

# Unione Montana Valli Borbera e Spinti

Piazza Europa, n. 13 – 15060 Borghetto di Borbera (AL)

## Comune di Grondona

Via Vittorio Emanuele II, n. 2 – 15060 Grondona (AL)



Accordo di Programma ai sensi dell'art. 8, comma 4, della L.R. 13/1997.

Piano degli interventi annualità 2014 – 2015

## PROGETTO DEFINITIVO

### COSTRUZIONE INVASO ARTIFICIALE LOC. TORRENTE SPINTI COMUNE DI GRONDONA

### RELAZIONE DI VERIFICA IDRAULICA DI COLLASSO

Rev.1 Luglio 2025

Novi Ligure, Luglio 2025

Ing. Enrico Vecchione

---

Il Presidente

Ing. Silvio Barbieri

---

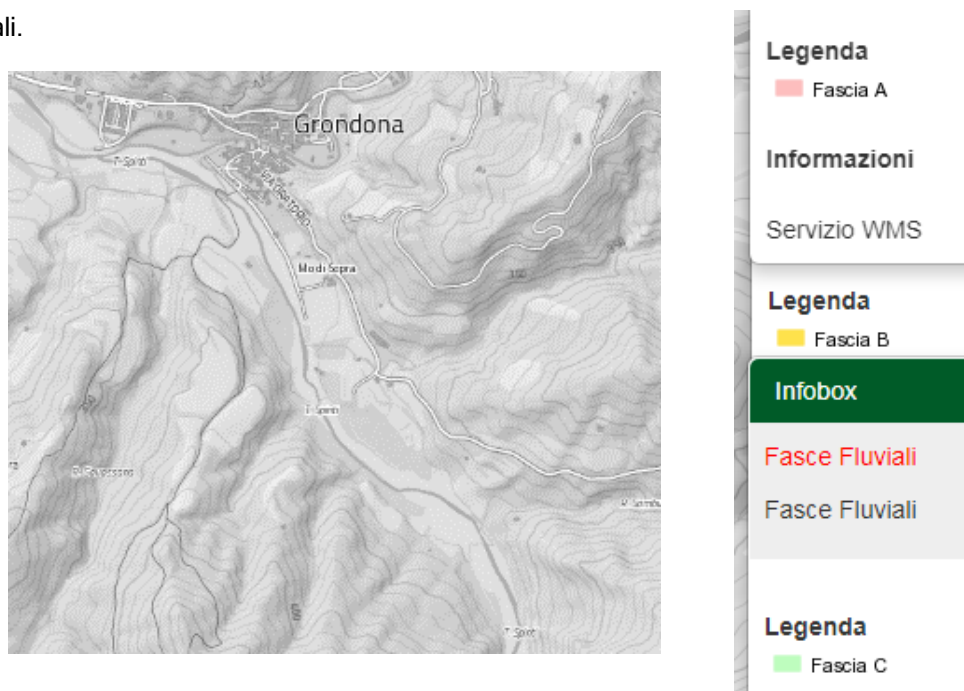
## INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'ALVEO .....	5
3	CARATTERISTICHE AMBIENTALI E PAESISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE.....	6
3.1	USO DEL SUOLO .....	6
4	ANALISI IDRAULICA E VERIFICA SEZIONI DI DEFLUSSO .....	8
4.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
4.2	PORTATE DI PIENA DI RIFERIMENTO .....	8
4.3	CALCOLO DELL'EFFETTO DI LAMINAZIONE DOVUTO ALLA PRESENZA DELL'INVASO IN PROGETTO .....	11
4.4	MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO .....	14
4.5	COEFFICIENTI DI SCABREZZA E CONDIZIONI AL CONTORNO .....	16
4.6	CONDIZIONI FISICHE DI RIFERIMENTO .....	16
4.7	VERIFICA IDRAULICA PER LO STATO ATTUALE .....	19
4.8	VERIFICA IDRAULICA STATO DI PROGETTO .....	27
4.9	VERIFICA IDRAULICA STATO DI PROGETTO CON LAMINAZIONE .....	35
5	EFFETTI IDRAULICI DELL'INTERVENTO .....	44
5.1	E.1 – MODIFICHE INDOTTE SUL PROFILO INVILUPPO DI PIENA .....	44
5.2	E.2 – RIDUZIONE DELLA CAPACITÀ DI INVASO DELL'ALVEO.....	44
5.3	E.3 – INTERAZIONI CON LE OPERE DI DIFESA IDRAULICHE ESISTENTI .....	45
5.4	E.4 – OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO .....	45
5.5	E.5 – MODIFICHE INDOTTE SULL'ASSETTO MORFOLOGICO PLANIMETRICO ED ALTIMETRICO DELL'ALVEO INCISO E DI PIENA. ....	45
5.6	E.6 – MODIFICHE INDOTTE SULLE CARATTERISTICHE NATURALI E PAESAGGISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE 45	
5.7	E.7 – CONDIZIONI DI SICUREZZA DELL'INTERVENTO RISPETTO ALLA PIENA. ....	45

## 1 PREMESSA

La presente Relazione riguarda la richiesta di Autorizzazione Unica per la realizzazione di un nuovo invaso da realizzarsi presso il Comune di Grondona nell'alveo del torrente Spinti, con funzione di bacino di accumulo e laminazione per sopperire alle carenze estive che negli ultimi anni hanno messo in grave difficoltà gli allevatori ed i contadini locali.

Per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico (PAI) vigente nell'area di progetto non risultano definite le Fasce fluviali.



*Figura 1 – Fasce Fluviali per l'area di progetto.*

L'*Atlante dei Rischi per il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*, dell'Autorità di Bacino del fiume Po, definisce il rischio nel territorio comunale.

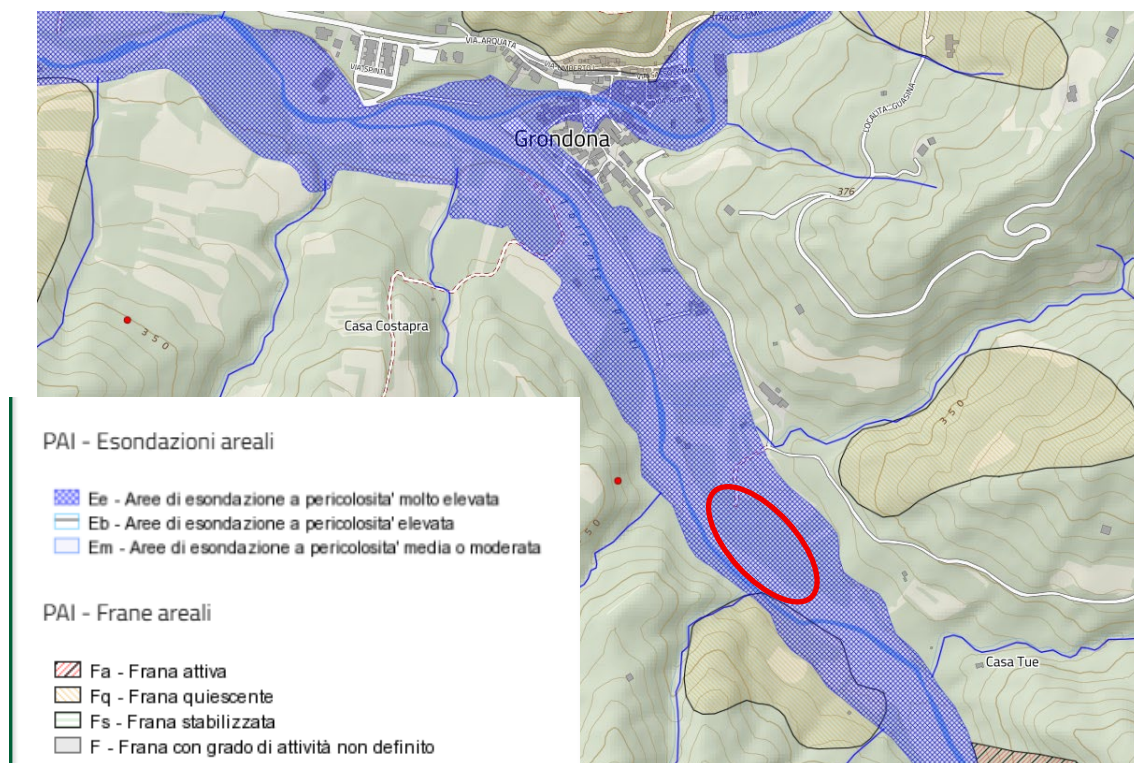


Figura 2 -- Delimitazione delle aree di dissesto.

Il Torrente Spinti è identificato come area a pericolosità molto elevata (Ee), per cui sono necessarie opportune verifiche idrauliche.

Il progetto ricade nell'ambito di applicazione dell'art.9 comma 5 delle Norme di Attuazione del PAI e pertanto viene predisposta la presente verifica di compatibilità idraulica.

Inoltre con Deliberazione n°2/2016 l'Autorità di Bacino del fiume Po ha approvato il “Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano” (PGR).

Il PGR, introdotto dalla Direttiva per ogni distretto idrografico, dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

Di seguito si riportano gli estratti delle mappe di pericolosità e delle mappe del rischio per l'area di interesse.

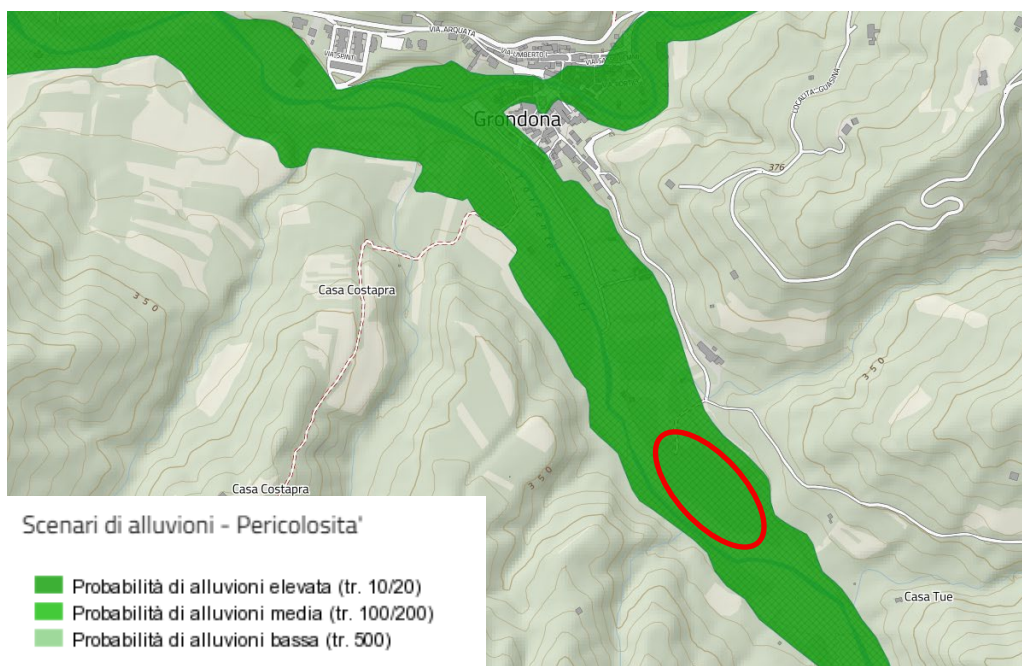


Figura 3 - Estratto mappa di pericolosità PGRA per l'area di progetto.

L'area di progetto ricade in pericolosità media TR 100/200 anni. L'opera ricade in area con rischio moderato.

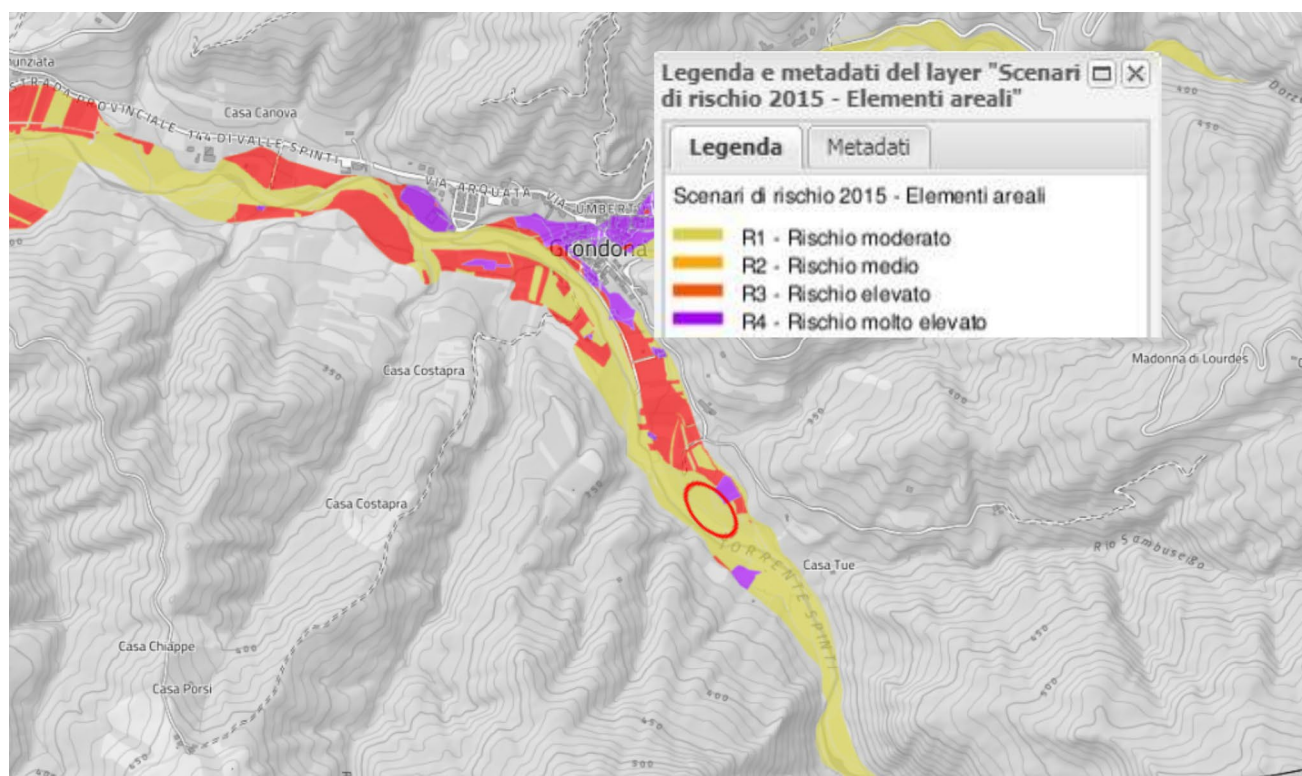


Figura 4 - Estratto mappa scenari di rischio PGRA per l'area di progetto.

Nel seguito verrà valutata la compatibilità idraulica delle opere in progetto nel rispetto della Normativa emessa da tale Ente, identificando e quantificando gli effetti dell'intervento in progetto sul corso d'acqua rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche precedenti alla realizzazione dello stesso.

In particolare, con riferimento alla Direttiva PAI 2/1999, il presente studio analizza ed approfondisce i seguenti punti, che costituiscono la caratterizzazione conoscitiva del sistema fluviale e la valutazione degli effetti ascrivibili al progetto di intervento:

- caratteristiche morfologiche dell'alveo
- caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale
- portate di piena
- opere di difesa idraulica
- manufatti interferenti
- modalità di deflusso in piena
- effetti degli interventi in progetto

In ottemperanza a quanto richiesto dalla Normativa è stata effettuata una SIMULAZIONE IDRAULICA dello stato di fatto e, successivamente, dello stato di progetto, che hanno evidenziato l'assenza di modifiche significative del progetto stesso nei deflussi delle piene del torrente Spinti.

Inoltre è stata effettuata la simulazione idraulica tenendo conto anche dell'effetto di laminazione dovuto alla presenza dell'invaso nel caso della piena con tempo di ritorno 200 anni.

## 2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'ALVEO

L'area oggetto di studio, è posta nell'alveo di piena ordinaria e straordinaria del T. Spinti, poco a monte del concentrico di Grondona, intorno a quota 320 m s.l.m.

E' collocata nel settore di fondovalle alluvionale; in questo settore la sponda fluviale è localmente disegnata dal ciglio di una breve scarpata, che costituisce la sponda destra dell'alveo di piena ordinaria del torrente.

La dinamica torrentizia del T. Spinti, nell'area di interesse progettuale, non risulta condizionata e/o limitata dalla presenza di opere antropiche, quali difese spondali in massi.

Il bacino idrografico del Torrente Spinti, trae origine dalle pendici settentrionali dell'Appennino Ligure, risulta allungato secondo la direzione SE – NW ed è coronato da ampi rilievi a pendici accidentate, prevalentemente boscate e poco praticabili; solo nella zona di fondovalle, in prossimità del concentrico di Grondona, la morfologia diviene più dolce, permettendo anche locali coltivazioni agricole.

Il Torrente Spinti è caratterizzato da pendenze longitudinali medio-alte e da un trasporto solido di fondo molto elevato, prevalentemente ghiaioso.

La zona in oggetto è caratterizzata da un fondovalle alluvionale ampio, con una considerevole espansione dell'area di piena, con abbondante deposito ghiaioso-sabbioso.

Esso è caratterizzato da una distesa di alluvioni ciottolose solcate da un canale piuttosto rettilineo, tipico di corsi d'acqua a gradiente elevato, carico di fondo prevalente e regime effimero; frequenti sono le barre laterali (molto instabili), mentre la sezione risulta nella parte rettilinea poco profonda (riffle), intervallata da locali deviazioni verso le rive, più profonde (pool) con inizi di erosione.

La sedimentazione laterale è connessa alla migrazione delle barre al margine del canale attivo, mentre quella verticale, molto accentuata, è dovuta alla tracimazione (overbank) ai lati del canale principale ed allo riempimento di canali abbandonati.

### 3 CARATTERISTICHE AMBIENTALI E PAESISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE

L'area di progetto è situata sul territorio del Comune di Grondona, a monte dell'abitato, a quota 320 m circa sul livello del mare.



*Figura 5 - Fotografia aerea dell'area di progetto.*

#### 3.1 USO DEL SUOLO

Secondo il Piano Regolatore Generale di Fresonara, l'area di progetto è compresa in aree per attività agricole. La fascia è sottoposta al vincolo art. 142 del D.lgs 42/2004.

