

COMUNE DI RIVA DEL GARDA
Piano Regolatore Generale
VARIANTE n. 13 BIS

1.0 VERIFICA CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ

La valutazione preventiva del rischio riguarda le possibili interferenze determinate dalle nuove previsioni con le disposizioni della Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP) relativamente al territorio del Comune di Riva del Garda.

Tale documento è redatto in base alle disposizioni dell'art.8.3 dell'Allegato C "Carta di Sintesi della Pericolosità" e indicazioni per l'applicazione delle disposizioni sulle aree con penalità elevate, medie o basse e le aree con altri tipi di penalità" parte integrante della Deliberazione della Giunta Provinciale n.1942 d.d. 12.10.2018.

Variazioni in adozione definitiva	
Stralcio variazioni al PRG vigente in adozione definitiva	STRALCIO

N.-VAR	DES T. VAR	Carta di Sintesi della Pericolosità					DESTINAZIONE PRG VIGENTE	DESTINAZIONE PRG (Var 13 bis)	NOTE
Classi di Penalità									
V100 shape	Cod shape dest	P1	P2	P3	APP	P4			
1	E103	P1	P2				E8 - BOSCO (E106)	E2 - AGRICOLA (II) (E103)	Bonifica – Cambio coltura
2	Z610/H101	P1					RB3 - RESIDENZIALE DI COMPLETAMENTO	VINCOLO INEDIFICABILITA' (Z610) / RB2 - VERDE PRIVATO (H101)	
3	H101	P1					VIABILITA' LOCALE ESISTENTE (F601)	RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	
4	Z604		P2	P3		P4	-	INSERIMENTO SITO INQUINATO BONIFICATO - SIB 153006	No cambio di destinazione

5	Z60 4		P2				-	INSERIMENTO SITO INQUINATO BONIFI- CATO - SIB 153005	No cambio di destina- zione
6	F80 3	P1	P2				E8 - BOSCO (E106)	IMPIANTI TECNOLO- GICI (T) (F803)	
7A	E10 4			P3			E8 - BOSCO (E106)	E1 - AGRICOLA DI PREGIO (I) (E104)	Bonifica – Cambio Coltura
7B	E10 6					P4	E8 - BOSCO (E106)	STRALCIO	
8	E11 0			P3			VIABILITA' LOCALE ESISTENTE (F601)	E4 - AGRICOLA LO- CALE (IV) (E110)	
09A	H10 1	P1					VIABILITA' LOCALE ESISTENTE (F601)	RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	
09B	H10 1	P1					VIABILITA' LOCALE ESISTENTE (F601)	RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	
10A	Z50 4	P1					PIANO DI LOTTIZ- ZAZIONE (PL47) (Z504)	STRALCIO	
10B	D10 5	P1					D2 - PRODUTTIVO LOC. DI ESPANSIO- NE (L-PR) (D105)	STRALCIO	
11	F10 2		P2				E3 - AGRICOLA LO- CALE (III) (E109)	STRALCIO	
12A	STR AL- CIO	P1	P2				-	STRALCIO	
12B	D10 4	P1	P2				D1 - PRODUTTIVO LOC. ESIST (L) (D104)	STRALCIO	
12C	D10 4	P1					D1 - PRODUTTIVO LOC. ESIST (L) (D104)	STRALCIO	
12D	C10 4	P1					AREA DI RIQUALIFI- CAZ. URB. E TERR. (Ru) (C104)	STRALCIO	
12E	STR AL- CIO	P1					-	STRALCIO	
12F	C10 4	P1	P2	P3		P4	AREA DI RIQUALIFI- CAZ. URB. E TERR. (Ru) (C104)	STRALCIO	

12G	C10 4	P1	P2	P3		P4	AREA DI RIQUALIFI- CAZ. URB. E TERR. (Ru) (C104)	STRALCIO	
12H	C10 4	P1	P2	P3			AREA DI RIQUALIFI- CAZ. URB. E TERR. (Ru) (C104)	STRALCIO	
12I	C10 4	P1	P2				AREA DI RIQUALIFI- CAZ. URB. E TERR. (Ru) (C104)	STRALCIO	
13A	STR AL- CIO Z50 1		P2				PIANO AI FINI GE- NERALI - PFG 11 (Z501)	STRALCIO Z501	
13B	H10 1		P2				F2 - VERDE PUB- BLICO (VP) (F301)	RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	
13C	F80 3		P2				F2 - VERDE PUB- BLICO (VP) (F301)	IMPIANTI TECNOLO- GICI (T) (F803)	
13D	E10 4		P2				E1 - AGRICOLA DI PREGIO (I) (E104)	STRALCIO	
14A	E10 9	P1		P3			F1 - ATTREZZ. PUB. SPORTIVE SPECIA- LI (SP) (F110)	E3 - AGRICOLA LO- CALE (III) (E109)	
14B	E10 9	P1		P3	APP		F1 - ATTREZZ. PUB. SPORTIVE SPECIA- LI (SP) (F110)	F1 - ATTREZZ. PUB. SPORTIVE LOCALI (s) (F209)	
15A	F60 3	P1	P2				F1 - ATTREZZ. FIE- RISTICHE PROV. (pf) (F115)	VIABILITA' LOCALE DI PROGETTO (Ln) (F603)	
15B	F60 3		P2				VIABILITA' PRINCI- PALE ESIST. (III CAT.) (F501)	VIABILITA' LOCALE DI PROGETTO (Ln) (F603)	
15C	D21 4	P1					RIFIUTI SPECIALI (RS) (L104)	AREA PER SOSTA CAMPER (ca) (D214)	
15D	D21 4	P1					F1 - ATTREZZ. FIE- RISTICHE PROV. (pf) (F115)	AREA PER SOSTA CAMPER (ca) (D214)	
15E	D11 8	P1	P2				F1 - ATTREZZ. FIE- RISTICHE PROV. (pf) (F115)	G2 - DISTRIBUTORI CARBURANTE (D118)	
15F	D11 8	P1	P2				F1 - ATT. CIV. AMM. ESISTENTE (ca) (F201)	G2 - DISTRIBUTORI CARBURANTE (D118)	

