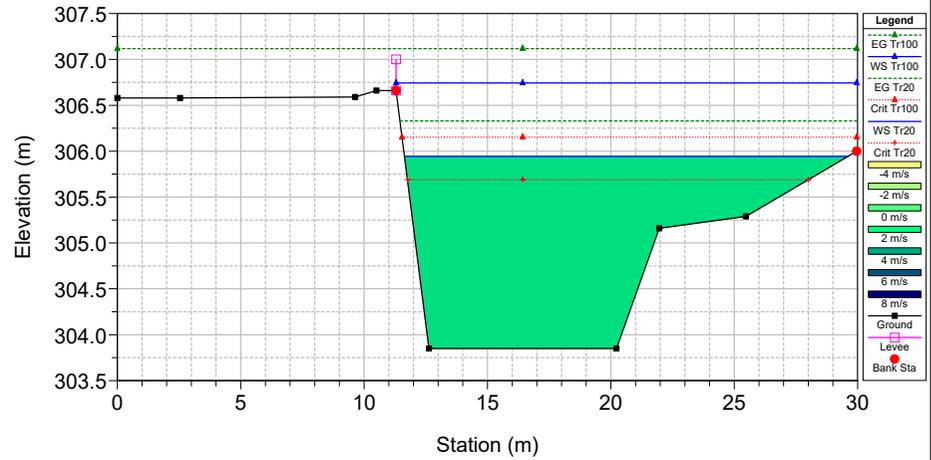
I33_monte Plan: B_Progetto
 Geom: Intervento 33 - monte_PROG
 RS = 70



I33_monte Plan: B_Progetto
 Geom: Intervento 33 - monte_PROG
 RS = 60



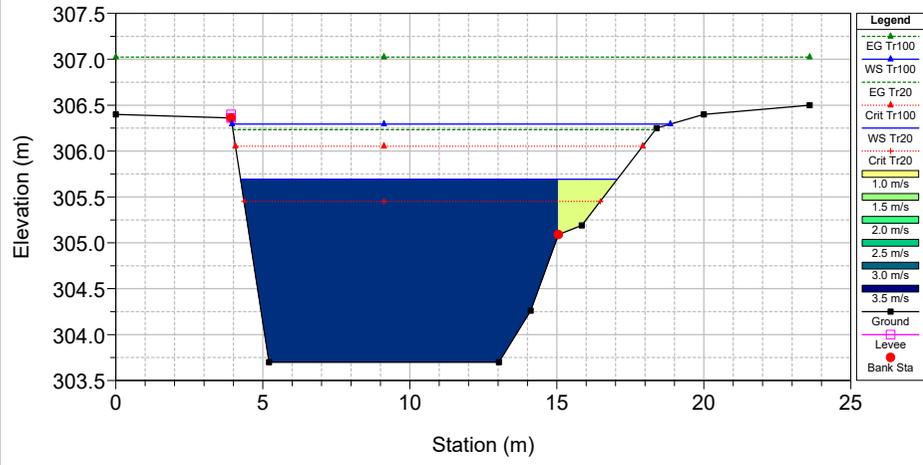
I33_monte Plan: B_Progetto
 Geom: Intervento 33 - monte_PROG
 RS = 50