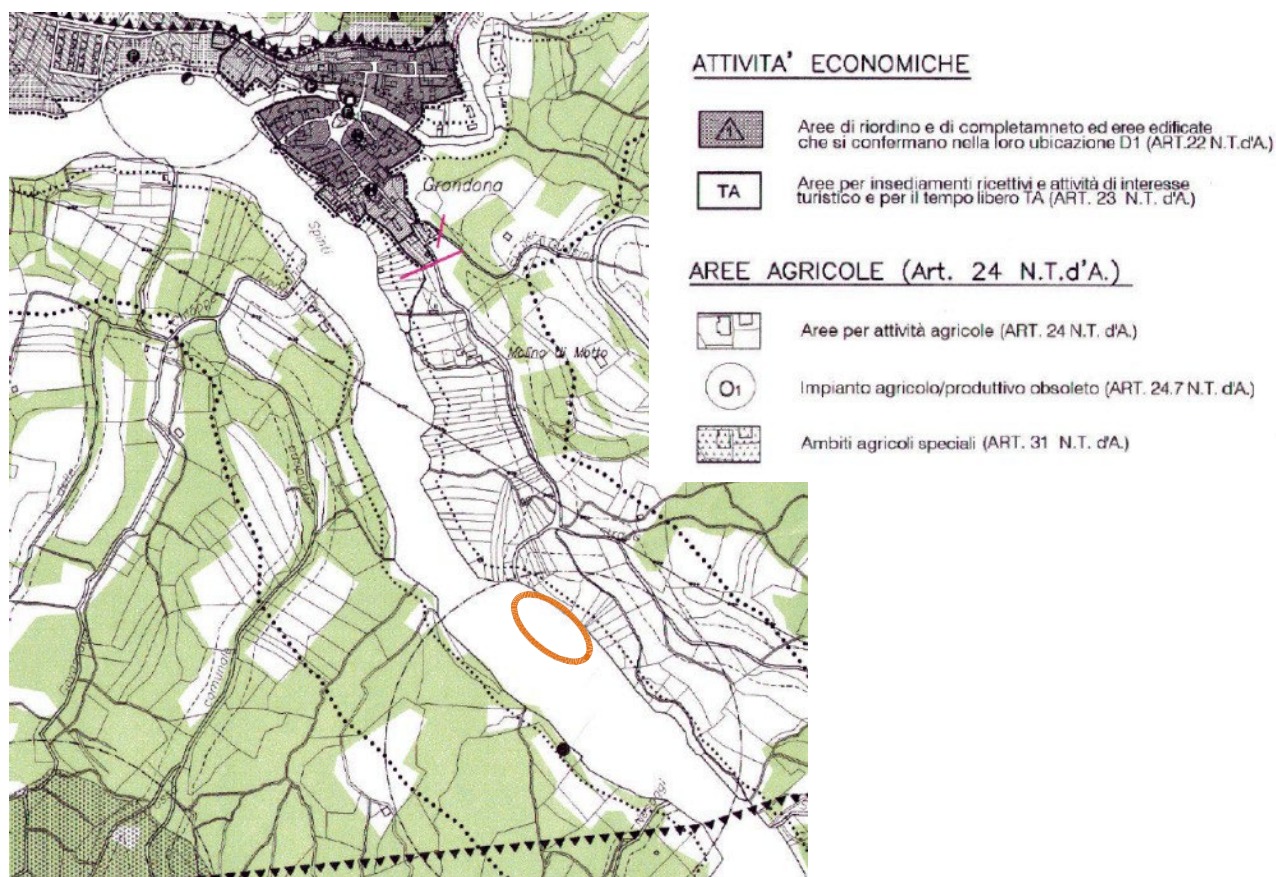


Figura 6 - Estratto Variante Generale al P.R.G.I. – TAV. 2.1.a

Nell'area di progetto vi sono zone estesamente coltivate.

Nell'intorno dell'area di progetto la vegetazione risulta rappresentata da arbusti, salici e pioppi bianchi, si rimanda alla "Relazione specialistica forestale" allegata al progetto Definitivo per ulteriori approfondimenti.

## 4 ANALISI IDRAULICA E VERIFICA SEZIONI DI DEFLUSSO

### 4.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la definizione dei criteri di valutazione si è fatto riferimento alle indicazioni fornite dalle seguenti documentazioni:

- > Direttiva (Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B) emessa dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nell'ambito del "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali", approvata dal Comitato tecnico in data 27/04/1999, aggiornata con approvazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11/05/1999 e modificata dalla deliberazione del Comitato Istituzionale n° 10 del 5/4/2006;
- > PAI (Progetto di piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n° 183, art. 17 comma 6 ter adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n° 18 in data 26 aprile 2001;

L'opera in progetto può essere realizzata nel rispetto della Direttiva di Piano dell'Autorità di Bacino n° 2/99, aggiornata al 2006, previo studio di compatibilità idraulica che documenti che l'opera:

- A) NON MODIFICA I FENOMENI IDRAULICI NATURALI
- B) NON COSTITUISCE SIGNIFICATIVO OSTACOLO AL DEFLUSSO
- C) NON LIMITA IN MODO SIGNIFICATIVO LA CAPACITÀ DI INVASO
- D) NON CONCORRE AD INCREMENTARE IL CARICO INSEDIATIVO.

## 4.2 PORTATE DI PIENA DI RIFERIMENTO

Al fine di determinare il contributo della portata di massima piena dovuto alle precipitazioni piovose sul bacino idrografico di drenaggio dell'invaso in progetto, è stata utilizzata la metodologia elaborata dall'Assessorato Regionale "Tutela del Suolo" della Regione Piemonte. Detto metodo si basa su un processo di regionalizzazione delle precipitazioni piovose elaborato a sua volta dal C.N.R. - Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche, che considera come distribuzione di probabilità delle piogge estreme la cosiddetta TCEV (Two Components Extreme Value).

Detta legge ipotizza che il massimo annuo delle precipitazioni piovose in un determinato punto sia il massimo di due popolazioni (componenti) tra loro indipendenti ed aventi una funzione di probabilità cumulata di Gumbel. Il numero totale dei parametri della distribuzione TCEV è quindi uguale a quattro, che vengono però ridotti a tre in base a considerazioni sui coefficienti di variazione e di asimmetria della distribuzione.

Il processo di regionalizzazione consente di determinare due di questi parametri, costanti su tutto il territorio regionale (primo livello di regionalizzazione), mentre il terzo parametro è costante all'interno di 3 sottozone in cui è suddiviso il territorio regionale piemontese (secondo livello di regionalizzazione).

Il terzo livello di regionalizzazione è legato alla determinazione della media della distribuzione, che dipende dai valori dei parametri locali.

Ciò dà luogo a sei ulteriori aree omogenee, per le quali è disponibile una diversa curva di possibilità pluviometrica, nelle quali compaiono, come variabili indipendenti, la durata dell'evento pluviometrico e la quota del punto considerato. Dette aree sono riportate nella figura n° 4 qui di seguito.

Operativamente, per determinare le precipitazioni massime per periodo di ritorno assegnato, si procede come segue:

1. Si verifica in quale "area omogenea" si situa il punto considerato, e si determina la relativa curva di possibilità pluviometrica.
2. Si determina il tempo di corrivazione del bacino in esame; esso rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale, e può essere calcolato tramite alcune formule empiriche:

Viparelli:	$t_c = L/v$	[ore]
Puglisi:	$t_c = 6 * L^{0.67} / (H_m - H_0)^{0.33}$	[ore]
Giandotti:	$t_c = [4 * A^{0.5} + 1,5 * L] / (0,8 * (H_m - H_0)^{0.5})$	[ore]

dove:

$A [km^2]$  è la superficie del bacino sotteso,

$L [km]$  è la lunghezza dell'asta principale,

$H_m [m]$  è la quota media del bacino,

$H_0 [m]$  la quota della sezione di chiusura.

3. Si determina l'altezza di pioggia massima media annua tramite la curva di possibilità pluviometrica, ponendo come durata dell'evento il valore del tempo di corrivazione, la quale mette in relazione l'altezza di pioggia (in mm) alla durata (in ore) mediante i parametri  $a$  e  $n$ , ricavati dai dati storici mediante elaborazione statistica:

$$h(t) = a \cdot t_c^n$$

4. Si determina la portata massima mediante la formula razionale:

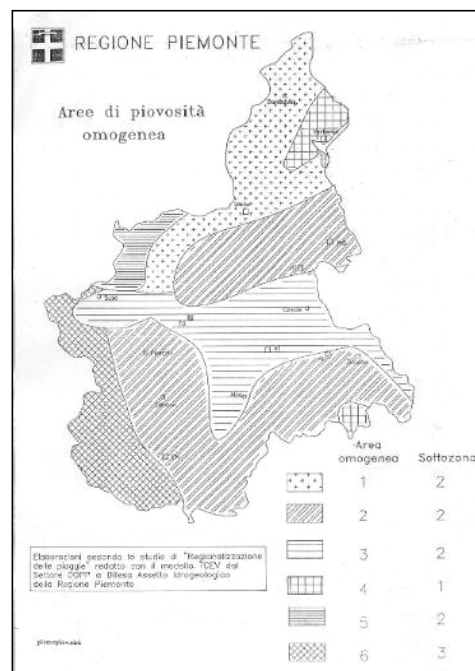
$$Q = \Phi \cdot A \cdot h/t_c$$

dove :

$\Phi$ : coefficiente di deflusso

$h/t_c$ : intensità di pioggia di durata pari a quella del tempo di corrivazione.

Figura 7 -Aree di piovosità omogenea della Regione Piemonte.



#### VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL TORRENTE SPINTI

Al fine di verificare l'eventuale interferenza dell'invaso in progetto con il deflusso delle piene del torrente Spinti sono state calcolate, con il metodo precedentemente illustrato, le portate di piena del torrente Spinti chiuso all'invaso in progetto.

Il bacino idrografico sotteso a monte del tratto interessato presenta le seguenti caratteristiche:

Superficie del bacino:  $A = 22.35 \text{ km}^2$

Lunghezza dell'asta principale:  $L = 8.5 \text{ km}$

Quota massima:  $H_{\max} = 1.016 \text{ m s.l.m.}$

Quota media:  $H_m = 667 \text{ m s.l.m.}$

Quota della sezione di chiusura:  $H_0 = 320 \text{ m s.l.m.}$

- > I parametri  $a$  e  $n$  sono stati ricavati dalla Direttiva "Piena di progetto" del PAI dell'AdBPo, allegato 3 - "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" – parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni.

Per definire i parametri  $a$  e  $n$  riferiti a vari tempi di ritorno sono state prese in considerazione tutte le celle pluviometriche del bacino idrografico chiuso all'invaso in progetto e riportate nella tabella seguente:

COEFFICIENTI $a$ E $n$							
cella	Area	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 200 anni	
		$a$	$n$	$a$	$n$	$a$	$n$
CW128	5.59	52.530	0.373	68.310	0.361	75.040	0.364
CW127	5.59	21.270	0.368	66.870	0.361	73.510	0.358
CV128	5.59	52.190	0.379	67.950	0.373	74.680	0.371

CV127	5.58	51.250	0.374	66.970	0.367	73.670	0.365
	22.35	44.307	0.373	67.525	0.365	74.225	0.364
<i>media pesata sulla superficie</i>							

- Il tempo di corrivazione del bacino è stato valutato con la formulazione di Giandotti e risulta pari a:

$$t_c = [4 \cdot A^{0.5} + 1,5 \cdot L] / (0,8 \cdot (H_m - H_0)^{0.5} =$$

$$[4 \cdot 105^{0.5} + 1,5 \cdot 31,5] / (0,8 \cdot (663,50 - 169)^{0.5}) = 127 \text{ minuti} = 2,12 \text{ h}$$

- Il coefficienti di deflusso  $\Phi$  è stato valutato in funzione della classificazione dell'uso del suolo. Si riportano di seguito i valori attribuiti ai coefficienti di deflusso da vari autori.

<i>Classe di uso del suolo</i>	<i>Substrato mediamente permeabile</i>	<i>Substrato poco permeabile</i>
Seminativi, prati avvicendati, colture orticole	0.77	0.85
Prati stabili con seminativi interclusi	0.77	0.85
Prati nei fondovalle	0.77	
Colture legnose da frutto	0.60	0.73
Pioppeti	0.55	0.70
Prati e pascoli	0.61	0.74
Boschi	0.60	0.73
Incolto	0.50	0.70
Aree nude	0.80	0.90
Aree urbanizzate	0.90	0.90

*Tabella 1: Coefficienti di deflusso in funzione delle classi di uso del suolo e della permeabilità del substrato, tratto da Sottoprogetto SP1 "Piene e naturalità alvei fluviali", Autorità di Bacino del fiume Po, 1995*

Cautelativamente sono stati assunti come riferimento i valori dei coefficienti di afflussi tratti dal Sottoprogetto SP1 "Piene e naturalità alvei fluviali", Autorità di Bacino, 1995, che risultano nettamente più elevati rispetto a quelli di Ippolito e di Ven Te Chow.

*Il coefficienti di deflusso  $\Phi$  adottato è pari a 0,72.*

Si ottengono le seguenti portate di piena:

Tempo di Ritorno	Portate di riferimento
20 anni	124 m <sup>3</sup> /s
100 anni	187 m <sup>3</sup> /s
200 anni	206 m <sup>3</sup> /s

*Tabella 2: Portate di progetto alla sezione di chiusura in esame (bacino imbrifero 22.35 Km<sup>2</sup>).*

#### 4.3 CALCOLO DELL'EFFETTO DI LAMINAZIONE DOVUTO ALLA PRESENZA DELL'INVASO IN PROGETTO

Le vasche di laminazione vengono realizzate per risolvere il problema delle esondazioni a valle, e hanno il compito fondamentale di accogliere al loro interno i picchi di piena derivanti dai corsi d'acqua durante eventi meteorologici eccezionali.

La loro funzione è quindi quella di ridurre o ritardare il valore di colmo dell'onda di piena.

I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione sono il minimo volume utile di laminazione, la geometria della vasca e le caratteristiche dello scarico.

Nel caso in esame, dal momento che l'invaso non ha come obiettivo prioritario la laminazione delle piene, per calcolare l'effetto di laminazione si è ipotizzato di svuotare preventivamente l'invaso in caso di allerta meteo, in modo da disporre di tutto il volume invasabile pari a circa 14000 mc.

Lo studio ha considerato vari eventi di prefissato tempo di ritorno, valutando per ciascuno di essi il volume da invasare al fine di ridurre il valore al colmo dell'onda di piena.

In particolare è stato analizzato l'idrogramma di piena con tempo di ritorno 200 anni in quanto si è ritenuto un tempo di ritorno che permette di ridurre il picco di piena a valle senza andare a modificare in modo sostanziale il paramento dell'invaso ed attivando la funzione di laminazione con frequenza ridotta.

Per attivare il travaso delle portate di piena dal torrente Spinti all'invaso in progetto si prevede di realizzare uno sfioratore laterale. Lo sfioratore dovrà essere realizzato nel tratto di monte dell'invaso, avrà una lunghezza di 53 m e verrà realizzato a quota di 317.60 m s.l.m..

Il calcolo dello sfioratore è stato effettuato per tentativi modo da far defluire nell'invaso una portata in grado di ridurre il picco di piena e riempire l'invaso.

Definita la dimensione dello sfioratore e di conseguenza la portata in ingresso alla vasca è stata calcolata la portata che continua a defluire in alveo. Tale valore di portata è stato usato come dato di ingresso nell'idrogramma calcolato per la portata con periodo di ritorno 200 anni, al fine di definire il tempo di attivazione dell'invaso con funzione di laminazione ed il conseguente volume di laminazione.

Il procedimento è stato ripetuto fino ad ottimizzare le dimensioni dello sfioratore in modo da laminare il volume corrispondente a quello dell'invaso in progetto.

Di seguito si riportano i calcoli finali svolti, *si evidenzia che la funzione di laminazione dell'invaso permette di ridurre la portata di piena passando da un tempo di ritorno di 200 anni ad un tempo di ritorno di 100 anni.*

La lunghezza dello sfioratore è stata determinata applicando la formula per il calcolo della portata sfiorante, di seguito riportata:

$$\Delta Q = C_{da} \sqrt{2 * g * (h_o - w)^3} * \Delta L$$

Dove:

$C_{da}$  = coefficiente medio di deflusso per stramazzo in parete grossa, pari a 0.325

$h_o$  = battente d'acqua sulla soglia dello sfioratore

$w_a$  = soglia dello sfioratore = 317.60 m s.l.m.

La portata  $\Delta Q$ , corrispondente alla differenza tra la portata con tempo di ritorno di 200 anni (206 mc/s) e la portata che continuerà a defluire nell'alveo del torrente Spinti, risulta pari a 19.30 mc/s. Di seguito si riporta la scala di deflusso delle portate scaricate al variare del carico idraulico sullo sfioratore:

$q$ [m s.l.m]	$h_o$ [m]	$\Delta Q$ [mc/s]
317.75	0.15	4.43
317.85	0.25	9.54
317.95	0.35	15.80
318.00	0.40	19.30

La portata che continuerà a defluire nel torrente Spinti a valle dello sfioratore risulta pari a:

$$Q_{T=200} - \Delta Q = 206 - 19.30 = 186.70 \text{ mc/s} \approx Q_{T=100} = 187 \text{ mc/s}$$

Di seguito si riportano i calcoli svolti per la definizione del volume di laminazione per l'idrogramma con tempo di ritorno 200 anni.

VOLUME DI LAMINAZIONE PER T=200 ANNI

La portata di piena con tempo di ritorno 200 anni e pari a 206 mc/s, tramite l'idrogramma di piena è possibile valutare il volume di laminazione.

Il coefficiente di laminazione ( $\eta$ ) o grado di laminazione, dato dal rapporto tra la portata massima in ingresso alla vasca di laminazione ( $\Delta Q$ ) e la portata massima in arrivo ( $Q_{T=200}$ ), per il caso in esame risulta:

$$\eta_{T=200} = \Delta Q / Q_{T=200} = 9,4\%$$

La tabella seguente riporta i valori dell'idrogramma di piena con tempo di ritorno 200 anni.