15G	D21 4	P1	P2				F1 - ATT. CIV. AMM. ESISTENTE (ca) (F201)	AREA PER SOSTA CAMPER (ca) (D214)	
16	E10 9			P3			VIABILITA' LOCALE ESISTENTE (F601)	E3 - AGRICOLA LO- CALE (III) (E109)	
17	F43 4		P2	P3		P4	E4 - AGRICOLA LO- CALE (IV) (E110)	AREA STAZIONE AUTOBUS (F434)	studio di compati- bilità alle- gato in adozione definitiva
18A	D12 1		P2				E3 - AGRICOLA LO- CALE (III) (E109)	D3 - COMMER- CIALE-TERZIARIO (N) (D121)	Rettifica Catastale
18B	H10 1		P2				E3 - AGRICOLA LO- CALE (III) (E109)	RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	Rettifica Catastale
18C	D12 1		P2				RB2 - RESID. ESI- ST. - VERDE PRIV. (H101)	D3 - COMMER- CIALE-TERZIARIO (N) (D121)	Rettifica Catastale
19	Z61 0/ H10 1		P2				RB1 - RESID. ESI- ST. CONSOLIDATA (B101)	VINCOLO INEDIFI- CABILITA' (Z610) / RB2 - VERDE PRI- VATO (H101)	
20	H10 1		P2				F1 - ATTR. PUB. RELIGIOSE (r) (F205)	RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	
21	Z60 9		P2				-	INSERIMENTO SITO NON CONTAMINA- TO - SNC 153014	No cambio di destina- zione
22	H10 1	P1					F3 - PARCHEGGIO PUBBLICO (P) (F305)	RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	
23	E11 0		P2	P3			E8 - BOSCO (E106)	E4 - AGRICOLA LO- CALE (IV) (E110)	Bonifica – Cambio di coltura
24A	F11 6					P4	E4 - AGRICOLA LO- CALE (IV) (E110)	F1 - ATTR. PUB. TECNOLOGICHE (T) (F116)	Livello So- vralocale/ Provincia- le
24B	F11 6					P4	RB2 - RESID. ESI- ST. - VERDE PRIV. (H101)	F1 - ATTR. PUB. TECNOLOGICHE (T) (F116)	Livello So- vralocale/ Provincia- le
24C	F11 6			P3		P4	RB1 - RESID. ESI- ST. CONSOLIDATA (B101)	F1 - ATTR. PUB. TECNOLOGICHE (T) (F116)	Livello So- vralocale/ Provincia- le
24D	E11 0					P4	E4 - AGRICOLA LO- CALE (IV) (E110)	STRALCIO	

25	Z60 7					P4	-	INSERIMENTO SITO POTENZIALMENTE INQUINATO - SPI 153015	No cambio di destina- zione
26	D20 1			P3			VIABILITA' LOCALE ESISTENTE (F601)	H/B - RICETTIVA (D201)	
27A	STR AL- CIO Z50 1	P1	P2	P3	APP	P4	PIANO AI FINI GE- NERALI - PFG 17 (Z501)	STRALCIO Z501	Ripianifi- cazione derivante da PFG17 decaduto
27B	Z60 2	P1	P2	P3	APP	P4	-	STRALCIO E RIPRI- STINO DA PRG VI- GENTE della SUBA- REA FASCIA LAGO (art. 23 quater) (Z602)	studio di compati- bilità alle- gato in adozione definitiva - COM- PRENDE TUTTE LE VARIA- ZIONI DA 27 a 42
27C	F44 7		P2	P3		P4	H/B - RICETTIVA (D201)	AREE PEDONALI (F447)	
27D	F30 7		P2	P3		P4		ESTENSIONE PAR- CHEGGIO INTERRA- TO (F307)	
28A	Z60 7		P2				-	INSERIMENTO SITO POTENZIALMENTE INQUINATO - SPI 153016	Parte 1 No cambio di destina- zione
28B	Z60 7		P2	P3			-	INSERIMENTO SITO POTENZIALMENTE INQUINATO - SPI 153016	Parte 2 No cambio di destina- zione
29A	STR AL- CIO		P2	P3		P4	-	STRALCIO	
30A	C20 1		P2	P3		P4	-	INSERIMENTO AR- RETRAMENTO EDI- FICAZIONE (C201)	
30B	C20 1			P3			-	INSERIMENTO AR- RETRAMENTO EDI- FICAZIONE (C201)	