I33_monte Plan: B_Progetto

Geom: Intervento 33 - monte_PROG

RS = 40



HEC-RAS Plan: B River: Torrente Levona Reach: I33 - monte

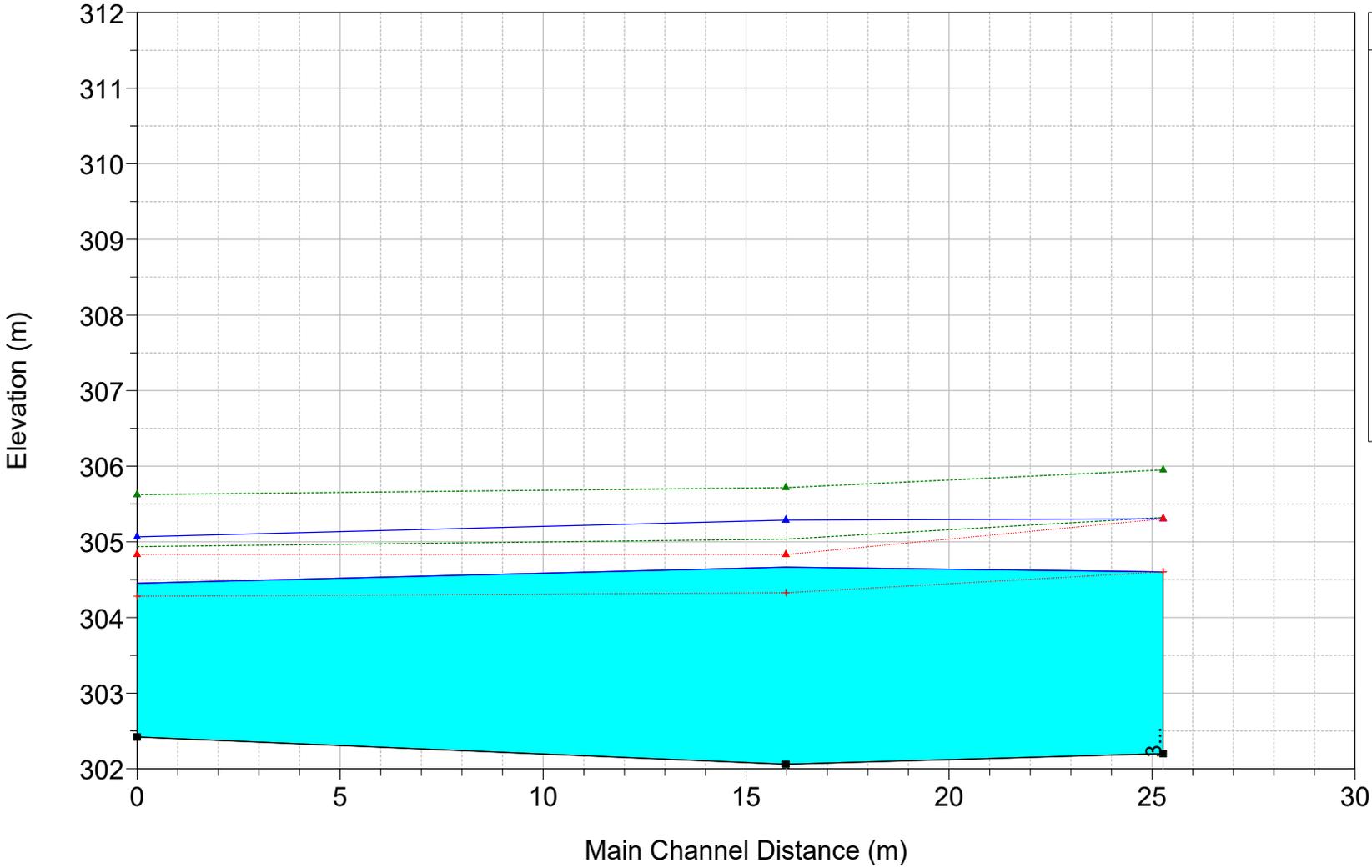
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
I33 - monte	80	Tr20	64.20	304.39	306.07	306.38	307.13	0.018813	4.69	14.97	16.20	1.32
I33 - monte	80	Tr100	103.50	304.39	306.45	306.83	307.78	0.018806	5.36	21.29	16.85	1.36
I33 - monte	70	Tr20	64.20	304.10	306.02	306.14	306.75	0.012444	3.80	17.41	17.70	1.05
I33 - monte	70	Tr100	103.50	304.10	306.45	306.61	307.40	0.012091	4.41	25.04	17.91	1.07
I33 - monte	60	Tr20	64.20	303.95	305.46	305.77	306.49	0.024935	4.49	14.30	14.41	1.44
I33 - monte	60	Tr100	103.50	303.95	306.76	306.22	307.16	0.004131	2.81	36.88	18.36	0.63
I33 - monte	50	Tr20	64.20	303.85	305.94	305.69	306.33	0.006643	2.75	23.31	17.97	0.77
I33 - monte	50	Tr100	103.50	303.85	306.74	306.15	307.12	0.003811	2.72	38.10	18.67	0.61
I33 - monte	40	Tr20	64.20	303.70	305.69	305.45	306.23	0.006505	3.27	20.11	12.81	0.78
I33 - monte	40	Tr100	103.50	303.70	306.29	306.05	307.02	0.006508	3.84	28.33	14.91	0.80