Le righe evidenziate corrispondono al periodo di attivazione della vasca di laminazione, è possibile quindi graficamente ricavare il volume di laminazione calcolando l'area sottesa dall'idrogramma tra gli istanti  $t_1$  e  $t_2$  corrispondenti al periodo di attivazione della vasca di laminazione (portate in arrivo superiori a 186,7 mc/s)

Q max	206 mc/s
Tempo di ritorno	200 anni
Tempo [ore]	Portata [mc/s]
0.00	0.00
0.15	14.59
0.30	29.17
0.45	43.76
0.60	58.35
0.75	72.93
0.90	87.52
1.05	102.10
1.20	116.69
1.35	131.28
1.50	145.86
1.65	160.45
1.80	175.04
1.92	186.70
2.00	194.48
2.05	199.35
2.10	204.21
2.12	205.96
2.20	198.07
2.25	193.21
2.32	186.40
2.35	183.48
2.50	168.99
2.65	154.31
2.80	139.72
2.95	125.14
3.10	110.55
3.25	95.96

3.40	81.38
3.55	66.79
3.70	52.20
3.85	37.62
4.00	23.03
4.15	8.44
4.20	3.58
4.25	0.00

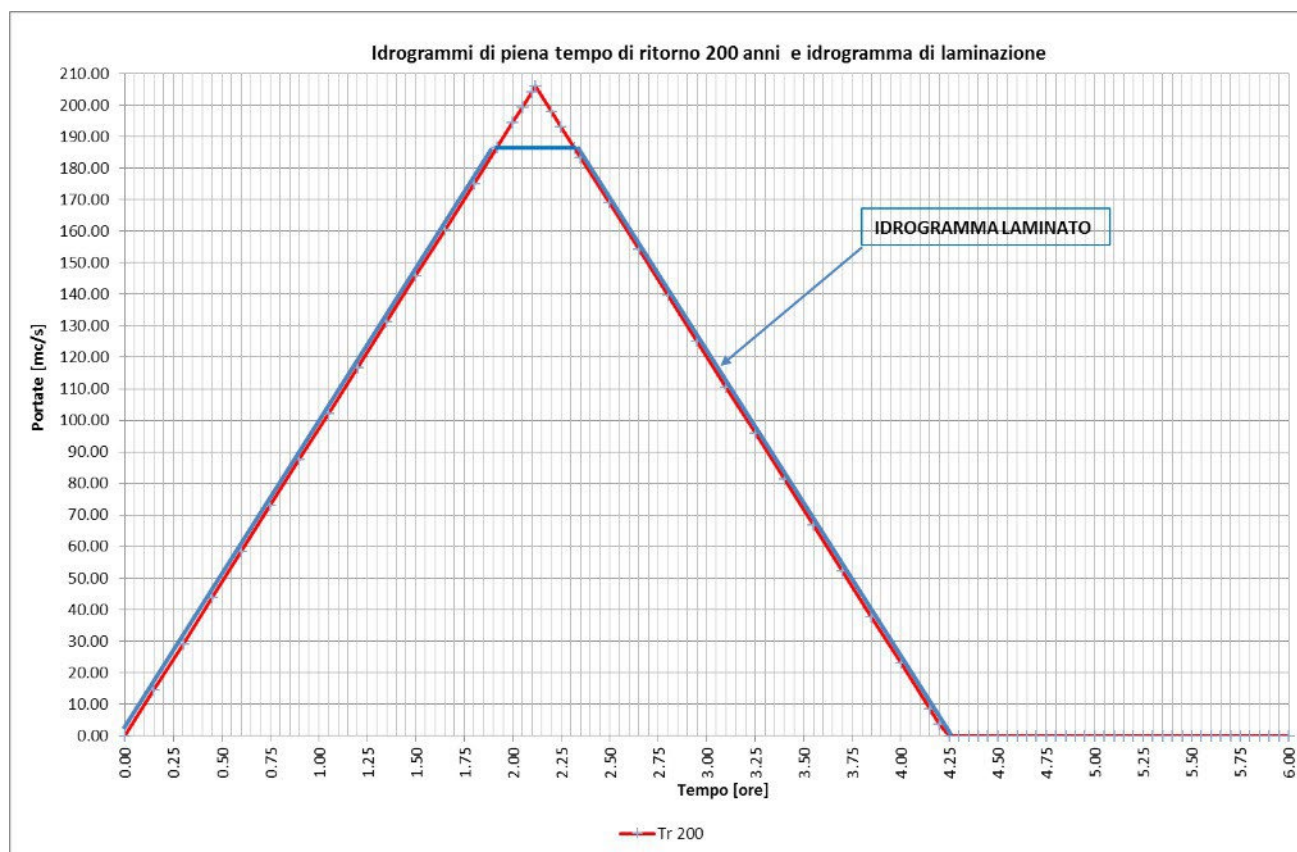
Sulla base della tabella sopra riportata il tempo di laminazione  $T_{lam200}$  risulta:

$$T_{lam200} = 1.92 - 2.32 = 2 \text{ ore} = 1440 \text{ s}$$

Da cui si ottiene il volume minimo di laminazione per la portata con tempo di ritorno 50 anni ( $V_{lam50}$ ):

$$V_{lam200} = 0.5 * (Q_{T=200} - \Delta Q) * T_{lam200} = 13.892 \text{ m}^3$$

Di seguito si riporta il grafico dell'idrogramma di piena con tempo di ritorno 200 anni (in rosso), mentre in azzurro l'idrogramma di piena laminato dall'effetto di accumulo della vasca in progetto.



#### 4.4 MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO

Il modello integra l'equazione della corrente a pelo libero in moto stazionario gradualmente variato e definisce in modo automatico i tratti di corrente lenta e veloce nonché la posizione dei risalti (codice di calcolo HEC 5.0, versione HEC-RAS 5.0.3).

Il fenomeno idraulico fuori e dentro l'alveo è stato simulato considerando l'alveo stesso trasversalmente come un'unica sezione (piano golenale più alveo inciso), in considerazione del fatto che tale ipotesi è l'unica valida nel contesto della modellistica fluviale qualora si ricorra alla simulazione degli alvei composti tramite i modelli monodimensionali (pelo libero orizzontale e linea dell'energia parallela al pelo libero).

L'equazione del moto è:

$$\frac{d}{ds} \left( Y_m + \frac{Q^2}{2gA^2} \right) = -J - E \quad (1)$$

ove

- $A$  = area bagnata [ $m^2$ ];
- $Q$  = portata [ $m^3/s$ ];
- $s$  = coordinata lungo l'asse dell'alveo [ $m$ ];
- $Y_m$  = quota media del pelo libero nella sezione [ $m$  s.l.m].

Le perdite di carico considerate sono:

a) Perdita di carico continua espressa da:

$$J = Q^2/K^2 \quad (2)$$

ove la capacità di deflusso idraulico, per sezione semplice, vale:

$$K = A \cdot R^{2/3} / n \quad (2a)$$

ove

- $n$  è il coefficiente di Manning;
- $R$  è il raggio idraulico.

Per una sezione composta da  $N$  sottosezioni e munita di variazioni di scabrezza lungo il perimetro bagnato si ha:

$$K = \sum_{i=1,N} (A_i \cdot R_i^{2/3} / n_i) \quad (2b)$$

b) Perdite di carico concentrate sul tronco elementare  $\Delta s$ , che valgono:

$$E_B = C/\Delta s \cdot |\alpha_2 V_2^2/2g - \alpha_1 V_1^2/2g| \quad (3)$$

ove

- $C$  = coefficiente tipo Borda (allargamento e restringimento brusco o graduale);
- $V$  = velocità della corrente nell' $i$ -esima sezione;
- $\alpha$  = coefficiente di ragguaglio di Coriolis;

Le perdite di carico complessive sono:

$$H_{f1-2} = L J + C \cdot |\alpha_2 V_2^2/2g - \alpha_1 V_1^2/2g| \quad (4)$$

ove:

$$L = (L_1 Q_1 + L_2 Q_2 + L_3 Q_3) / (Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

- $L$  = distanza pesata con le portate tra due sezioni consecutive,  $i-i+1$ ;
- $L_{i=1-3}$  = distanza parziale tra le sezioni  $i-i+1$  nei tronchi di corrente contenuti tra le golene e gli alvei di magra;

- $Q_{i=1-3}$  = portata transitante nei tronchi di corrente contenuti tra le golene e gli alvei di magra tra due sezioni consecutive (  $i$  ed  $i+1$  );

Il sistema di equazioni (1), (2) e (3) è integrato alle differenze finite col metodo standar step. La risoluzione del sistema richiede la conoscenza di opportune condizioni al contorno: il valore di portata  $Q$  e il valore del tirante  $h$  nella sezione di monte o di valle del tratto in esame, a seconda che la corrente sia, rispettivamente, veloce o lenta.

Il tracciato dei profili di corrente viene effettuato da parte del codice tra le sezioni rilevate e le sezioni fittizie o intermedie. Tali sezioni sono distribuite lungo l'alveo tra le sezioni rilevate, ad una distanza parziale definita dall'utente. Le grandezze geometriche ed idrauliche delle sezioni intermedie vengono calcolate interpolando lungo l'ascissa i valori di tali grandezze nelle sezioni rilevate o topograficamente note localizzate negli estremi del tronco in esame.

Per quanto riguarda l'effetto che i ponti ed i restringimenti esercitano sul deflusso della corrente, questi vengono trattati come singolarità all'interno del codice.

Sono simulabili le diverse condizioni di funzionamento:

- a) Funzionamento a pelo libero
  - Con transizione attraverso la profondità critica
  - Con transizione in corrente indisturbata
- b) Funzionamento in pressione
  - Chiusura delle luci
  - Chiusura delle luci con sormonto dell'impalcato del ponte

Dal punto di vista della modellistica matematica, il problema viene affrontato da parte del codice facendo ricorso all'equazione globale della quantità di moto nel caso di funzionamento a pelo libero.

In tal caso sono affrontate ambedue le situazioni, cioè quella relativa alla transizione attraverso lo stato critico e quella relativa alla transizione in corrente indisturbata.

Nel caso la corrente sia lenta attraverso il restringimento, il codice di calcolo presenta altre alternative:

- La formula di Yarnell:
- $$\Delta h/h_3 = K F_{r3}^2 (H+5F_{r3}^2 -0.6) * (\alpha+15\alpha^4)$$

Perdita di carico concentrata:

$$E_B = C * | \alpha_2 V_2^2/2g - \alpha V_1^2/2g |$$

con  $C = 0.1-0.5$

Nel caso di funzionamento in pressione con o senza tracimazione dell'impalcato, il codice ricorre alle leggi della foronomia. In tale caso esso stabilisce, in funzione della geometria, la curva  $Q=Q(h)$  come somma dei contributi di portata di tutte le luci a battente e di quelle a stramazzo con funzionamento rigurgitato o non da valle. Da tale curva si legge il valore di altezza corrispondente alla portata transitante e si determina il valore di energia specifica corrispondente alla sezione di monte, in base alla quale viene ricavata la relativa altezza.

#### 4.5 COEFFICIENTI DI SCABREZZA E CONDIZIONI AL CONTOURNO

Le condizioni al contorno impostate per la modellazione matematica in prossimità dell'opera sono:

- quota del pelo libero della corrente nella sezione indisturbata di monte e di valle: pari a quella di moto uniforme.

Nella modellazione in esame sono stati utilizzati i coefficienti di scabrezza di Manning pari a:

- $0,035 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per l'alveo inciso
- $0,045 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per le aree di golena

*Nello stato di progetto le sezioni comprese tra la sezione 3.9 di valle e la sezione 7 di monte sono state modificate inserendo l'invaso in progetto.*

#### 4.6 CONDIZIONI FISICHE DI RIFERIMENTO

Le sezioni topografiche trasversali che sono state utilizzate per la simulazione idraulica interessano un tratto del torrente Spinti della lunghezza complessiva di circa 1.500 metri, sviluppando la simulazione per circa 700 m a monte dell'invaso in progetto e 500 m a valle dello stesso, per avere certezza che le condizioni al contorno imposte al modello non influenzino i risultati delle simulazioni nel tratto di studio.

Tra la sezione 7 e la sezione 3.9, nella simulazione di progetto, è stato inserito l'invaso da realizzare in sponda destra.

Le sezioni trasversali dell'alveo inciso sono state ricavate dal DTM della regione Piemonte integrato con i dati del rilievo di progetto.

Si riporta, di seguito, la planimetria, con indicate tutte le sezioni utilizzate per la definizione del modello idraulico.



*Figura 8 sezioni utilizzate per la modellazione idraulica ricavate dalla simulazione Hec-Ras.*

I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso sono stati condotti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

**PIENA TORRENTE SPINTI - STATO ATTUALE**

Per la simulazione stato attuale si è tenuto in conto delle piene del torrente Spinti con periodo di ritorno 20, 100 e 200 anni calcolate al paragrafo 4.2 della presente relazione.

Le sezioni utilizzate sono quelle riportate al paragrafo precedente ottenute dal DTM integrato con il rilievo di progetto.

Tempo di Ritorno	Portate di riferimento
20 anni	124 m <sup>3</sup> /s
100 anni	187 m <sup>3</sup> /s
200 anni	206 m <sup>3</sup> /s

*Tabella 3: Portate di progetto alla sezione di chiusura in esame (bacino imbrifero 22.35 Km<sup>2</sup>).*

**PIENA TORRENTE SPINTI - STATO DI PROGETTO**

Per la simulazione stato di progetto sono state utilizzate le portate di piena con periodo di ritorno 20, 100 e 200 anni e le sezioni di riferimento dalla 7 alla 3.9 sono state modificate inserendo il manufatto in progetto in sponda destra.

**PIENA TORRENTE SPINTI - STATO DI PROGETTO CON LAMINAZIONE**

Per questo scenario si è tenuto conto dell'effetto di laminazione dovuto alla presenza dell'invaso. Le portate di piena sono le stesse utilizzate nelle simulazioni "Stato Attuale" e "Stato di Progetto" ma dalla sezione 7 è stata inserita una variazione di portata per la piena con tempo di ritorno 200 anni portando il valore da 206 m<sup>3</sup>/s a 186.70 m<sup>3</sup>/s, sulla base dei calcoli effettuati al paragrafo 4.3 della presente relazione.

Per riassumere le casistiche analizzate si riporta di seguito una tabella con i dati utilizzati:

STATO ATTUALE			
	PORTATA T=20 [m <sup>3</sup> /s]	PORTATA T=100 [m <sup>3</sup> /s]	PORTATA T=200 [m <sup>3</sup> /s]
SEZ. 11 - 0	124	187	206
STATO DI PROGETTO			
	PORTATA T=20 [m <sup>3</sup> /s]	PORTATA T=100 [m <sup>3</sup> /s]	PORTATA T=200 [m <sup>3</sup> /s]
SEZ. 11 - 0	124	187	206
STATO DI PROGETTO CON LAMINAZIONE			
	PORTATA T=20 [m <sup>3</sup> /s]	PORTATA T=100 [m <sup>3</sup> /s]	PORTATA T=200 [m <sup>3</sup> /s]
SEZ. 11-8	124	187	206
SEZ. 7-0	124	187	186.70

#### 4.7 VERIFICA IDRAULICA PER LO STATO ATTUALE

La simulazione numerica del deflusso della corrente di piena relativa alla situazione attuale dell'alveo fornisce i parametri idraulici rappresentativi del moto, quali la velocità della corrente ed i livelli idrici, che permetteranno di valutare l'influenza della realizzazione dell'invaso sul deflusso della portata di piena.

Si riportano di seguito in tabella i risultati della modellazione idraulica monodimensionale, per la portata di piena con tempo di ritorno 20, 100 e 200 anni.

HEC-RAS Plan: SA River: Spinti Reach: Spinti Profile: Q(T=20 anni)												
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
Spinti	11	Q(T=20 anni)	124.00	323.87	326.37	326.37	327.02	0.011220	3.57	34.77	26.71	1.00
Spinti	10	Q(T=20 anni)	124.00	322.34	323.96	323.60	324.17	0.004368	2.09	62.84	58.20	0.62
Spinti	9	Q(T=20 anni)	124.00	319.60	321.22	321.19	321.50	0.012693	2.41	52.50	81.78	0.95
Spinti	8	Q(T=20 anni)	124.00	318.15	319.48	319.48	319.82	0.012858	2.73	50.33	73.56	0.99
Spinti	7	Q(T=20 anni)	124.00	316.43	317.85	317.97	318.31	0.029068	3.39	43.34	81.40	1.42
Spinti	6.5	Q(T=20 anni)	124.00	314.07	315.30	315.07	315.51	0.005412	2.02	61.59	66.01	0.66
Spinti	6	Q(T=20 anni)	124.00	312.83	314.61	314.61	315.10	0.011311	3.16	41.20	42.22	0.98
Spinti	5	Q(T=20 anni)	124.00	311.90	313.56	313.77	314.21	0.030344	3.72	36.46	63.96	1.47
Spinti	4	Q(T=20 anni)	124.00	310.77	312.18	312.42	312.89	0.022752	3.80	35.53	56.63	1.33
Spinti	3.9	Q(T=20 anni)	124.00	310.38	311.56	311.87	312.56	0.042031	4.90	30.14	46.87	1.78
Spinti	3	Q(T=20 anni)	124.00	307.20	308.85	308.88	309.33	0.014248	3.13	40.60	46.43	1.06
Spinti	2	Q(T=20 anni)	124.00	305.32	306.89	307.14	307.73	0.033554	4.08	30.98	47.20	1.57
Spinti	1	Q(T=20 anni)	124.00	304.59	305.91	305.91	306.41	0.012118	3.14	39.50	39.13	1.00
Spinti	0.5	Q(T=20 anni)	124.00	302.81	304.08	304.31	304.86	0.023597	4.03	34.41	52.17	1.37
Spinti	0	Q(T=20 anni)	124.00	300.35	301.82	301.92	302.41	0.016892	3.39	36.54	41.68	1.16

Figura 9 - Risultati della simulazione per lo stato attuale con portata con periodo di ritorno 20 anni, nel riquadro rosso le sezioni in cui si prevede l'invaso.

HEC-RAS Plan: SA River: Spinti Reach: Spinti Profile: Q(T=100 anni)												
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
Spinti	11	Q(T=100 anni)	187.00	323.87	326.83	326.83	327.60	0.010646	3.88	48.17	31.31	1.00
Spinti	10	Q(T=100 anni)	187.00	322.34	323.48	323.89	324.81	0.047185	5.29	37.48	48.76	1.90
Spinti	9	Q(T=100 anni)	187.00	319.60	321.39	321.39	321.80	0.012849	2.84	67.51	87.40	1.00
Spinti	8	Q(T=100 anni)	187.00	318.15	319.70	319.70	320.14	0.012143	3.13	67.16	77.67	1.00
Spinti	7	Q(T=100 anni)	187.00	316.43	317.99	318.17	318.62	0.031943	3.94	55.11	84.97	1.53
Spinti	6.5	Q(T=100 anni)	187.00	314.07	315.65	315.30	315.90	0.004322	2.20	85.58	74.59	0.62
Spinti	6	Q(T=100 anni)	187.00	312.83	314.96	314.96	315.54	0.010883	3.46	57.12	49.33	0.99
Spinti	5	Q(T=100 anni)	187.00	311.90	313.71	313.98	314.54	0.046389	4.19	47.84	89.14	1.78
Spinti	4	Q(T=100 anni)	187.00	310.77	312.50	312.67	313.16	0.017192	3.78	57.33	78.43	1.20
Spinti	3.9	Q(T=100 anni)	187.00	310.38	311.82	312.15	312.88	0.034398	5.04	43.46	53.55	1.66
Spinti	3	Q(T=100 anni)	187.00	307.20	309.09	309.18	309.75	0.015567	3.68	52.31	50.48	1.14
Spinti	2	Q(T=100 anni)	187.00	305.32	307.13	307.43	308.17	0.028520	4.56	42.15	48.87	1.52
Spinti	1	Q(T=100 anni)	187.00	304.59	306.18	306.27	306.87	0.013944	3.69	50.98	45.84	1.09
Spinti	0.5	Q(T=100 anni)	187.00	302.81	304.33	304.60	305.27	0.021434	4.52	47.81	57.15	1.36
Spinti	0	Q(T=100 anni)	187.00	300.35	302.06	302.23	302.86	0.017982	3.96	47.29	45.97	1.23

Figura 10 - Risultati della simulazione per lo stato attuale con portata con periodo di ritorno 100 anni, nel riquadro rosso le sezioni in cui si prevede l'invaso.