31A	STR AL- CIO Z50 7		P2	P3			AMBITO (B) PFG 17	STRALCIO Z507	
31B	Z51 5		P2	P3		P4	-	INSERIMENTO AC- CORDO URBANISTI- CO - AU-01 (Z515)	
31C	F44 7		P2	P3			RC1 - RESIDENZ. DI ESPANSIONE (C101)	AREE PEDONALI (F447)	
31D	F44 7		P2	P3			F3 - PARCHEGGIO PLURIPIANO (Pm) (F308)	AREE PEDONALI (F447)	
31E	F44 7			P3		P4	F2 - VERDE PUB- BLICO (VP) (F301)	AREE PEDONALI (F447)	
31F	C10 1		P2	P3			RC1 - RESIDENZ. DI ESPANSIONE (C101)	RC5 - RESIDENZ. DI ESPANSIONE (C101)	
31G	F30 1		P2				RC1 - RESIDENZ. DI ESPANSIONE (C101)	F2 - VERDE PUBBLI- CO (VP) (F301)	
31H	F30 1		P2	P3			F3 - PARCHEGGIO PLURIPIANO (Pm) (F308)	F2 - VERDE PUBBLI- CO (VP) (F301)	
32	F42 0					P4	CICLOPEDONALE DI PROGETTO (F421)	CICLOPEDONALE ESISTENTE (F420)	Rettifica Percorso
33	STR AL- CIO		P2	P3		P4	-	STRALCIO	
34	F30 1		P2				F3 - PARCHEGGIO PUBBLICO (P) (F305)	F2 - VERDE PUBBLI- CO (VP) (F301)	
35A	Z50 7		P2	P3		P4	-	RIDEFINIZIONE AM- BITO (C) (Z507)	Rettifica Catastale
35B	Z50 7		P2				-	RIDEFINIZIONE AM- BITO (C) (Z507)	Rettifica Catastale
35C	F30 1		P2				F1 - ATT. CIV. AMM. ESISTENTE (ca) (F201)	F2 - VERDE PUBBLI- CO (VP) (F301)	
35D	F30 1		P2	P3			F1 - ATT. CIV. AMM. ESISTENTE (ca) (F201)	F2 - VERDE PUBBLI- CO (VP) (F301)	
35E	F30 1			P3		P4	F1 - ATT. CIV. AMM. ESISTENTE (ca) (F201)	F2 - VERDE PUBBLI- CO (VP) (F301)	

35F	F30 1			P3		P4	F1 - ATT. CIV. AMM. ESISTENTE (ca) (F201)	F2 - VERDE PUBBLICO (VP) (F301)	
36A	F42 0	P1	P2	P3	APP	P4	-	INSERIMENTO CICLOPEDONALE ESISTENTE (F420)	Tratto ciclabile
36B	F42 0	P1	P2				-	INSERIMENTO CICLOPEDONALE ESISTENTE (F420)	Tratto pedonale
36C	F42 0	P1					CICLOPEDONALE ESISTENTE (F420)	RIPRISTINO DA PRG VIGENTE CICLOPEDONALE ESISTENTE (F420)	Tratto pedonale
37A	F20 1		P2				F2 - VERDE PUBBLICO (VP) (F301)	ATT. SERV. DI INT. TURISTICO (st) (F201))	
37B	F20 1		P2				F1 - ATT. CIV. AMM. ESISTENTE (ca) (F201)	ATT. SERV. DI INT. TURISTICO (st) (F201)	
38	F20 1				APP		VIABILITA' LOCALE ESISTENTE (F601)	F2 - VERDE PUBBLICO (VP) (F301)	
39A	H10 1	P1	P2	P3	APP		RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	STRALCIO	
39B	H10 1		P2				F2 - VERDE PUBBLICO (VP) (F301)	RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	Rettifica Catastale
39C - PARTE 1	F30 1				APP		RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	F2 - VERDE PUBBLICO (VP) (F301)	Rettifica Catastale
39C - PARTE 2	F30 1		P2				RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	F2 - VERDE PUBBLICO (VP) (F301)	Rettifica Catastale
39C - PARTE 3	F30 1			P3			RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	F2 - VERDE PUBBLICO (VP) (F301)	Rettifica Catastale
39C - PARTE 4	F30 1			P3			RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	F2 - VERDE PUBBLICO (VP) (F301)	Rettifica Catastale
39C - PARTE 5	F30 1	P1		P3			RB2 - RESID. ESIST. - VERDE PRIV. (H101)	F2 - VERDE PUBBLICO (VP) (F301)	Rettifica Catastale
39D	C20 1	P1	P2	P3			-	INSERIMENTO ARRETRAMENTO EDIFICAZIONE (C201)	

39E	C20 1	P1	P2				-	INSERIMENTO AR- RETRAMENTO EDI- FICAZIONE (C201)	
40	F20 1	P1					F2 - VERDE PUB- BLICO (VP) (F301)	ATT. SERV. DI INT. TURISTICO (st) (F201)	
41	D21 6	P1	P2				F2 - VERDE PUB- BLICO (VP) (F301)	H/D - CAMPEGGIO (D216)	
42A	STR AL- CIO	P1					-	STRALCIO	
42B	STR AL- CIO	P1					-	STRALCIO	
42C	F42 0	P1					-	INSERIMENTO CI- CLOPEDONALE ESI- STENTE (F420)	Tratto ci- clabile - ADEGUA- MENTO CV TN 08 ADIGE- GARDA
43A	Z50 4	P1					PIANO DI LOTTIZ- ZAZIONE (PL 21) (Z504)	STRALCIO	
43B	F30 1	P1					H/C - RICETTIVA DI ESPANSIONE (D201)	F2 - VERDE PUBBLI- CO (VP) (F301)	
43C	D20 1	P1					H/C - RICETTIVA DI ESPANSIONE (D201)	H/B - RICETTIVA (D201)	
43D	F60 2	P1					VIABILITA' LOCALE ESISTENTE (F601)	VIABILITA' LOCALE IN POTENZIAMEN- TO (Lp) (F602)	
44A	D20 1	P1					F2 - VERDE SPOR- TIVO (VA) (F303)	H/B - RICETTIVA (D201)	
44B	E11 0	P1					F2 - VERDE SPOR- TIVO (VA) (F303)	E4 - AGRICOLA LO- CALE (IV) (E110)	
45A	F30 8	P1					F2 - VERDE SPOR- TIVO (VA) (F303)	F3 - PARCHEGGIO PLURIPIANO (Pm) (F308)	
45B	F30 8	P1					F3 - PARCHEGGIO PUBBLICO (P) (F305)	F3 - PARCHEGGIO PLURIPIANO (Pm) (F308)	
45C	F20 2	P1					F2 - VERDE SPOR- TIVO (VA) (F303)	F1 - ATT. CIV. AMM. DI PROG. (ca-pr) (F202)	