I33_valle Plan: I33 valle attuale

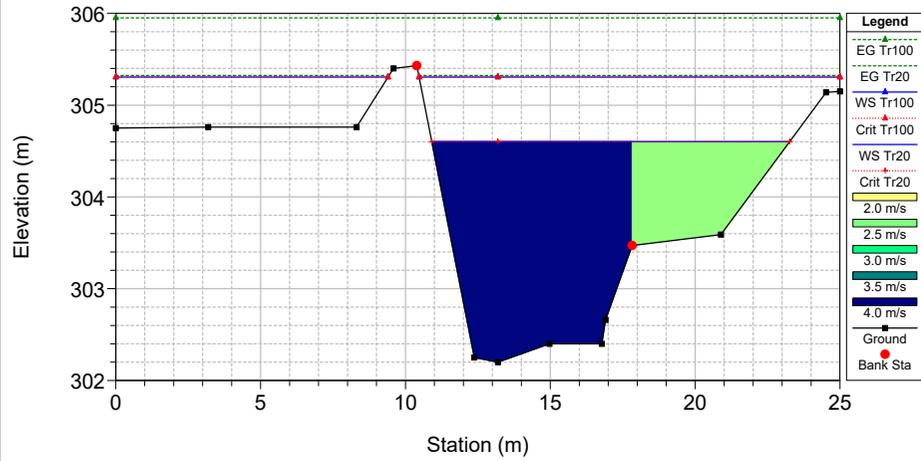
Geom: I33 valle_attuale

Legend

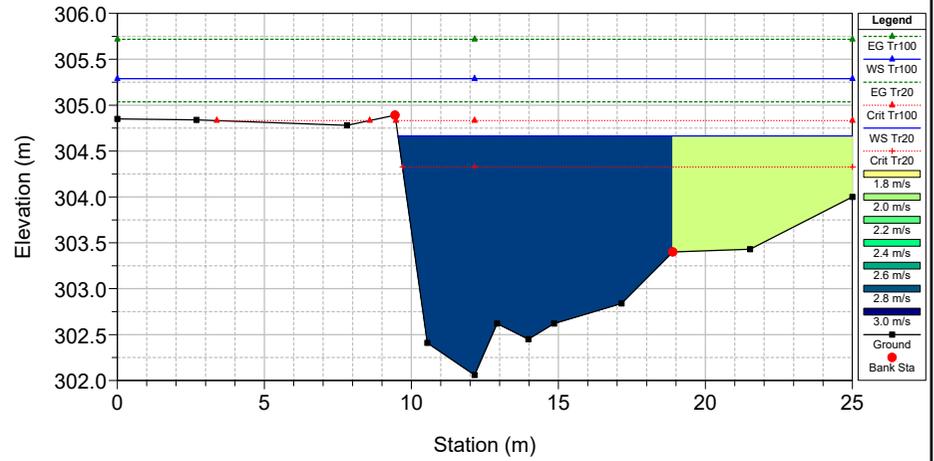
- EG Tr100
- WS Tr100
- EG Tr20
- Crit Tr100
- WS Tr20
- Crit Tr20
- Ground