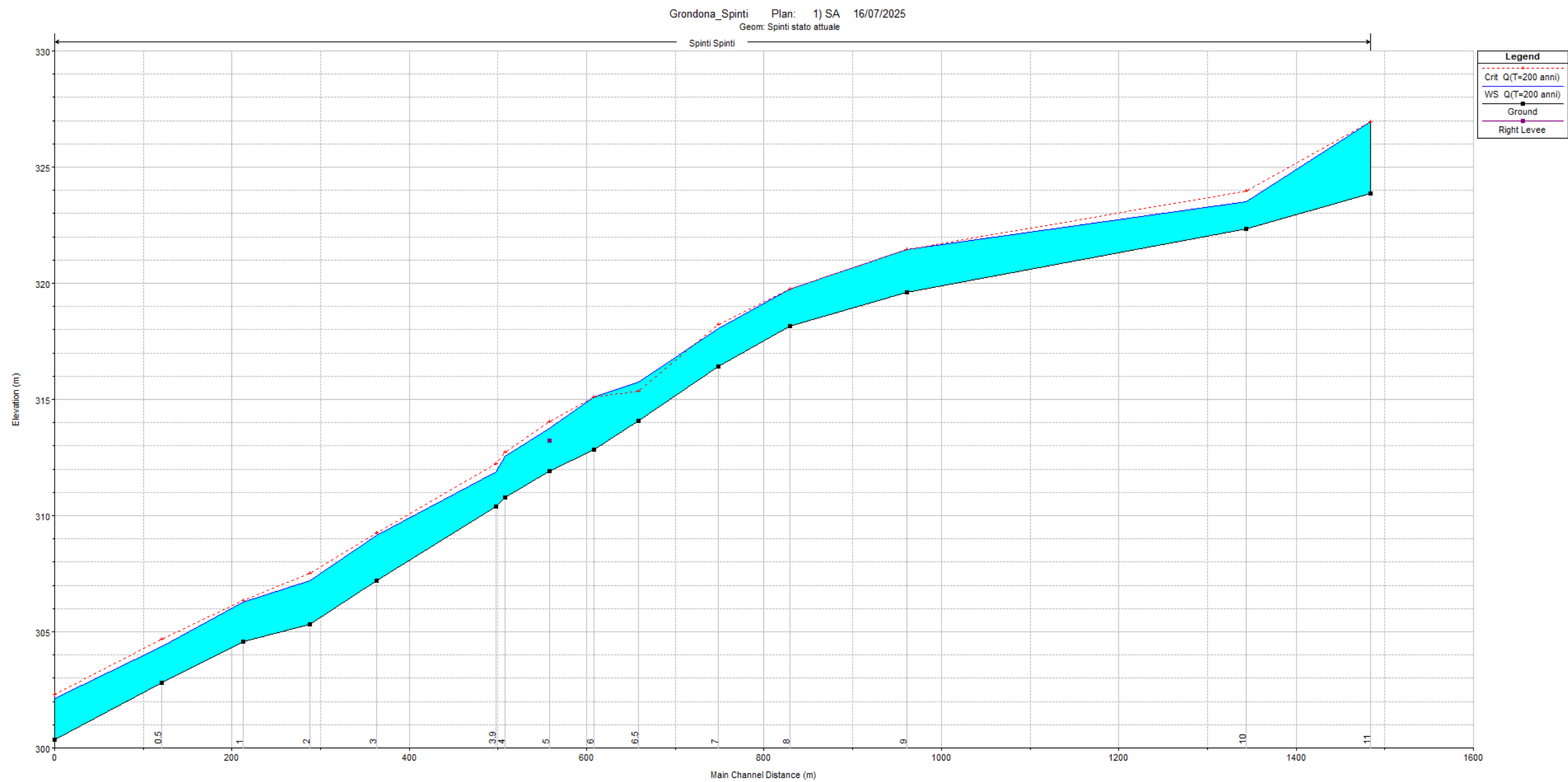
RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA  
Costruzione Invaso Artificiale – Autorizzazione Unica

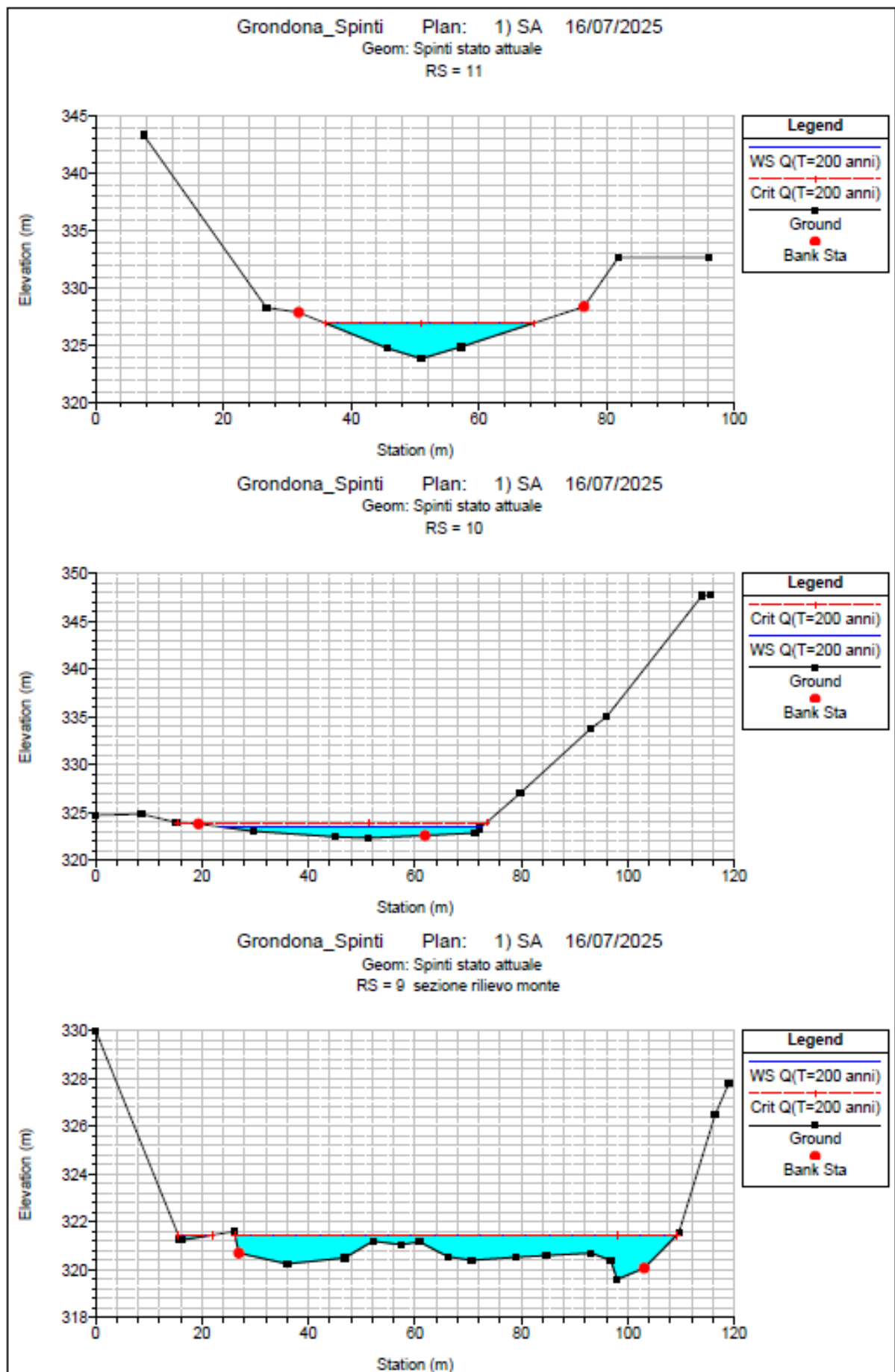
HEC-RAS Plan: SA River: Spinti Reach: Spinti Profile: Q(T=200 anni)												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Spinti	11	Q(T=200 anni)	206.00	323.87	326.96	326.96	327.75	0.010431	3.95	52.18	32.56	1.00
Spinti	10	Q(T=200 anni)	206.00	322.34	323.53	323.96	324.96	0.048597	5.51	39.61	49.44	1.94
Spinti	9	Q(T=200 anni)	206.00	319.60	321.45	321.45	321.88	0.012502	2.93	72.47	89.36	1.00
Spinti	8	Q(T=200 anni)	206.00	318.15	319.75	319.77	320.23	0.012461	3.27	70.99	78.58	1.02
Spinti	7	Q(T=200 anni)	206.00	316.43	318.04	318.22	318.70	0.031371	4.03	59.11	86.15	1.52
Spinti	6.5	Q(T=200 anni)	206.00	314.07	315.73	315.36	316.00	0.004280	2.28	91.75	82.15	0.63
Spinti	6	Q(T=200 anni)	206.00	312.83	315.12	315.12	315.64	0.011069	3.31	65.58	59.76	0.98
Spinti	5	Q(T=200 anni)	206.00	311.90	313.75	314.03	314.62	0.045853	4.30	51.48	91.73	1.78
Spinti	4	Q(T=200 anni)	206.00	310.77	312.56	312.73	313.25	0.017240	3.87	62.15	81.74	1.21
Spinti	3.9	Q(T=200 anni)	206.00	310.38	311.89	312.23	312.97	0.033217	5.10	47.20	55.31	1.65
Spinti	3	Q(T=200 anni)	206.00	307.20	309.14	309.25	309.87	0.015886	3.84	55.16	50.63	1.17
Spinti	2	Q(T=200 anni)	206.00	305.32	307.19	307.50	308.29	0.027625	4.69	45.25	49.32	1.51
Spinti	1	Q(T=200 anni)	206.00	304.59	306.29	306.36	306.98	0.013202	3.70	56.06	48.52	1.07
Spinti	0.5	Q(T=200 anni)	206.00	302.81	304.38	304.69	305.40	0.022178	4.73	50.62	58.14	1.39
Spinti	0	Q(T=200 anni)	206.00	300.35	302.14	302.32	302.98	0.017479	4.07	50.82	47.13	1.23

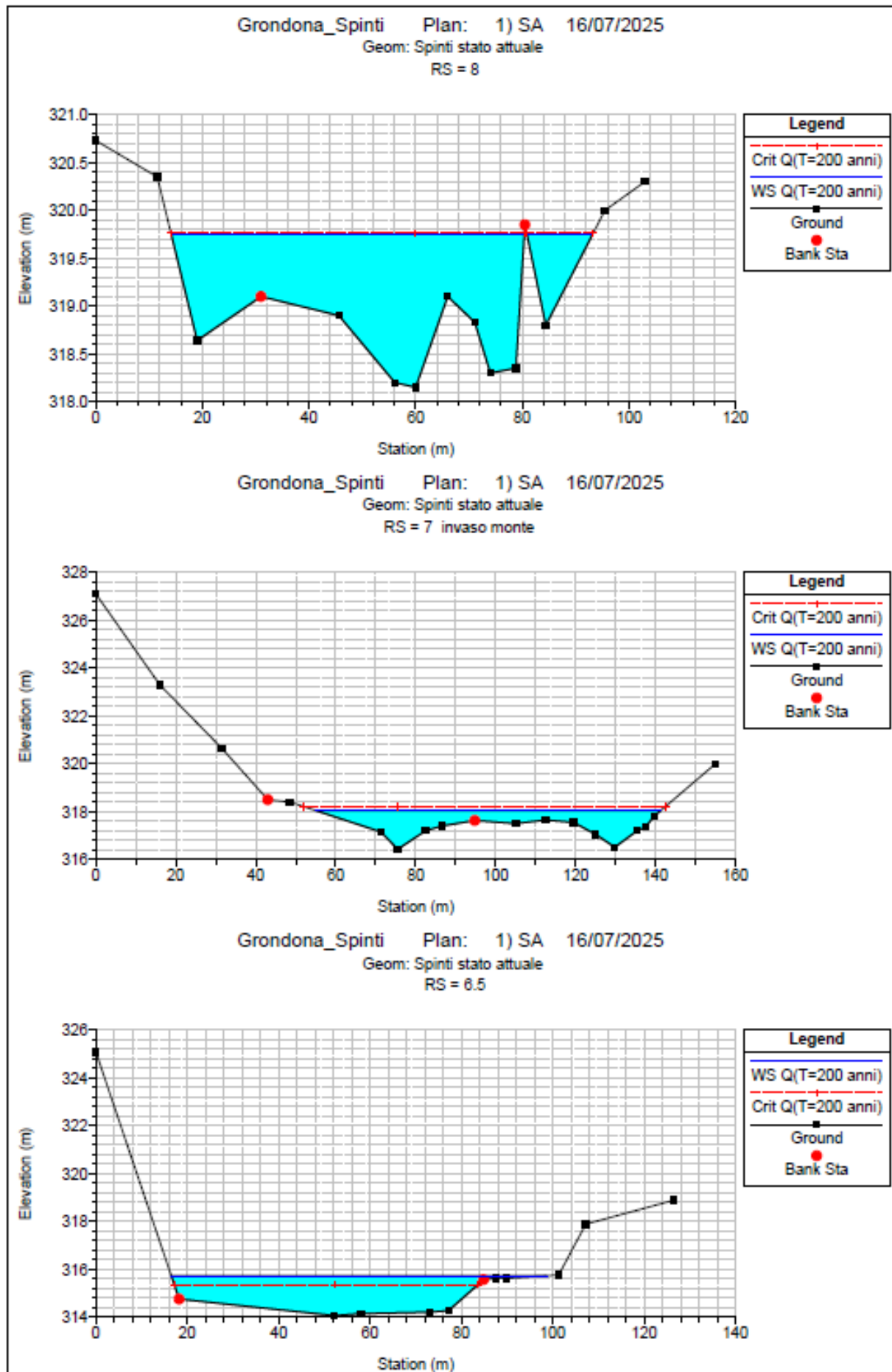
*Figura 11 - Risultati della simulazione per lo stato attuale con portata con periodo di ritorno 200 anni, nel riquadro rosso le sezioni in cui si prevede l'invaso.*

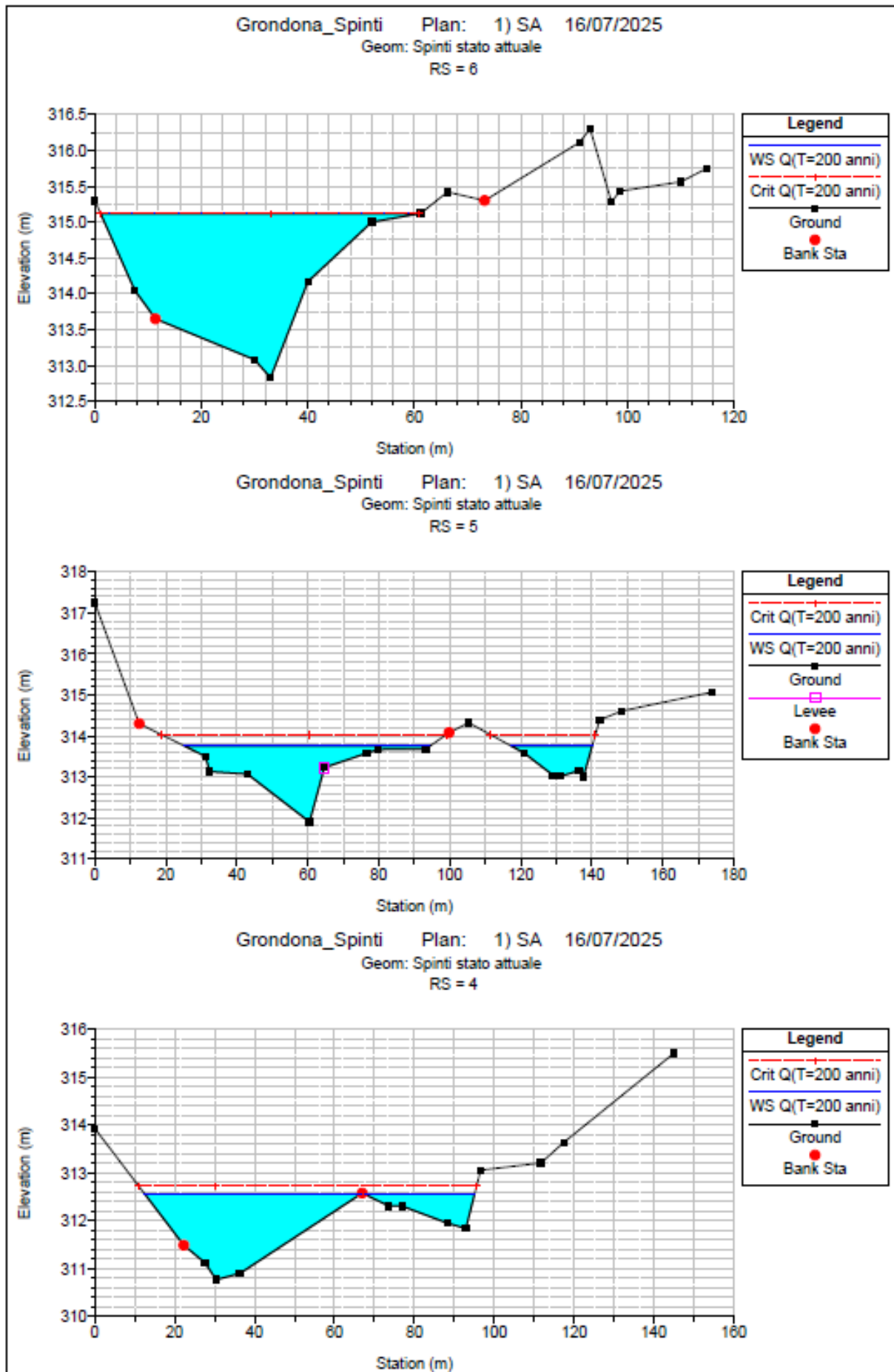
Di seguito si riporta il profilo longitudinale e le sezioni trasversali per la portata con periodo di ritorno 200 anni.