45D	F20 2	P1					F3 - PARCHEGGIO PUBBLICO (P) (F305)	F1 - ATT. CIV. AMM. DI PROG. (ca-pr) (F202)	
46A	STRAL- CIO F42 4	P1					SVINCOLO DI PRO- GETTO (F424)	STRALCIO F424	Stralciato Ingombro Z902 col- legato
46B	F42 4	P1					-	INSERIMENTO SVINCOLO DI PRO- GETTO (F424)	Ridefinito Ingombro Z902 col- legato
47	F30 5		P2	P3		P4	F3 - PARCHEGGIO PUBBLICO (P) (F305)	STRALCIO	
48A	F43 8		P2	P3			AREA PORTUALE (F438) -	MODIFICA TEMATI- SMO DA LEGENDA STANDARD	No cambio di destina- zione
48B	F43 8		P2	P3			AREA PORTUALE (F438) -	MODIFICA TEMATI- SMO DA LEGENDA STANDARD	No cambio di destina- zione
48C	F43 8	P1		P3			AREA PORTUALE (F438) -	MODIFICA TEMATI- SMO DA LEGENDA STANDARD	No cambio di destina- zione
49A	G10 3		P2	P3		P4	FASCIA DI RISPET- TO STRADALE	RETTIFICA FASCIA DI RISPETTO	
49B	G10 3		P2				FASCIA DI RISPET- TO STRADALE	RETTIFICA FASCIA DI RISPETTO	

**LE MODIFICHE TRA IL 27 E IL 42 SONO DI
RIPIANIFICAZIONE DERIVANTI DAL PFG 17
DECADUTO**

2.0 ANALISI

Analisi delle modifiche in aree con penalità P3 - P4 e APP

Le varianti indicate ai n.04, n.05, n.21, n.28A e n.28B mantengono la destinazione attuale ma vengono individuate al fine del riconoscimento/individuazione dei siti potenzialmente inquinati/bonificati o soggetti a procedure di bonifica in atto.

La variante n.7 prende atto di un cambio di coltura. L'area è esposta ad una pericolosità da crolli rocciosi e di caduta massi, pertanto ogni intervento sull'area deve essere supportato, in fase di progettazione, da uno studio di compatibilità che analizzando la pericolosità gravante sul sito, suggerisca le opportune opere di difesa.

La variante n.8 è determinata dall'accoglimento della richiesta di stralcio di una previsione infrastrutturale stradale a favore di utilizzi agricoli. Si ritiene che il carico antropico gravante sull'area diminuisca.

Le varianti indicate ai n.11 e n.17 sono state richieste dalla PAT. Compete all'ente proponente realizzare un eventuale studio di compatibilità in fase di progettazione per le aree indicate.

Le varianti indicate ai n.12F, n.12G, n.12H, n.12I sono precisazioni funzionali relative ad un Piano di riqualificazione urbana individuato dalla Variante al PRG n.15 (approvata dalla G.P. nel 2022). E' tuttavia prevista la realizzazione di uno studio di compatibilità per le aree che verranno acquisite dalla Pubblica Amministrazione e destinate ad attrezzature e servizi.

La variante n.14 considera la destinazione sportiva ormai superata e attribuisce all'area destinazioni agricole. Si ritiene pertanto che il carico antropico gravante sull'area diminuisca.

La variante n.16 prende atto che l'area non può essere considerata "strada esistente" in quanto ricade all'interno di una proprietà privata a destinazione agricola. Il carico antropico gravante sull'area è quindi in riduzione.

La variante n.19 indica un vincolo di inedificabilità decennale per l'area.

Le varianti n.20 e n.24 sono, a tutti gli effetti, un adeguamento cartografico all'assetto esistente dell'area.

La variante n.23 indica un cambio di coltura per un ambito, in parte soggetto a crolli rocciosi pertanto ogni intervento sull'area deve essere supportato da uno studio di compatibilità, in fase di progettazione, che analizzando la pericolosità gravante sul sito, suggerisca le opportune opere di difesa.

Le varianti n.24A, n.24B e n.24C riconoscono il reale utilizzo dell'area occupata dai volumi della centrale idroelettrica di Riva del Garda. Non sono previsti interventi di modifica dell'attuale assetto né aumenti del carico antropico. L'ipotesi di realizzare eventuali studi di compatibilità per quest'area edificata nel 1928 appare pertanto irragionevole.

La variante n.26, riguarda un immobile posto nel centro storico di Riva del Garda. La modifica si rende necessaria a seguito del recepimento di una sentenza del TAR.

La variante n.31F conferma la destinazione residenziale preesistente e ne modifica solo gli indici.

La variante n.38 precisa il passaggio di un tratto ciclabile su un tratto di strada esistente (Via C.H. Von Hartungen). L'area è indicata come APP nella CSP in quanto, in quel tratto, scorre interrato il Rio Galanzana. Non sono previsti interventi infrastrutturali ma solo provvedimenti viabilistici per dare continuità al percorso ciclopeditone. Anche in questo caso, in questa fase non si rileva la necessità di prevedere studi di compatibilità.

3.0 STUDI DI COMPATIBILITA' RISPETTO ALLA CSP REDATTI IN FASE DI PIANIFICAZIONE

Nell'ambito del parere espresso dalla Conferenza di Pianificazione sono stati richiesti alcuni "studi di compatibilità" da redarre in fase di pianificazione. Gli studi richiesti sono allegati allo strumento, qui di seguito sono riportate le conclusioni e le eventuali misure di mitigazione proposte.