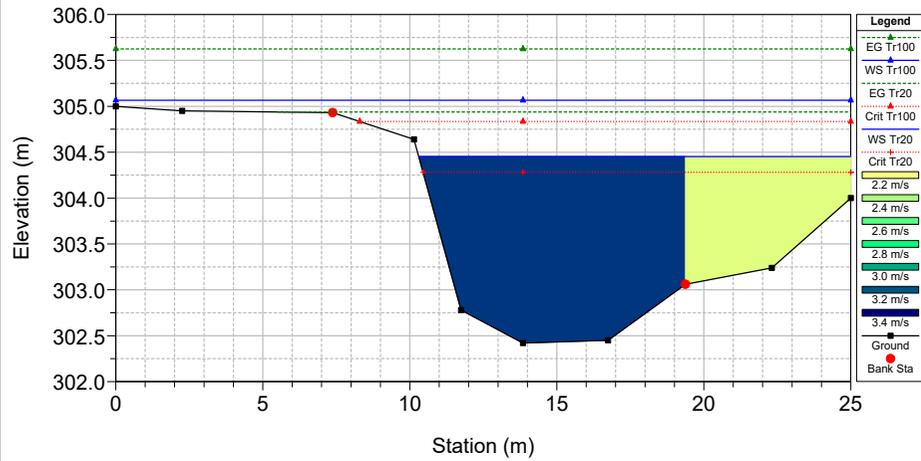
I33_valle Plan: I33 valle attuale
 Geom: I33 valle_attuale
 RS = 30