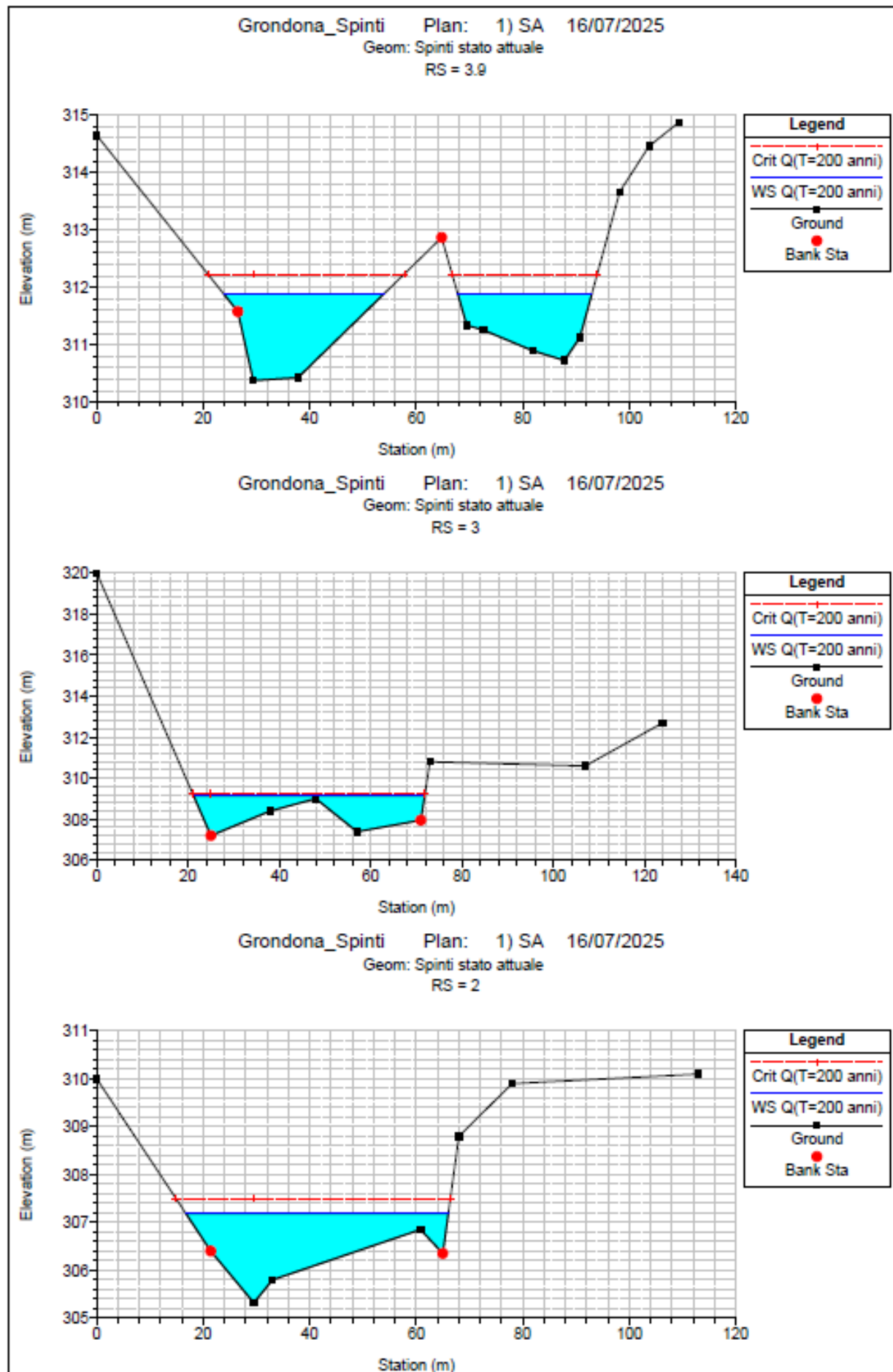
RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA  
Costruzione Invaso Artificiale – Autorizzazione Unica

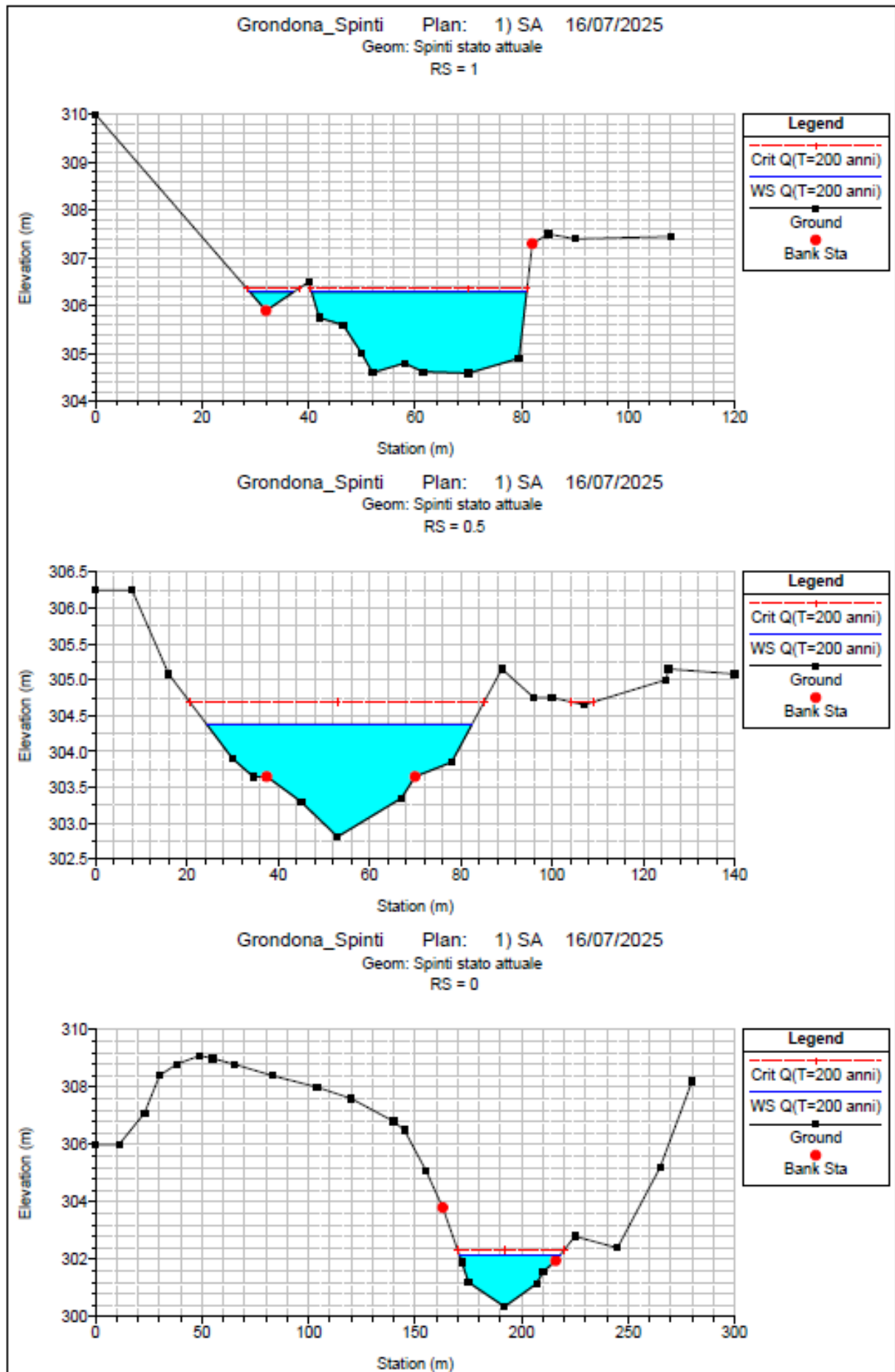












#### 4.8 VERIFICA IDRAULICA STATO DI PROGETTO

La simulazione numerica del deflusso della corrente di piena relativa alla situazione di progetto dell'alveo a seguito della realizzazione dell'invaso, come evidenziato in precedenza, fornisce i parametri idraulici rappresentativi del moto, quali la velocità della corrente ed i livelli idrici, che permettono di valutare l'influenza dell'opera in progetto sul deflusso della portata di piena del torrente Spinti.

Come evidenziato in precedenza le sezioni dalla 7 alla 3.9 sono state modificate in modo per tenere conto della presenza dell'invaso in sponda destra.

Si riportano di seguito in tabella i risultati della modellazione idraulica monodimensionale, per la portata di piena con tempo di ritorno 20, 100 e 200 anni.

HEC-RAS Plan: SP River: Spinti Reach: Spinti Profile: Q(T=20 anni)												
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
Spinti	11	Q(T=20 anni)	124.00	323.87	326.37	326.37	327.02	0.011220	3.57	34.77	26.71	1.00
Spinti	10	Q(T=20 anni)	124.00	322.34	323.96	323.60	324.17	0.004370	2.09	62.83	58.19	0.62
Spinti	9	Q(T=20 anni)	124.00	319.60	321.22	321.19	321.50	0.012676	2.40	52.52	81.78	0.95
Spinti	8	Q(T=20 anni)	124.00	318.15	319.48	319.48	319.82	0.012858	2.73	50.33	73.56	0.99
Spinti	7	Q(T=20 anni)	124.00	316.43	317.89	318.02	318.36	0.027153	3.39	43.47	80.26	1.38
Spinti	6.5	Q(T=20 anni)	124.00	314.07	314.88	315.08	315.56	0.035256	3.65	33.95	60.43	1.55
Spinti	6	Q(T=20 anni)	124.00	312.83	314.61	314.61	315.10	0.011426	3.15	41.35	42.86	0.98
Spinti	5	Q(T=20 anni)	124.00	311.90	313.68	313.84	314.31	0.021906	3.52	35.25	46.11	1.28
Spinti	4	Q(T=20 anni)	124.00	310.77	312.11	312.40	313.01	0.030372	4.24	30.24	41.80	1.53
Spinti	3.9	Q(T=20 anni)	124.00	310.38	311.69	312.01	312.67	0.033432	4.67	29.46	38.47	1.61
Spinti	3	Q(T=20 anni)	124.00	307.20	308.78	308.88	309.35	0.017708	3.39	37.46	44.71	1.18
Spinti	2	Q(T=20 anni)	124.00	305.32	306.93	307.14	307.68	0.027819	3.85	32.84	47.48	1.44
Spinti	1	Q(T=20 anni)	124.00	304.59	305.91	305.91	306.41	0.012118	3.14	39.50	39.13	1.00
Spinti	0.5	Q(T=20 anni)	124.00	302.81	304.08	304.31	304.86	0.023786	4.04	34.31	52.13	1.38
Spinti	0	Q(T=20 anni)	124.00	300.35	301.82	301.92	302.41	0.016790	3.39	36.62	41.72	1.15

Figura 12 - Risultati della simulazione per lo stato di progetto con portata con tempo di ritorno 20 anni, nel riquadro rosso le sezioni in cui si prevede l'invaso.

HEC-RAS Plan: SP River: Spinti Reach: Spinti Profile: Q(T=100 anni)												
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
Spinti	11	Q(T=100 anni)	187.00	323.87	326.83	326.83	327.60	0.010646	3.88	48.17	31.31	1.00
Spinti	10	Q(T=100 anni)	187.00	322.34	323.48	323.89	324.81	0.047185	5.29	37.48	48.76	1.90
Spinti	9	Q(T=100 anni)	187.00	319.60	321.39	321.39	321.80	0.012849	2.84	67.51	87.40	1.00
Spinti	8	Q(T=100 anni)	187.00	318.15	319.70	319.70	320.14	0.012143	3.13	67.16	77.67	1.00
Spinti	7	Q(T=100 anni)	187.00	316.43	318.04	318.22	318.67	0.029710	3.93	55.62	84.76	1.48
Spinti	6.5	Q(T=100 anni)	187.00	314.07	315.63	315.31	315.91	0.004849	2.35	80.15	63.29	0.66
Spinti	6	Q(T=100 anni)	187.00	312.83	314.96	314.96	315.53	0.010920	3.43	57.65	50.51	0.98
Spinti	5	Q(T=100 anni)	187.00	311.90	313.91	314.14	314.73	0.023219	4.02	46.54	52.08	1.36
Spinti	4	Q(T=100 anni)	187.00	310.77	312.38	312.69	313.43	0.028411	4.63	42.28	49.05	1.52
Spinti	3.9	Q(T=100 anni)	187.00	310.38	311.96	312.33	313.12	0.031146	5.09	41.02	45.32	1.60
Spinti	3	Q(T=100 anni)	187.00	307.20	309.03	309.18	309.78	0.018923	3.90	49.29	50.32	1.25
Spinti	2	Q(T=100 anni)	187.00	305.32	307.16	307.43	308.13	0.025020	4.38	43.92	49.13	1.43
Spinti	1	Q(T=100 anni)	187.00	304.59	306.22	306.27	306.86	0.012603	3.55	52.98	46.92	1.04
Spinti	0.5	Q(T=100 anni)	187.00	302.81	304.31	304.60	305.30	0.022982	4.62	46.63	56.73	1.40
Spinti	0	Q(T=100 anni)	187.00	300.35	302.08	302.23	302.85	0.017078	3.90	48.08	46.23	1.20

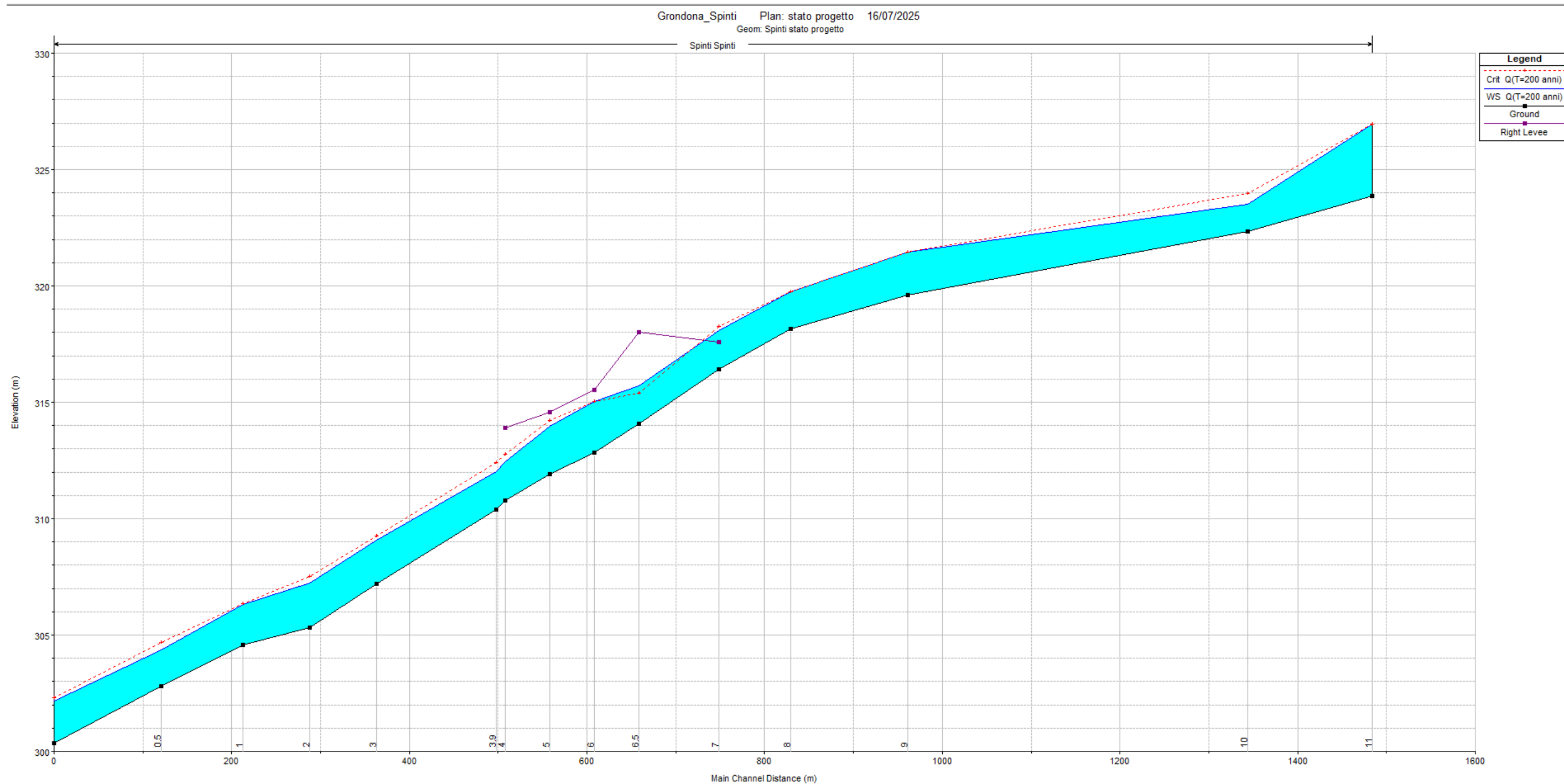
Figura 13 - Risultati della simulazione per lo stato di progetto con portata con tempo di ritorno 100 anni, nel riquadro rosso le sezioni in cui si prevede l'invaso.

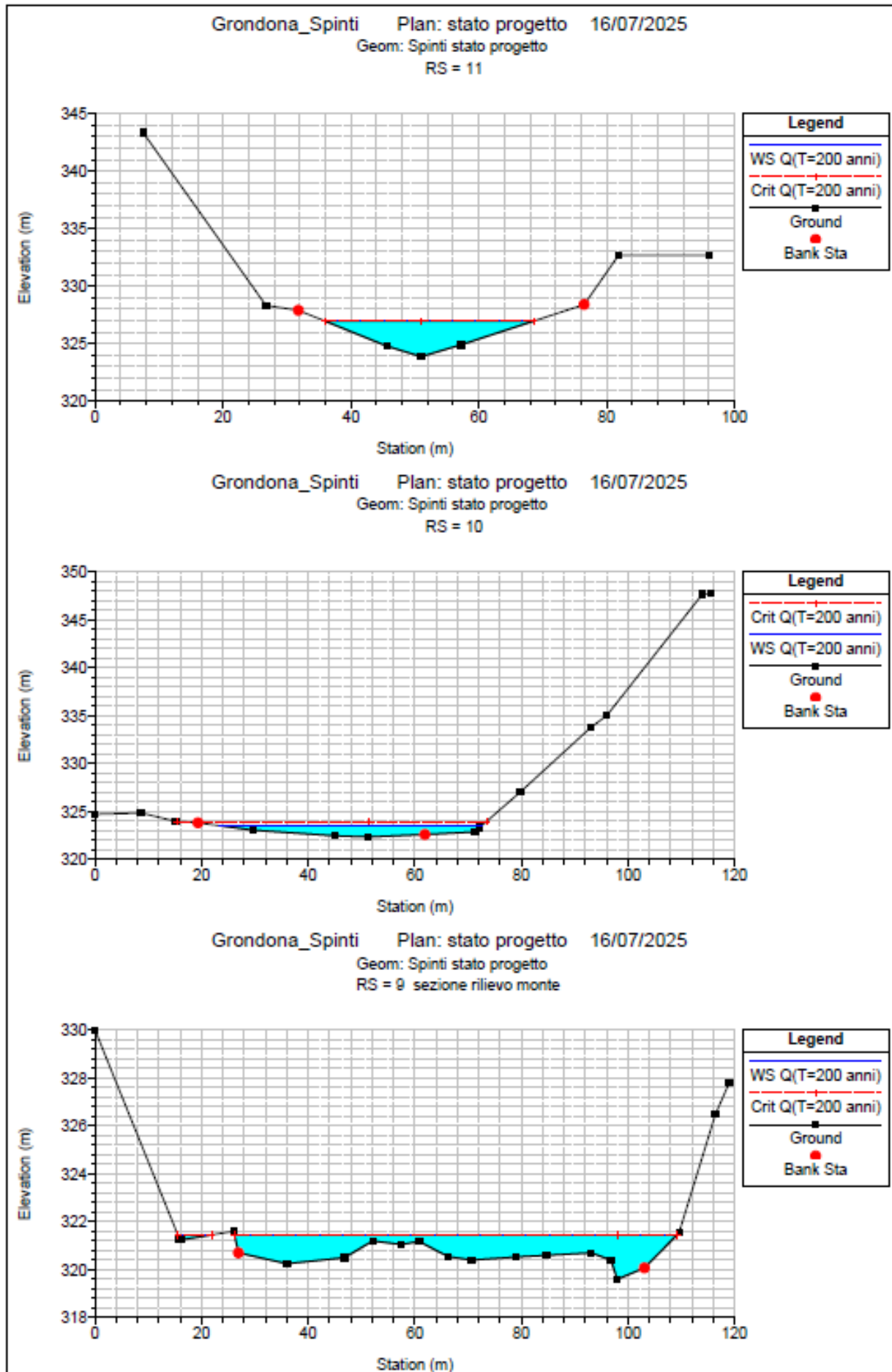
RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA  
Costruzione Invaso Artificiale – Autorizzazione Unica