3.1 Studio di compatibilità per la "Fascia lago" di Riva del Garda

Lo studio di Compatibilità preliminare, redatto in fase di pianificazione della Variante 13 bis, è riferito alla valutazione complessiva della "fascia lago". Il documento, firmato dal dott. geol. Emanuela Cretti dello Studio Associato Cretti e Marchi di Arco di giugno 2024, è stato commissionato dal Comune di Riva del Garda.

Conclusioni

"Si vuole sottolineare a tale proposito che, eccezion fatta per l'area ex Cattoi (per cui è comunque prevista una riduzione delle edificazioni già contenute nel PFG17 - Piano Cecchetto), tutti gli interventi immaginati nella zona della fascia lago dalla variante in esame sono di mantenimento della situazione attuale o di riduzione del carico strutturale/antropico (riduzione dei parcheggi Campo calcio e Porto S. Nicolò e dei volumi nel compendio ex Colonia Miralago).

Sulla base di quanto contenuto nei precedenti paragrafi si esprime la compatibilità preliminare tra la situazione locale di pericolo individuata e la pianificazione proposta. Essa è naturalmente subordinata alla puntuale e corretta realizzazione delle opere di mitigazione indicate nella presente e di quelle derivanti dagli studi puntuali e di adeguato livello necessari per i singoli interventi".

Misure di mitigazione

Le misure di mitigazione che devono essere adottate negli interventi riguardanti la "Fascia Lago" sono qui di seguito indicati:

- opere sugli alvei dei torrenti Varone e Albola:

- sovrалzo dei muri arginali del Torrente Albola di circa 20 cm;
- verifica ed eventuale riempimento delle buche a valle delle soglie del Torrente Varone;

- accorgimenti progettuali:

- bocche di lupo dei piani interrati lievemente rialzate rispetto al piano di campagna circostante;
- porte finestre del piano terra ridotte al minimo indispensabile e provviste di uno zocchetto alla base;
- recinzioni di confine dotate di muretti continui che fungano da arginelli.

Si sottolinea inoltre la necessità di:

- rispetto dei divieti previsti nell'articolo 21 comma 3 della Legge provinciale 27 maggio 2008, n° 5 per le aree in tutela, rispetto e protezione di risorse idriche utilizzate;
- contenimento o se possibile, riduzione dell'impermeabilizzazione del suolo; mantenimento e auspicabile incremento delle superfici permeabili verdi e/o alberate.

3.2 Studio di compatibilità per l'area di San Cassiano

Lo studio di Compatibilità preliminare, redatto in fase di pianificazione della Variante 13 bis, riguarda l'area di San Cassiano. Il documento, firmato dall'ing. Raffaele Ferrari di giugno 2024, è stato commissionato dalla società Trentino Trasporti S.p.a., proprietaria dell'area.

Conclusioni e misure di mitigazione

"L'analisi idrologica sul torrente Albola alla sezione di chiusura del bacino a monte dell'area indagata è stata condotta utilizzando metodi, dati e modelli provenienti da fonti ufficiali della Provincia di Trento. Il valore stimato della piena bicentenaria è stato incrementato del 10% per tener conto del trasporto solido.

La verifica idraulica in regime di moto permanente condotta con il software HEC-RAS relativamente al transito della portata di picco associata ad un tempo di ritorno di 200 anni nella condizione esistente nel tratto del torrente Albola adiacente all'area denominata "San Cassiano" ha consentito di valutare le aree interessate dal deflusso della piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Dai risultati ottenuti attraverso il modello monodimensionale HEC-RAS emerge che il passaggio della piena bicentenaria interessa esclusivamente l'alveo del torrente Albola senza fuoriuscire dalle arginature in muratura.

Pertanto, l'area San Cassiano non risulta interessata da allagamenti.

Tale condizione è garantita se il regime di moto si mantiene ovunque rapido e non si determinano ostruzioni e/o ostacoli al deflusso tali da determinare un risalto. In tal caso i livelli della piena supererebbero la quota arginale:

- risulta quindi fondamentale garantire lo stato di buona manutenzione del torrente, che in questo tratto è completamente artificializzato.

In relazione ai contenuti della Carta di Sintesi della Pericolosità, la parte di variante in località San Cassiano che ricade in aree a penosità P3 - media e P2 – bassa, appare quindi compatibile relativamente agli aspetti di interferenza idraulica.

Riva del Garda, Giugno 2024

Il Progettista
arch. Gianfranco Zolin



Studio Associato di Geologia

dott. Emanuela Cretti dott. Paolo Marchi

COMMITTENTE: COMUNE DI RIVA DEL GARDA

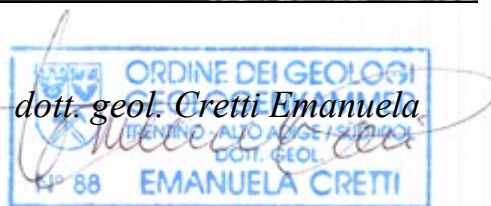
**“STUDIO UNITARIO” PRELIMINARE RIFERITO
ALLA VALUTAZIONE COMPLESSIVA DELLA
FASCIA LAGO RISPETTO ALLA CSP - IN FASE DI
PIANIFICAZIONE DELLA VARIANTE
URBANISTICA**

VARIANTE N°13 bis AL PRG

STUDIO DI COMPATIBILITA’



Arco, giugno 2024



INDICE

1	PREMESSA.....	pag. 2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag. 5
3.1	Inquadramento geolitologico	pag. 5
3.2	Inquadramento idrogeologico	pag. 7
3.3	Inquadramento sismico.....	pag. 15
4	STUDIO DI COMPATIBILITÀ	pag. 17
4.1	Considerazioni in merito alla penalità idraulica.....	pag. 20
4.1.1	compatibilità idraulica T. Albola e Varone.....	pag. 20
4.1.2	Rio Galanzana.....	pag. 71
4.1.3	Lago di Garda.....	pag. 72
4.1.4	falda freatica.....	pag. 73
4.2	Misure di mitigazione.....	pag. 75
5	CONCLUSIONI.....	pag. 76