I33_valle Plan: I33 valle attuale
 Geom: I33 valle_attuale
 RS = 20



I33_valle Plan: I33 valle attuale
 Geom: I33 valle_attuale
 RS = 10

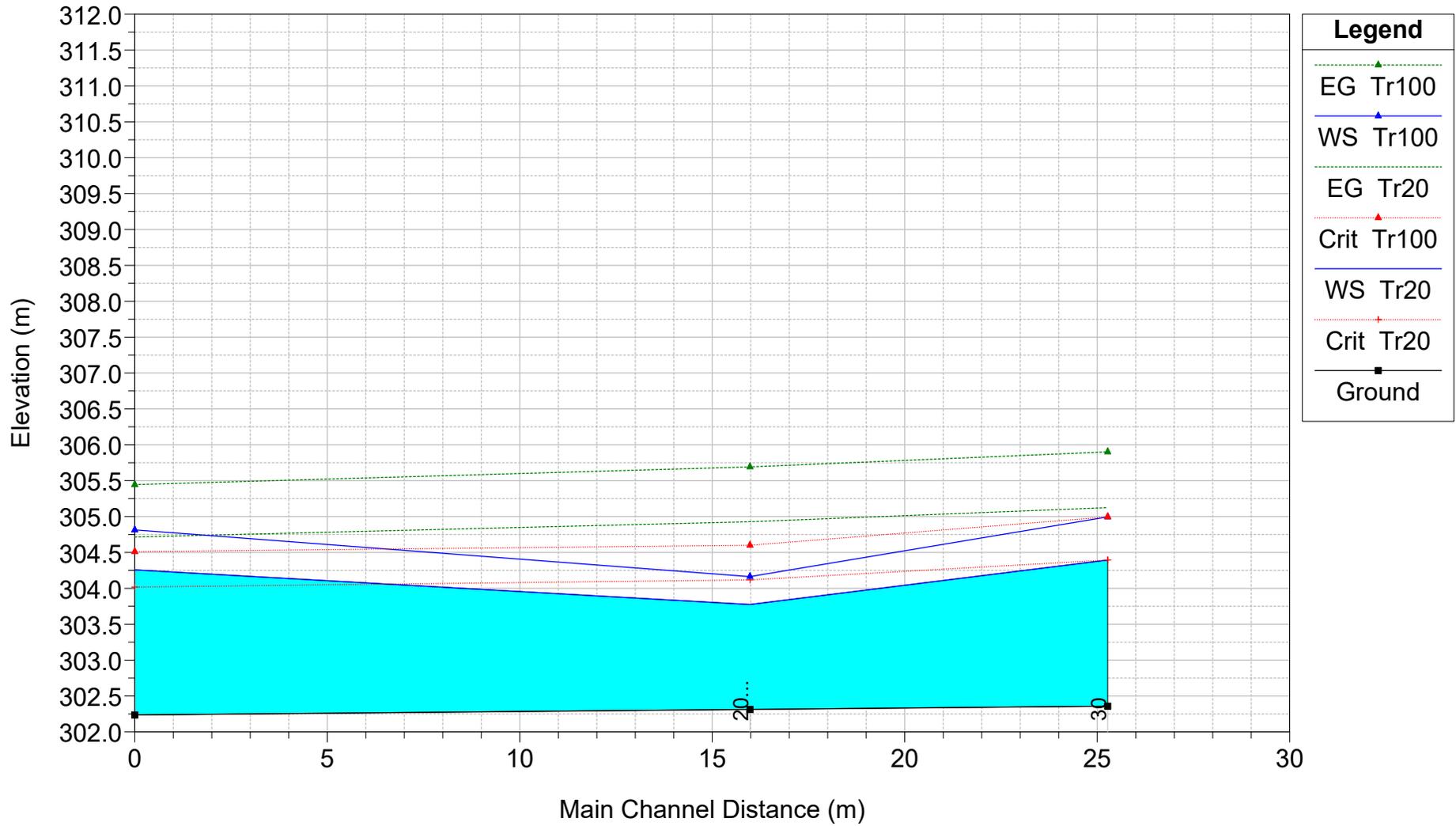


HEC-RAS Plan: Av River: Torrente Levona Reach: I33_valle

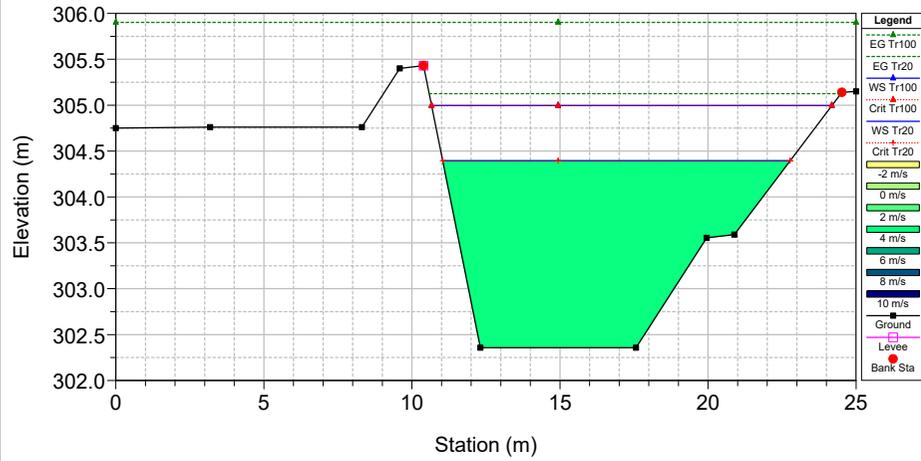
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
I33_valle	30	Tr20	64.20	302.20	304.60	304.60	305.32	0.009655	3.98	17.92	12.36	0.91
I33_valle	30	Tr100	103.50	302.20	305.31	305.31	305.95	0.007009	3.94	32.23	23.93	0.79
I33_valle	20	Tr20	64.20	302.06	304.66	304.33	305.04	0.004675	2.86	24.66	15.45	0.66
I33_valle	20	Tr100	103.50	302.06	305.29	304.83	305.72	0.004010	3.15	38.74	25.00	0.63
I33_valle	10	Tr20	64.20	302.42	304.45	304.28	304.94	0.006504	3.27	21.47	14.70	0.80
I33_valle	10	Tr100	103.50	302.42	305.07	304.83	305.62	0.006506	3.46	32.21	25.00	0.82