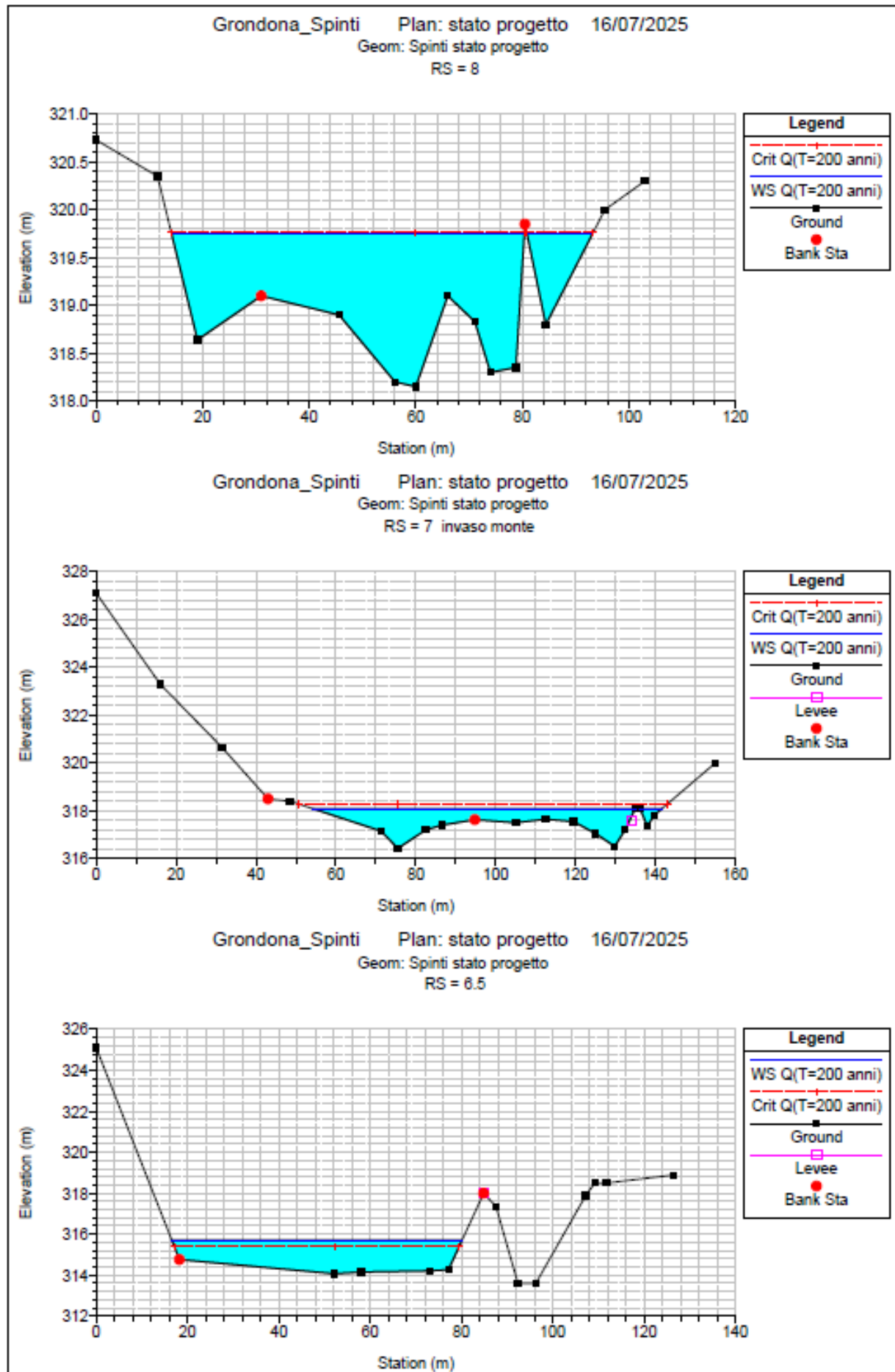
HEC-RAS Plan: SP River: Spinti Reach: Spinti Profile: Q(T=200 anni)												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Spinti	11	Q(T=200 anni)	206.00	323.87	326.96	326.96	327.75	0.010431	3.95	52.18	32.56	1.00
Spinti	10	Q(T=200 anni)	206.00	322.34	323.53	323.96	324.96	0.048597	5.51	39.61	49.44	1.94
Spinti	9	Q(T=200 anni)	206.00	319.60	321.45	321.45	321.88	0.012502	2.93	72.47	89.36	1.00
Spinti	8	Q(T=200 anni)	206.00	318.15	319.75	319.77	320.23	0.012461	3.27	70.99	78.58	1.02
Spinti	7	Q(T=200 anni)	206.00	316.43	318.09	318.27	318.74	0.029059	4.00	59.82	86.27	1.48
Spinti	6.5	Q(T=200 anni)	206.00	314.07	315.72	315.39	316.02	0.004669	2.41	86.10	63.65	0.66
Spinti	6	Q(T=200 anni)	206.00	312.83	315.04	315.04	315.64	0.010963	3.54	61.64	51.69	0.99
Spinti	5	Q(T=200 anni)	206.00	311.90	313.97	314.21	314.84	0.023472	4.14	49.75	53.65	1.37
Spinti	4	Q(T=200 anni)	206.00	310.77	312.44	312.77	313.55	0.028080	4.73	45.70	50.92	1.52
Spinti	3.9	Q(T=200 anni)	206.00	310.38	312.04	312.43	313.24	0.030581	5.18	44.42	47.15	1.60
Spinti	3	Q(T=200 anni)	206.00	307.20	309.08	309.25	309.90	0.019177	4.07	52.07	50.47	1.27
Spinti	2	Q(T=200 anni)	206.00	305.32	307.22	307.50	308.25	0.024653	4.53	46.91	49.56	1.43
Spinti	1	Q(T=200 anni)	206.00	304.59	306.32	306.36	306.98	0.012182	3.60	57.82	49.41	1.03
Spinti	0.5	Q(T=200 anni)	206.00	302.81	304.36	304.69	305.43	0.023438	4.82	49.63	57.79	1.43
Spinti	0	Q(T=200 anni)	206.00	300.35	302.15	302.32	302.97	0.016780	4.01	51.50	47.35	1.20

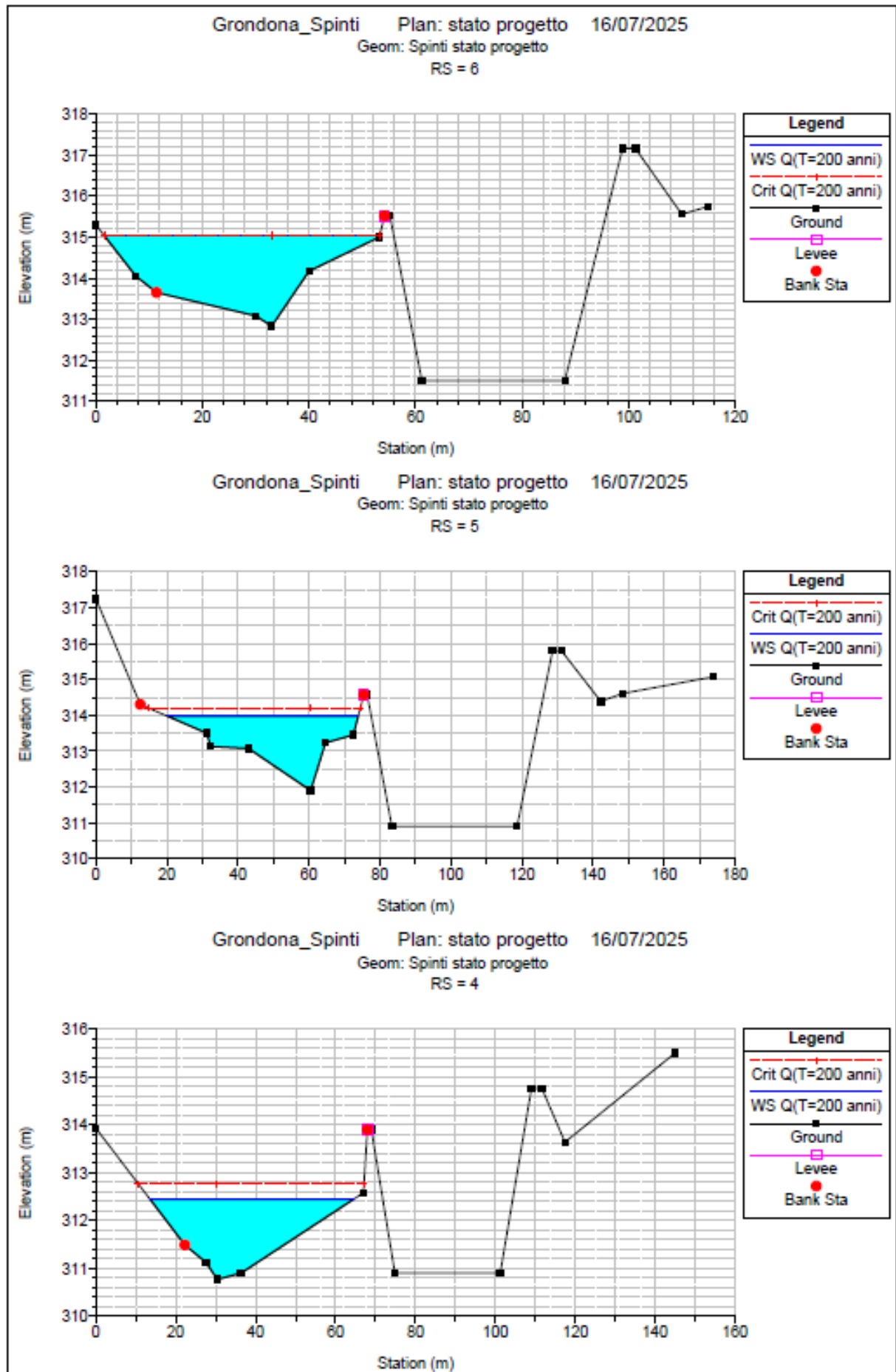
*Figura 14 - Risultati della simulazione per lo stato di progetto con portata con tempo di ritorno 200 anni, nel riquadro rosso le sezioni in cui si prevede l'invaso.*

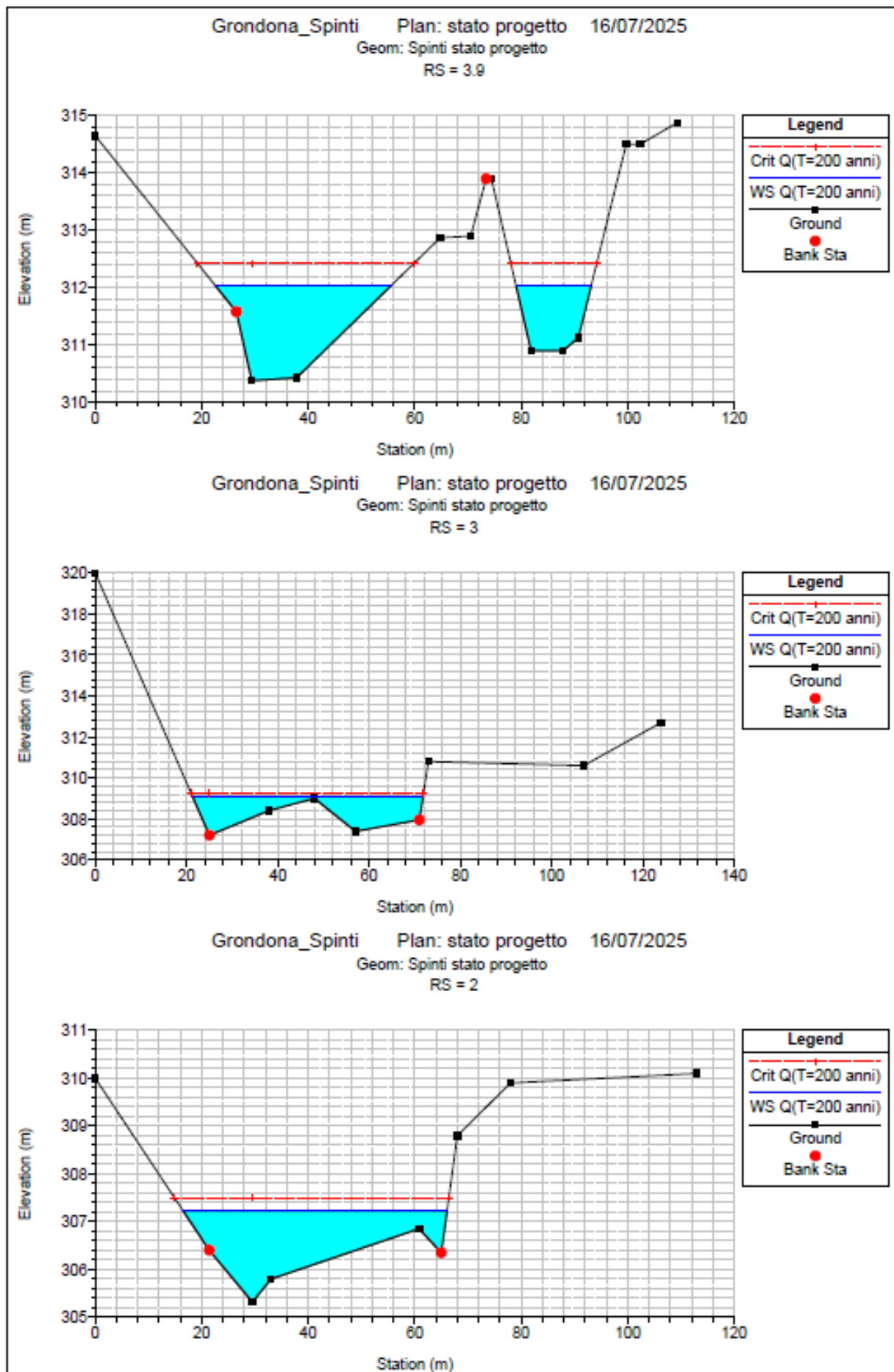
Di seguito si riporta il profilo longitudinale e le sezioni trasversali per la portata con periodo di ritorno 200 anni.

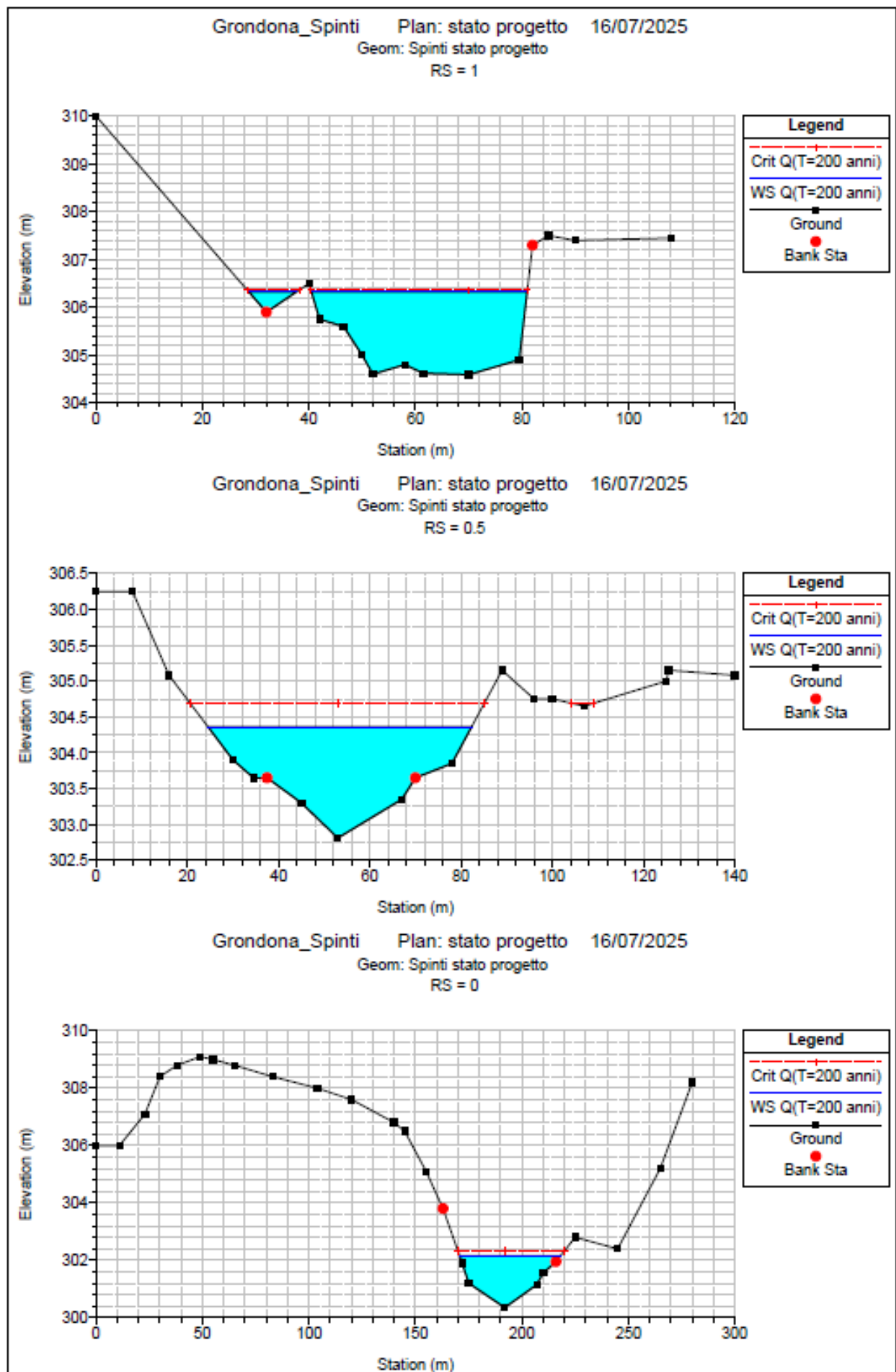












#### 4.9 VERIFICA IDRAULICA STATO DI PROGETTO CON LAMINAZIONE

La presente simulazione utilizza le stesse sezioni dello scenario “Stato di Progetto” ma inserisce una variazione della portata a valle della sezione 7 per simulare l'effetto di laminazione dell'invaso, nello specifico viene detratta, dalla portata con tempo di ritorno 200 anni, la portata che, tramite lo sfioratore laterale in progetto, entra nell'invaso (19.3 m<sup>3</sup>/s).

A valle della sezione 7 quindi la portata con tempo di ritorno 200 anni passa da 206 m<sup>3</sup>/s a 186.70 m<sup>3</sup>/s (corrispondente alla portata centennale).

Le tabelle seguenti riportano i risultati della modellazione idraulica monodimensionale per i tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni.

HEC-RAS Plan: SPL River: Spinti Reach: Spinti Profile: Q(T=20 anni)												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /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 (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Spinti	11	Q(T=20 anni)	124.00	323.87	326.37	326.37	327.02	0.011220	3.57	34.77	26.71	1.00
Spinti	10	Q(T=20 anni)	124.00	322.34	323.96	323.60	324.17	0.004370	2.09	62.83	58.19	0.62
Spinti	9	Q(T=20 anni)	124.00	319.60	321.22	321.19	321.50	0.012676	2.40	52.52	81.78	0.95
Spinti	8	Q(T=20 anni)	124.00	318.15	319.48	319.48	319.82	0.012858	2.73	50.33	73.56	0.99
Spinti	7	Q(T=20 anni)	124.00	316.43	317.89	318.02	318.36	0.027153	3.39	43.47	80.26	1.38
Spinti	6.5	Q(T=20 anni)	124.00	314.07	314.88	315.08	315.56	0.035256	3.65	33.95	60.43	1.55
Spinti	6	Q(T=20 anni)	124.00	312.83	314.61	314.61	315.10	0.011426	3.15	41.35	42.86	0.98
Spinti	5	Q(T=20 anni)	124.00	311.90	313.68	313.84	314.31	0.021906	3.52	35.25	46.11	1.28
Spinti	4	Q(T=20 anni)	124.00	310.77	312.11	312.40	313.01	0.030372	4.24	30.24	41.80	1.53
Spinti	3.9	Q(T=20 anni)	124.00	310.38	311.69	312.01	312.67	0.033432	4.67	29.46	38.47	1.61
Spinti	3	Q(T=20 anni)	124.00	307.20	308.78	308.88	309.35	0.017708	3.39	37.46	44.71	1.18
Spinti	2	Q(T=20 anni)	124.00	305.32	306.93	307.14	307.68	0.027819	3.85	32.84	47.48	1.44
Spinti	1	Q(T=20 anni)	124.00	304.59	305.91	305.91	306.41	0.012118	3.14	39.50	39.13	1.00
Spinti	0.5	Q(T=20 anni)	124.00	302.81	304.08	304.31	304.86	0.023786	4.04	34.31	52.13	1.38
Spinti	0	Q(T=20 anni)	124.00	300.35	301.82	301.92	302.41	0.016790	3.39	36.62	41.72	1.15

Figura 15 - Risultati della simulazione per lo stato di progetto con laminazione per la portata con tempo di ritorno 20 anni, nel riquadro rosso le sezioni in cui si prevede l'invaso.