1. PREMESSA

Il presente *STUDIO DI COMPATIBILITÀ PRELIMINARE* viene redatto su incarico del *COMUNE DI RIVA DEL GARDA* ed è riferito alla valutazione complessiva della “fascia lago” rispetto alla CSP, in fase di pianificazione della variante urbanistica. Infatti, come evidenziato dalla CaP, la variante in oggetto comprende varie destinazioni che ricadono in aree critiche per fenomeni alluvionali della CSP, individuate a penalità P4, P3 e P2. Lo studio di compatibilità elaborato, al fine di verificare la compatibilità delle varie destinazioni urbanistiche con la pericolosità evidenziata dalla CaP, si pone l’obiettivo di valutare l’intera area in variante e non solo le zone a penalità P4 e P3. In questa fase indica almeno in linea di massima le eventuali misure di mitigazione ed i vincoli ai quali la progettazione vera e propria deve attenersi.

A tal fine, sono stati quindi eseguiti accurati sopralluoghi che hanno consentito di raccogliere dati sulle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche di superficie. I dati raccolti sono stati implementati da quelli provenienti da indagini eseguite nelle aree limitrofe.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

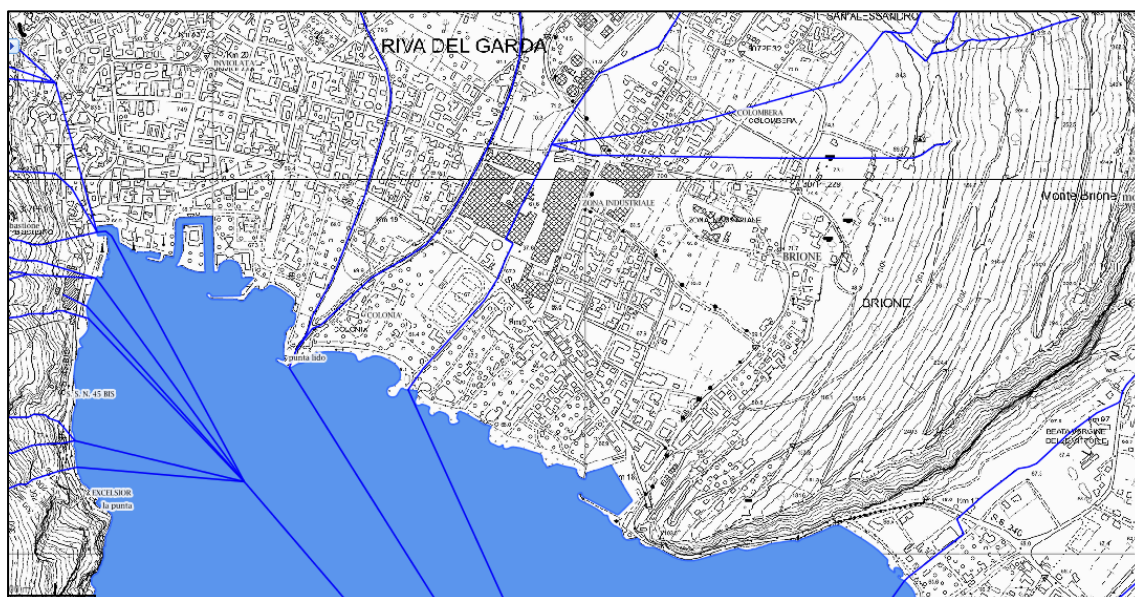
L'area in oggetto è compresa nel Comune di Riva del Garda e coincide con gran parte della “fascia Lago”, come risulta facilmente verificabile negli allegati cartografici proposti alle pagine seguenti:

1 - Estratto della Carta topografica P.A.T.