I33_valle Plan: I33 valle PROG

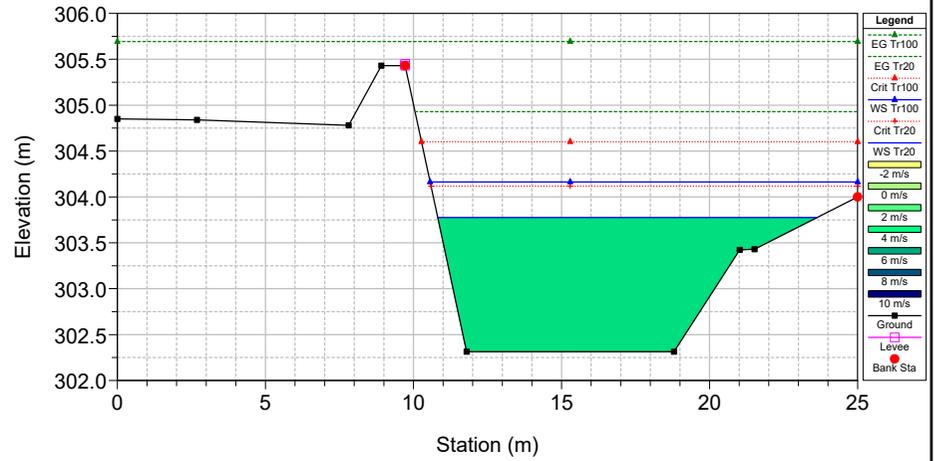
Geom: I33 valle_PROG



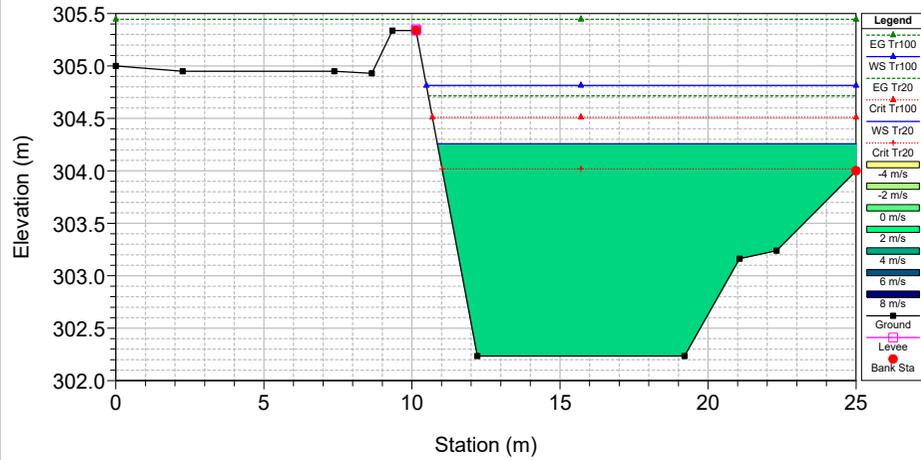
I33_valle Plan: I33 valle PROG
 Geom: I33 valle_PROG
 RS = 30



I33_valle Plan: I33 valle PROG
 Geom: I33 valle_PROG
 RS = 20



I33_valle Plan: I33 valle PROG
 Geom: I33 valle_PROG
 RS = 10



HEC-RAS Plan: P River: Torrente Levona Reach: I33_valle

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
I33_valle	30	Tr20	64.20	302.36	304.39	304.39	305.12	0.011289	3.78	16.96	11.74	1.01
I33_valle	30	Tr100	103.50	302.36	305.00	305.00	305.90	0.010523	4.21	24.56	13.52	1.00
I33_valle	20	Tr20	64.20	302.31	303.77	304.12	304.93	0.025574	4.76	13.50	12.81	1.48
I33_valle	20	Tr100	103.50	302.31	304.16	304.60	305.69	0.025966	5.48	18.89	14.44	1.53
I33_valle	10	Tr20	64.20	302.24	304.26	304.02	304.71	0.006504	2.99	21.44	14.14	0.78
I33_valle	10	Tr100	103.50	302.24	304.81	304.51	305.45	0.006503	3.52	29.42	14.51	0.79