HEC-RAS Plan: SPL River: Spinti Reach: Spinti Profile: Q(T=100 anni)												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /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 (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Spinti	11	Q(T=100 anni)	187.00	323.87	326.83	326.83	327.60	0.010646	3.88	48.17	31.31	1.00
Spinti	10	Q(T=100 anni)	187.00	322.34	323.48	323.89	324.81	0.047185	5.29	37.48	48.76	1.90
Spinti	9	Q(T=100 anni)	187.00	319.60	321.39	321.39	321.80	0.012849	2.84	67.51	87.40	1.00
Spinti	8	Q(T=100 anni)	187.00	318.15	319.70	319.70	320.14	0.012143	3.13	67.16	77.67	1.00
Spinti	7	Q(T=100 anni)	187.00	316.43	318.04	318.22	318.67	0.029710	3.93	55.62	84.76	1.48
Spinti	6.5	Q(T=100 anni)	187.00	314.07	315.63	315.31	315.91	0.004849	2.35	80.15	63.29	0.66
Spinti	6	Q(T=100 anni)	187.00	312.83	314.96	314.96	315.53	0.010920	3.43	57.65	50.51	0.98
Spinti	5	Q(T=100 anni)	187.00	311.90	313.91	314.14	314.73	0.023219	4.02	46.54	52.08	1.36
Spinti	4	Q(T=100 anni)	187.00	310.77	312.38	312.69	313.43	0.028411	4.63	42.28	49.05	1.52
Spinti	3.9	Q(T=100 anni)	187.00	310.38	311.96	312.33	313.12	0.031146	5.09	41.02	45.32	1.60
Spinti	3	Q(T=100 anni)	187.00	307.20	309.03	309.18	309.78	0.018923	3.90	49.29	50.32	1.25
Spinti	2	Q(T=100 anni)	187.00	305.32	307.16	307.43	308.13	0.025020	4.38	43.92	49.13	1.43
Spinti	1	Q(T=100 anni)	187.00	304.59	306.22	306.27	306.86	0.012603	3.55	52.98	46.92	1.04
Spinti	0.5	Q(T=100 anni)	187.00	302.81	304.31	304.60	305.30	0.022982	4.62	46.63	56.73	1.40
Spinti	0	Q(T=100 anni)	187.00	300.35	302.08	302.23	302.85	0.017078	3.90	48.08	46.23	1.20

Figura 16 - Risultati della simulazione per lo stato di progetto con laminazione per la portata con tempo di ritorno 100 anni, nel riquadro rosso le sezioni in cui si prevede l'invaso.

RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA  
Costruzione Invaso Artificiale – Autorizzazione Unica

HEC-RAS Plan: SPL River: Spinti Reach: Spinti Profile: Q(T=200 anni)												
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
Spinti	11	Q(T=200 anni)	206.00	323.87	326.96	326.96	327.75	0.010431	3.95	52.18	32.56	1.00
Spinti	10	Q(T=200 anni)	206.00	322.34	323.53	323.96	324.96	0.048597	5.51	39.61	49.44	1.94
Spinti	9	Q(T=200 anni)	206.00	319.60	321.45	321.45	321.88	0.012502	2.93	72.47	89.36	1.00
Spinti	8	Q(T=200 anni)	206.00	318.15	319.75	319.77	320.23	0.012461	3.27	70.99	78.58	1.02
Spinti	7	Q(T=200 anni)	206.00	316.43	318.09	318.27	318.74	0.029059	4.00	59.82	86.27	1.48
Spinti	6.5	Q(T=200 anni)	186.70	314.07	315.63	315.31	315.91	0.004860	2.35	80.01	63.28	0.66
Spinti	6	Q(T=200 anni)	186.70	312.83	314.96	314.96	315.53	0.010876	3.42	57.67	50.52	0.98
Spinti	5	Q(T=200 anni)	186.70	311.90	313.91	314.14	314.73	0.023160	4.01	46.52	52.07	1.36
Spinti	4	Q(T=200 anni)	186.70	310.77	312.37	312.69	313.43	0.028436	4.63	42.22	49.01	1.52
Spinti	3.9	Q(T=200 anni)	186.70	310.38	311.96	312.34	313.12	0.031167	5.08	40.96	45.28	1.61
Spinti	3	Q(T=200 anni)	186.70	307.20	309.02	309.17	309.78	0.018924	3.89	49.24	50.32	1.25
Spinti	2	Q(T=200 anni)	186.70	305.32	307.16	307.43	308.12	0.025030	4.38	43.87	49.12	1.43
Spinti	1	Q(T=200 anni)	186.70	304.59	306.21	306.27	306.86	0.012883	3.58	52.48	46.65	1.05
Spinti	0.5	Q(T=200 anni)	186.70	302.81	304.31	304.61	305.29	0.022628	4.60	46.84	56.80	1.39
Spinti	0	Q(T=200 anni)	186.70	300.35	302.08	302.23	302.85	0.017270	3.91	47.86	46.16	1.21

Figura 17 - Risultati della simulazione per lo stato di progetto con laminazione per la portata con tempo di ritorno 200 anni, nel riquadro rosso le sezioni in cui si prevede l'invaso.

Di seguito si riporta il profilo longitudinale e le sezioni trasversali per la portata con periodo di ritorno 200 anni sia per lo scenario "Stato attuale" (SA), sia per la simulazione "Stato di progetto con laminazione" (SPL) da cui si può apprezzare l'effetto dovuto dalla presenza dell'invaso.

La corrente si mantiene veloce in quasi tutte le sezioni, rispetto allo stato attuale si evidenzia una riduzione dei livelli di piena ad eccezione della sezione n°6.5.

In corrispondenza della sezione n°5 e della sezione 3.9 si rileva un minimo aumento del livello per la piena con tempo di ritorno 200 anni (con laminazione) rispetto allo stato attuale. Tale aumento è legato alla presenza di un lieve restringimento nelle sezioni con conseguente aumento del livello del pelo libero. Si tratta comunque di un fenomeno localizzato alle suddette sezioni.

In tutte le altre sezioni a valle della sezione 7 (prima sezione verso monte dell'invaso) i livelli dovuti alla laminazione del picco di piena sono inferiori rispetto allo stato attuale.

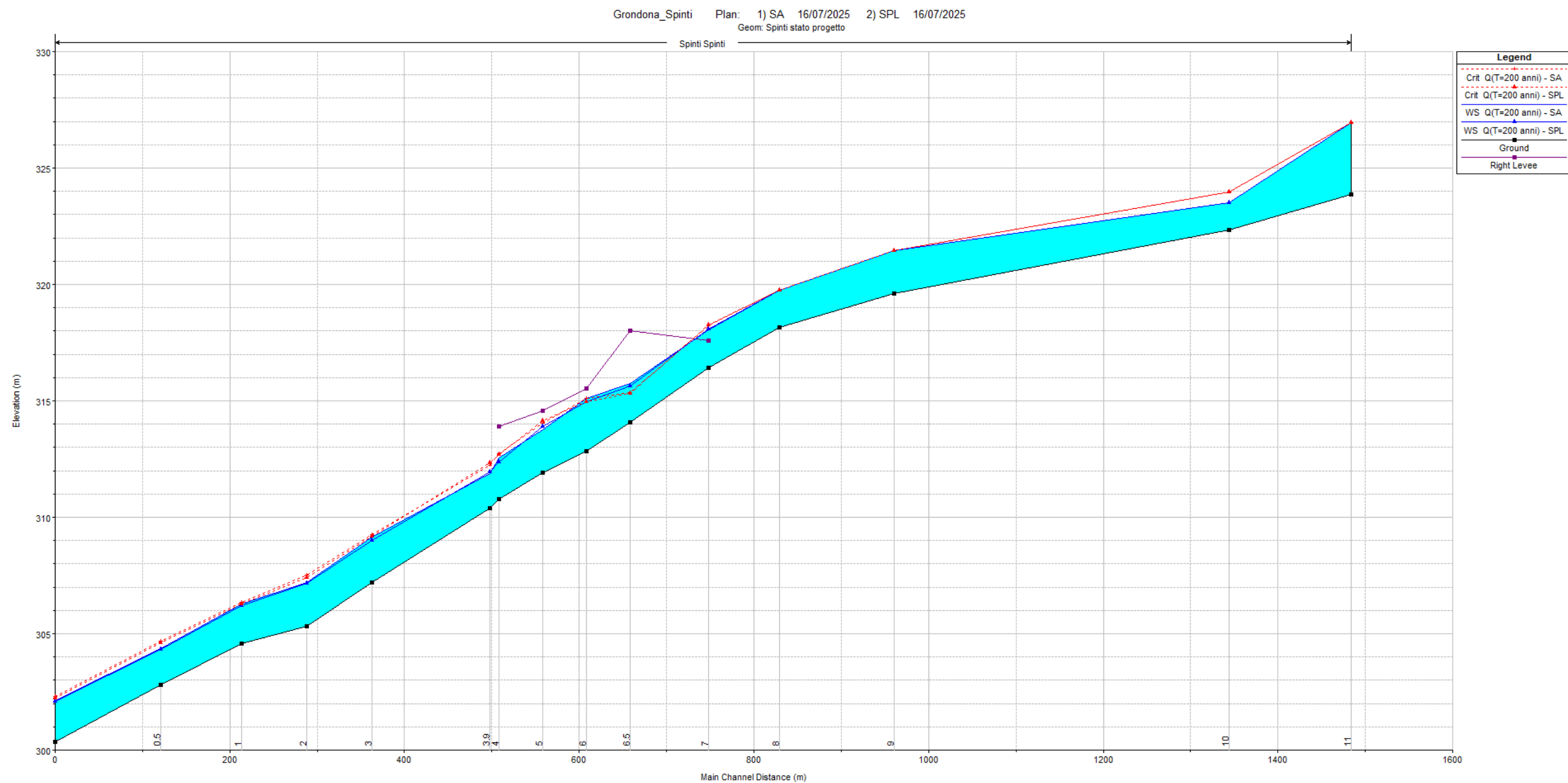
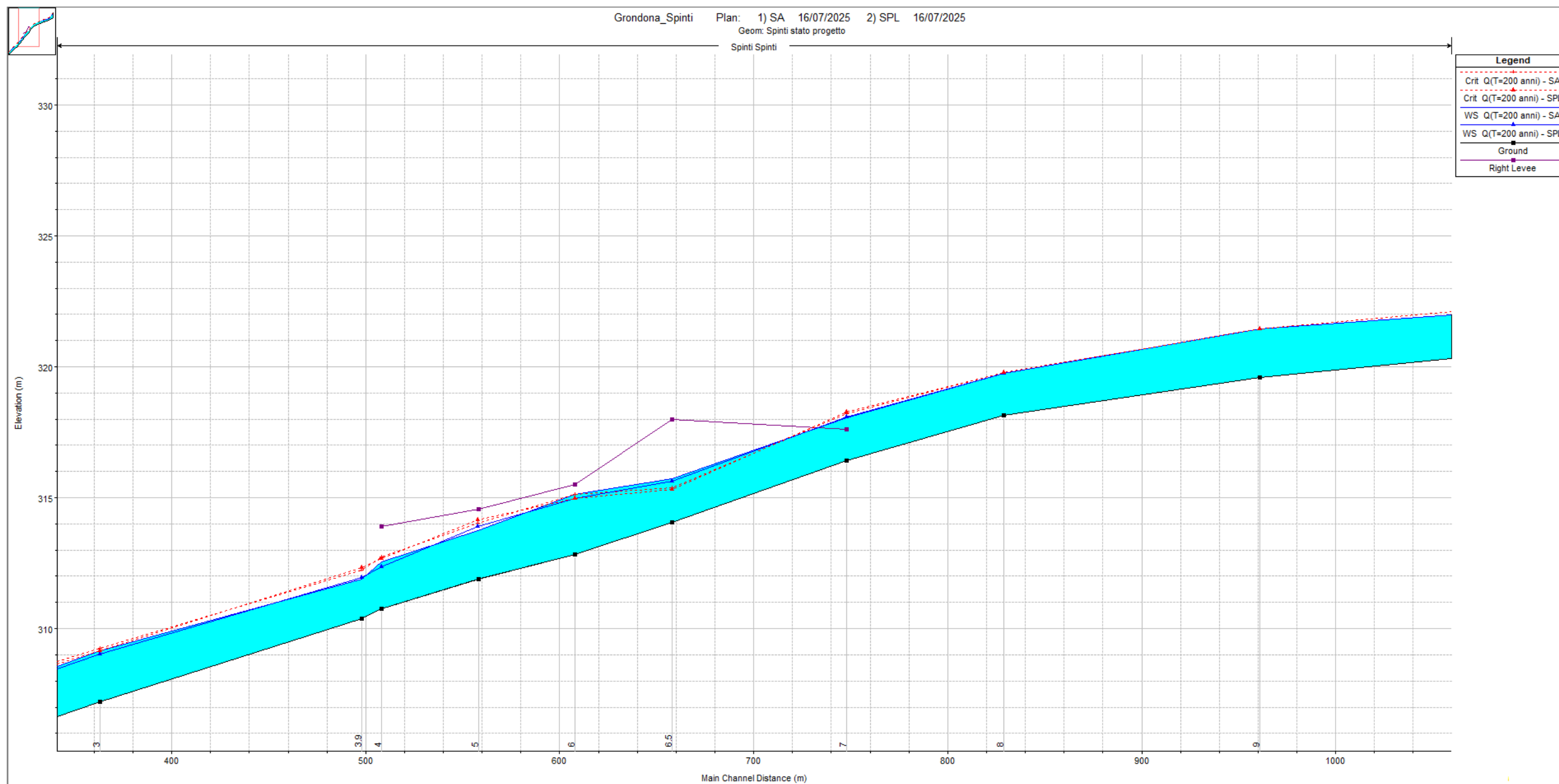


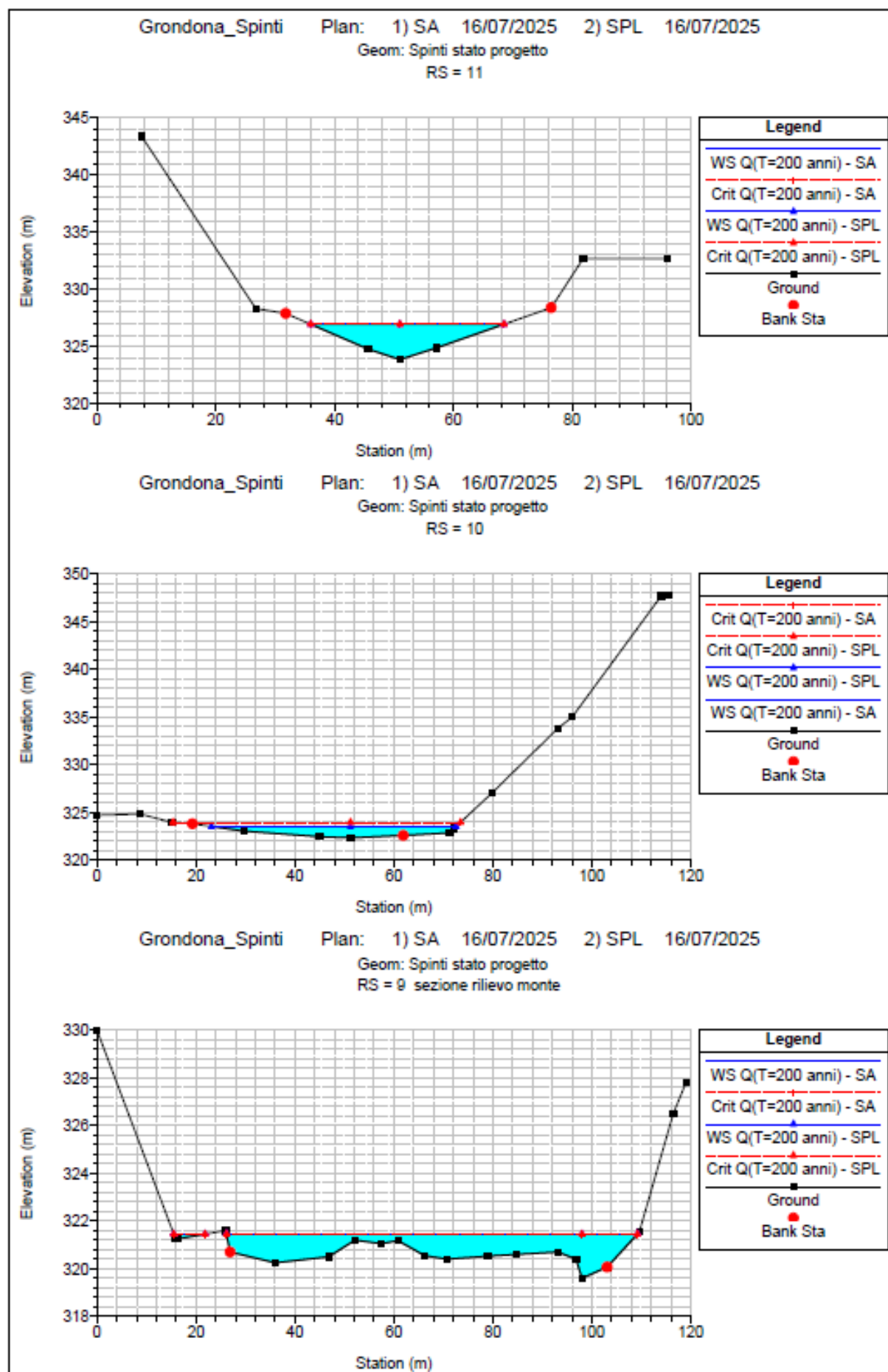
Figura 18 - Risultati della simulazione per lo "stato di attuale (SA)" (blu continuo) e lo "Stato di progetto con laminazione (SPL)" (blu continuo con triangolo) per la portata con tempo di ritorno 200 anni,.

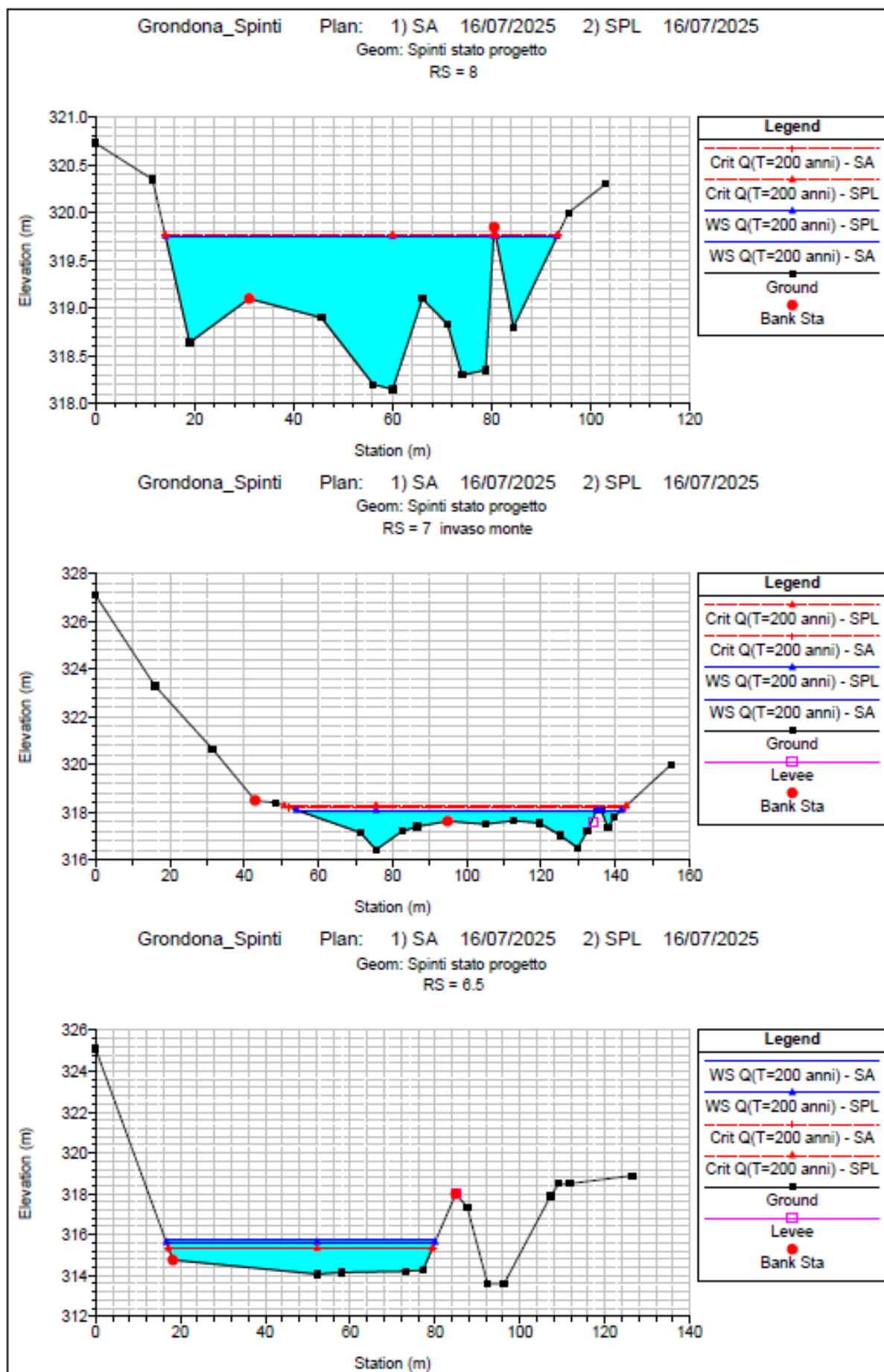
Nella figura seguente si riporta il dettaglio del tratto in corrispondenza dell'invaso.



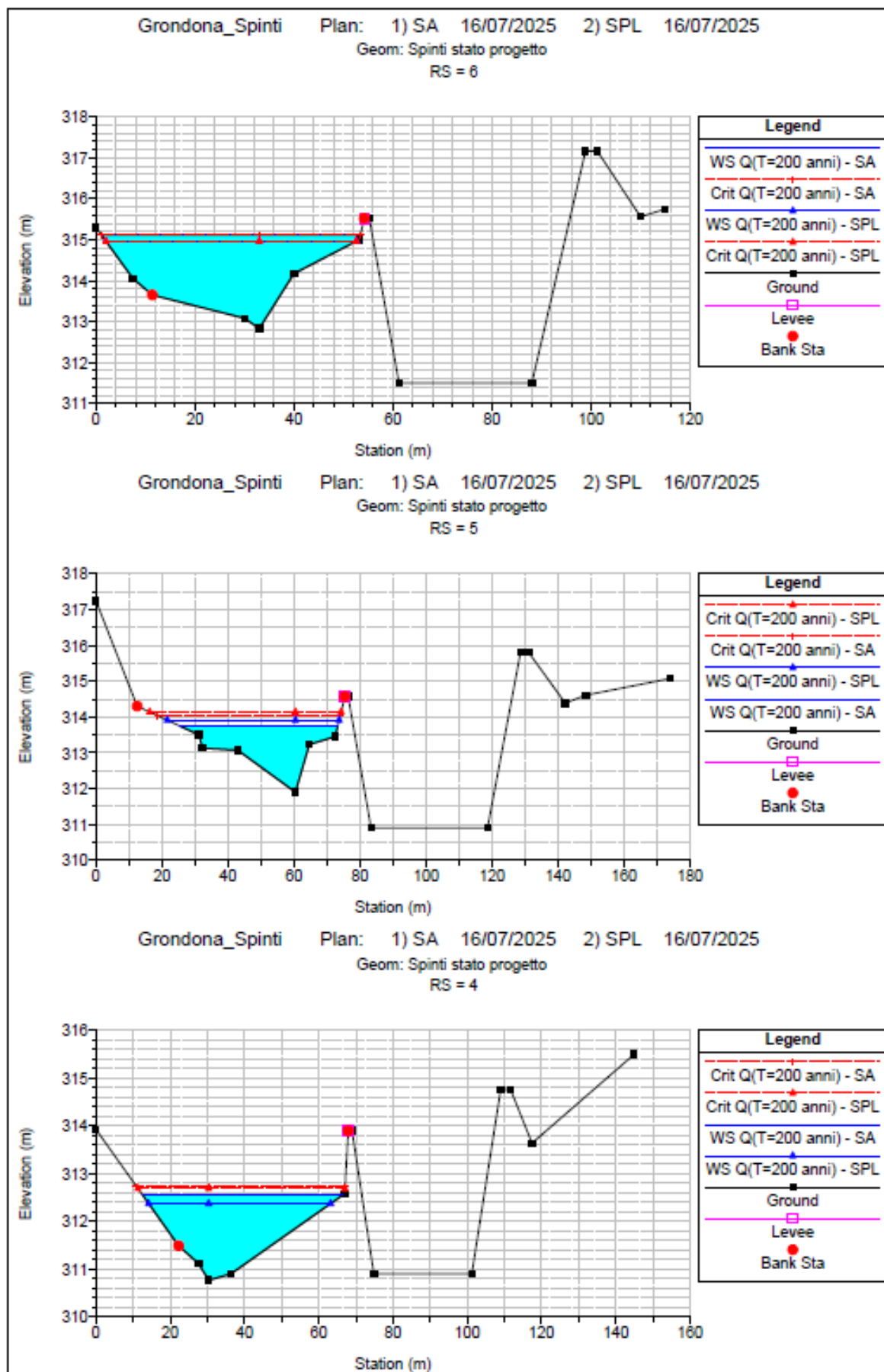
Ing. Vecchione Enrico- Via G.C. Abba n.45 - 15067 Novi Ligure (AL)  
mail:stivecchione@gmail.com - Cell. 3334506735 - P.IVA

RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA  
Costruzione Invaso Artificiale - Autorizzazione Unica

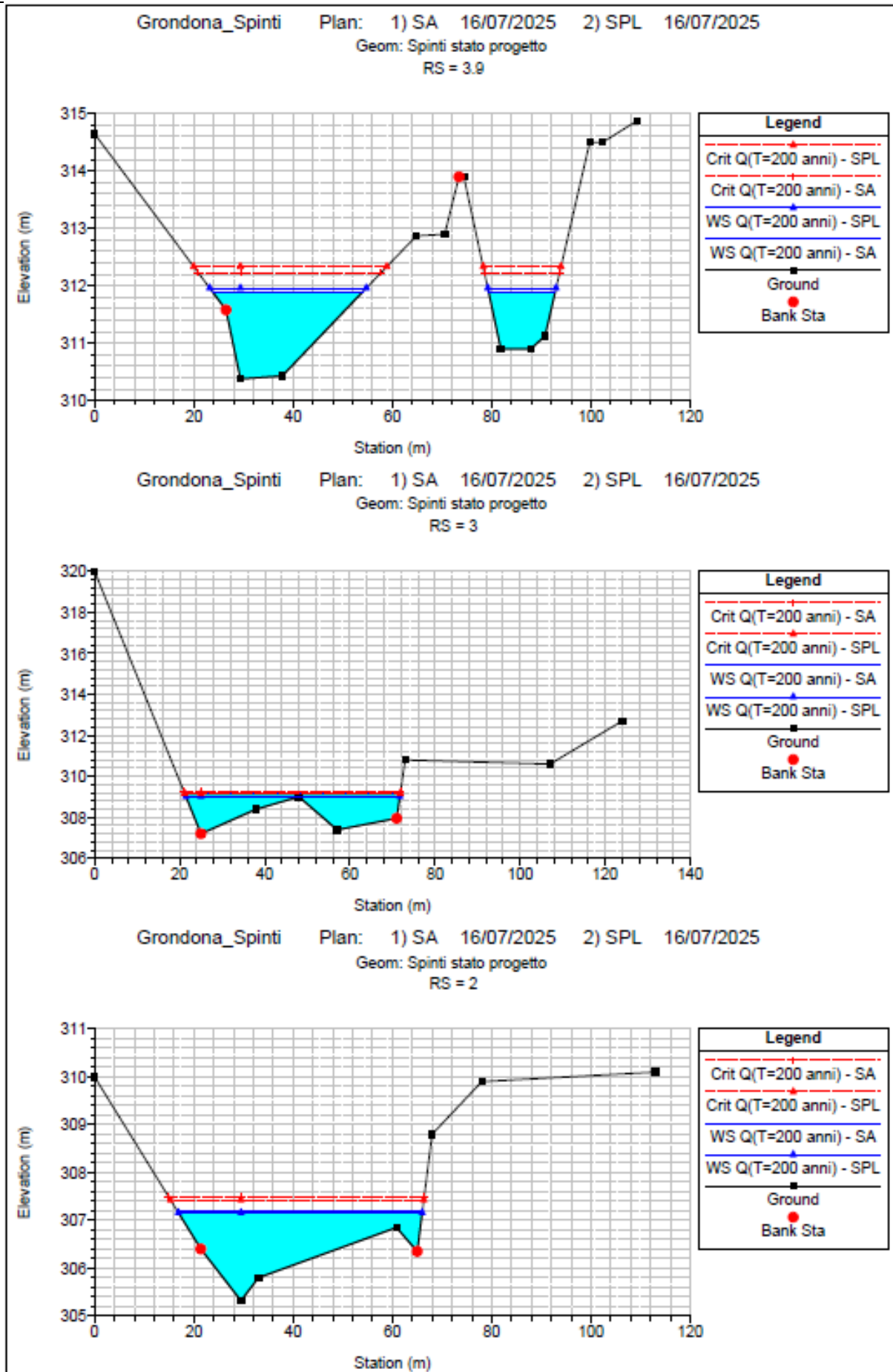




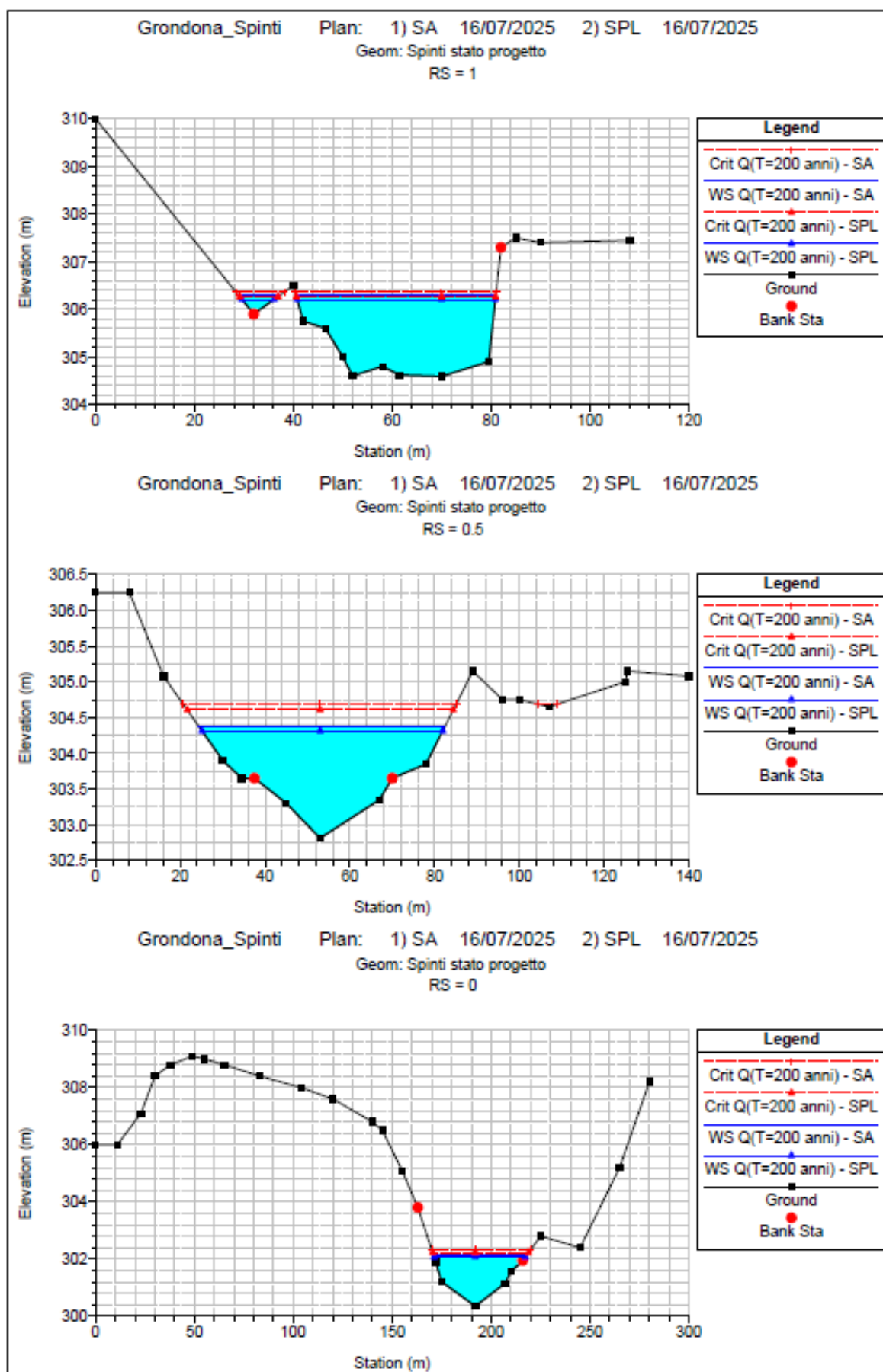
RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA  
Costruzione Invaso Artificiale - Autorizzazione Unica



RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA  
Costruzione Invaso Artificiale - Autorizzazione Unica



RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA  
Costruzione Invaso Artificiale - Autorizzazione Unica



## 5 EFFETTI IDRAULICI DELL'INTERVENTO

(la numerazione dei seguenti sotto-capitoli segue quella del capitolo 2.9 della Direttiva 2/99)

### 5.1 E.1 - MODIFICHE INDOTTE SUL PROFILO INVILUPPO DI PIENA

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un invaso in sponda destra del torrente Spinti con funzione di laminazione della piena con tempo di ritorno 200 anni.

Gli interventi in progetto non determinano variazioni significative dei livelli idrici rispetto alle condizioni di stato attuale.

Nella tabella sottostante si riportano i livelli idrici nelle diverse sezioni, relativi allo stato attuale e di progetto con laminazione, con riferimento alla portata di piena di progetto del torrente Spinti con periodo di ritorno 200 anni.

Sezione	Livello idrico stato attuale [m s.l.m.]	Livello idrico stato di Progetto con laminazione [m s.l.m.]	Variazione livello idrico [m]	Descrizione sezione
11	326.96	326.96	0	
10	323.53	323.53	0	
9	321.45	321.45	0	
8	319.75	319.75	0	
7	318.04	318.09	0.05	inizio invaso
6.5	315.73	315.63	-0.1	
6	315.12	314.96	-0.16	
5	313.75	313.91	0.16	
4	312.56	312.37	-0.19	
3.9	311.89	311.96	0.07	fine invaso
3	309.14	309.02	-0.12	
2	307.19	307.16	-0.03	
1	306.29	306.21	-0.08	
0.5	304.38	304.31	-0.07	
0	302.14	302.08	-0.06	

Rispetto allo stato attuale si evidenzia una riduzione dei livelli di piena ad eccezione della sezione n°5 e nella sezione 3.9 dove si rileva un minimo aumento del livello per la piena con tempo di ritorno 200 anni.

Si tratta comunque di un fenomeno localizzato alle suddette sezioni.

### 5.2 E.2 - RIDUZIONE DELLA CAPACITÀ DI INVASO DELL'ALVEO

Le simulazioni idrauliche effettuate hanno evidenziato che non vi sono modifiche al colmo di piena in corrispondenza delle opere in progetto, pertanto la capacità di invaso dell'alveo non verrà ridotta in alcun modo.

### 5.3 E.3 - INTERAZIONI CON LE OPERE DI DIFESA IDRAULICHE ESISTENTI

Nell'area di progetto non sono presenti difese spondale.

#### 5.4 E.4 - OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO

Il progetto prevede di realizzare uno sfioratore nel paramento dell'invaso in progetto che permette di sfruttare l'invaso stesso per la laminazione della piena con tempo di ritorno 200 anni, tale soluzione permette di ridurre i livelli di piena a valle delle opere stesse.

#### 5.5 E.5 - MODIFICHE INDOTTE SULL'ASSETTO MORFOLOGICO PLANIMETRICO ED ALTIMETRICO DELL'ALVEO INCISO E DI PIENA

Le simulazioni idrauliche effettuate mostrano come la corrente si mantenga pressochè veloce in tutte le sezioni e pertanto il profilo della corrente risulta governato da monte, le uniche sezioni in cui sia per lo stato attuale che per lo stato di progetto si evidenzia una condizione di corrente lenta sono le sezioni 6 e 6.5.

#### 5.6 E.6 - MODIFICHE INDOTTE SULLE CARATTERISTICHE NATURALI E PAESAGGISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE

Considerando che le opere in progetto sono per la maggior parte interrato, non si prevedono modifiche alle caratteristiche paesaggistiche della regione fluviale.

#### 5.7 E.7 - CONDIZIONI DI SICUREZZA DELL'INTERVENTO RISPETTO ALLA PIENA

Dal momento che è previsto l'utilizzo dell'invaso come vasca di laminazione della piena con tempo di ritorno 200 anni si evidenzia un incremento della sicurezza idraulica del tratto analizzato e anche delle zone poste a valle. Come evidenziato nei paragrafi precedenti, l'invaso riduce il picco di piena declassando la piena con tempo di ritorno 200 anni ad una piena con tempo di ritorno 100 anni.