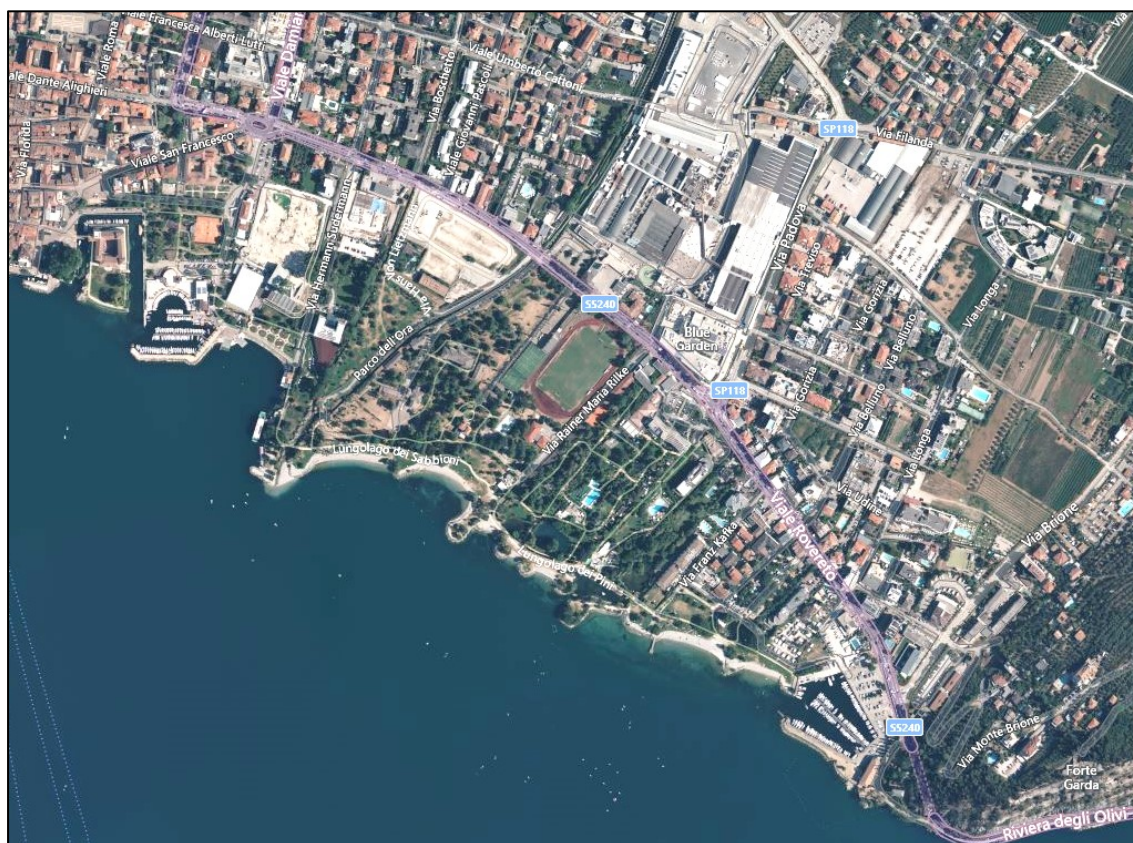
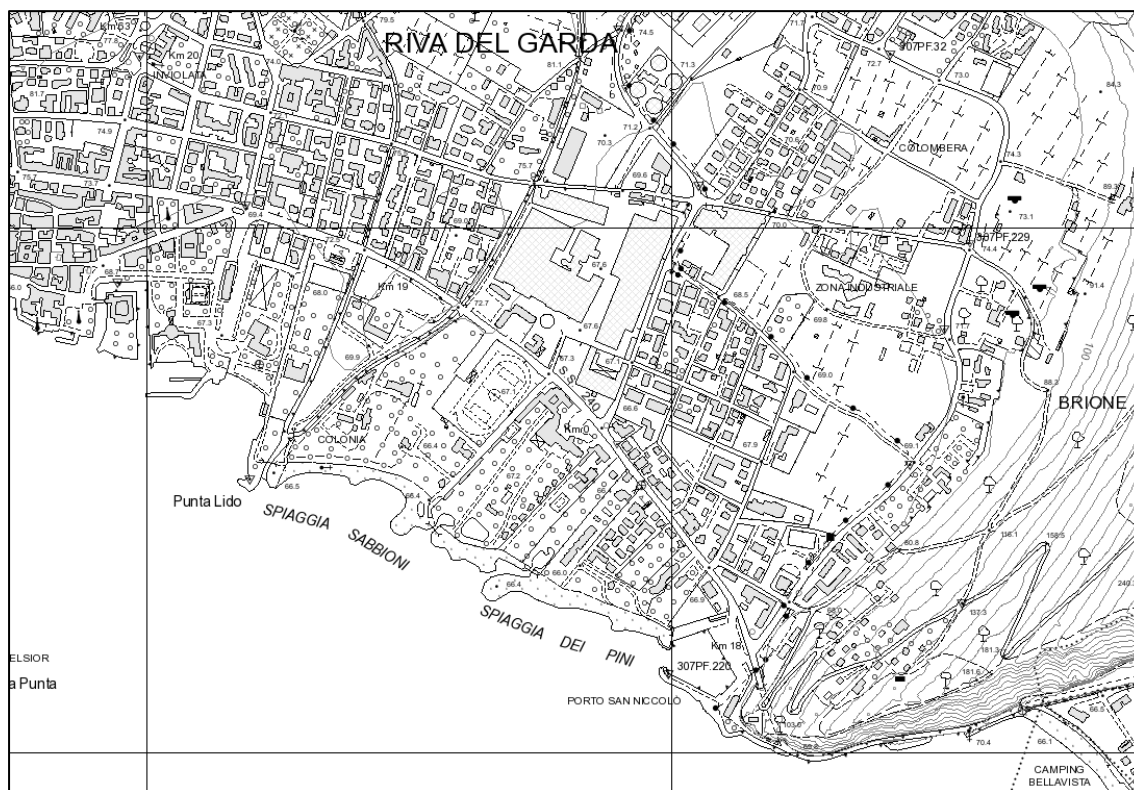
2 - Estratto Mappa C.C. Riva

L'area di studio è localizzata tra viale Rovereto e la riva settentrionale del lago di Garda ad est del centro storico della città.

L'area si trova ad una quota di poco superiore ai 65 m.s.l.m. ed è pianeggiante.



INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO



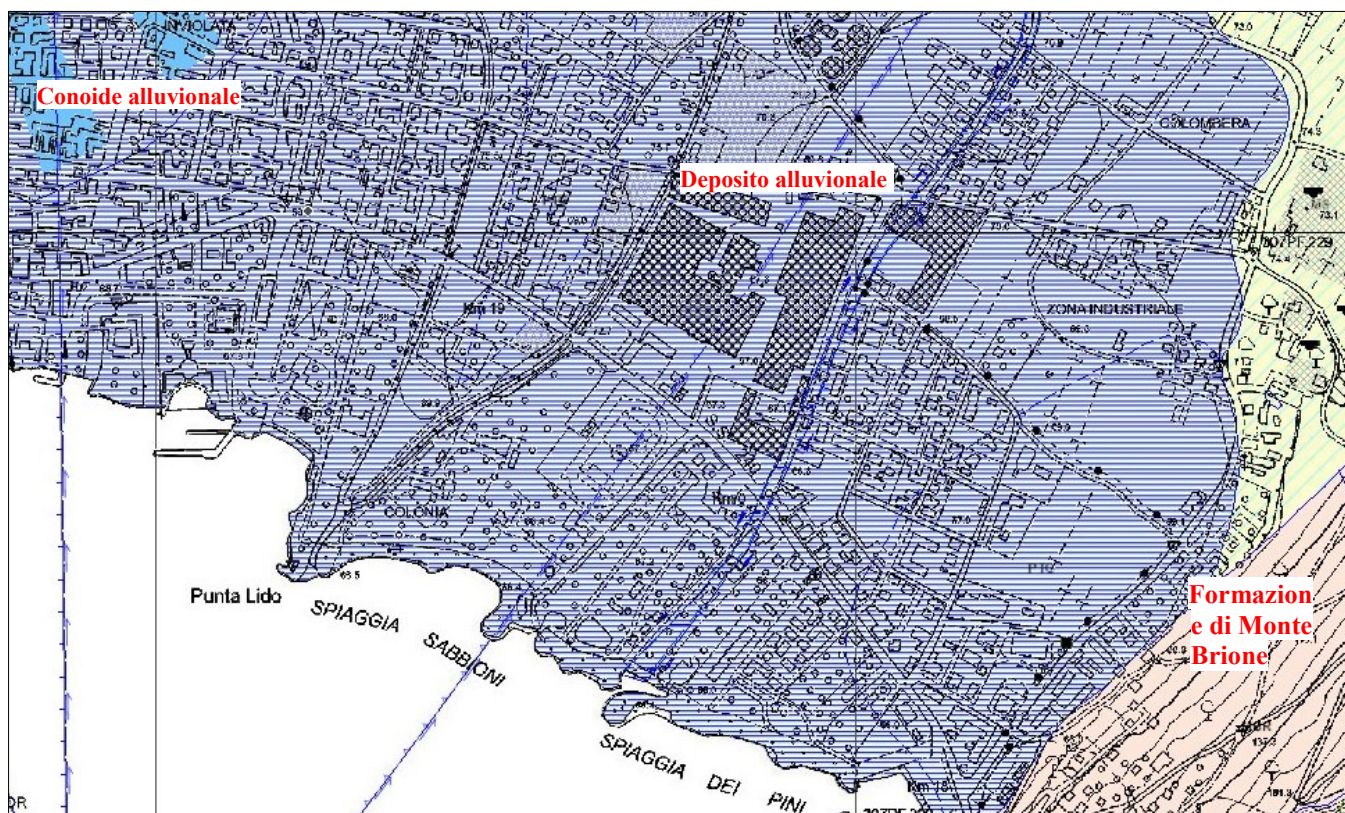
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO

L'area sub-pianeggiante di fondovalle in cui ricade l'intervento in progetto, trae origine dalla sovrapposizione di corpi sedimentari il cui accumulo è legato all'azione di erosione, trasporto e deposito del fiume Sarca e dei torrenti Varone e Albola che hanno creato l'attuale aspetto di quel settore della valle del Basso Sarca.

La ricca bibliografia, l'analisi della Carta Geologica della PAT (estratto allegato), indagini e scavi eseguiti nelle vicinanze forniscono una conferma di quanto già in possesso della scrivente e cioè che in zona, per un notevole spessore, l'unica unità litostratigrafica presente è costituita dall'accumulo alluvionale.

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA DELLA PAT



Si tratta di una successione di molti episodi in distribuzione lenticolare caratterizzati alternativamente da: ghiaie con ciottoli di diametro fino a 10 cm e sabbie in quantità subordinata, ghiaie e ghiaie fini con ciottoli e sabbie, sabbie con ghiaie e rari ciottoli, sabbie con pochi elementi ghiaiosi e talora una piccola percentuale di matrice limosa. Si rinvencono anche intercalazioni chiaramente limose o con percentuali di elementi fini consistenti. Accumuli di questi ultimi in entità cospicue sono poco probabili ma non sono da escludere.

I sedimenti sono costituiti da terreni sciolti disposti in corpi lenticolari, a stratificazione incrociata, ciascuno dei quali caratterizzato da una granulometria prevalente. I singoli elementi sono caratterizzati da una forma arrotondata o comunque a spigoli smussati a testimonianza del lungo trasporto subito ad opera delle acque ed in molti casi, anche dei ghiacciai. Le litologie prevalenti sono derivanti dal disfacimento di roccia sedimentaria (calcari di varie facies, dolomie, marne ecc.) ma non mancano gli elementi d'origine metamorfica e ignea, sia intrusiva (graniti, granodioriti e tonaliti) sia effusiva (porfidi). Una tale abbondanza di facies, è giustificata dalla varietà delle formazioni che affiorano nel bacino del Sarca e che sono state oggetto d'erosione da parte del fiume e dei suoi affluenti. A ciò si aggiunge la presenza, in vaste aree, di una copertura morenica ivi trasportata ed abbandonata dai ghiacciai di provenienza anche esterna al bacino del Sarca. Tali depositi sono stati in seguito rimaneggiati dall'azione delle acque e degli agenti atmosferici, spinti verso valle e mescolati con gli elementi autoctoni.

3.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'idrologia superficiale è caratterizzata dalla presenza del lago di Garda sulla cui sponda settentrionale si affaccia l'area in esame e dai tre torrenti immissari (T. Varone, T. Albola e Rio Galanzana).

Le caratteristiche del bacino lacustre, desunte Comunità del Garda Fonte: Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.PO) - Ufficio di Mantova, sono le seguenti:

Ente regolatore	Agenzia Interregionale per il fiume Po
Bacino idrografico allo sbarramento lago	2260 km ²
Superficie lago	370 km ²
Volume d'invaso disponibile per la regolazione	458 Milioni di m ³
Coordinate GPS (WGS84)	45.439400° N - 10.692100° E
Zero idrometrico	
Limiti di regolazione - Massimo	1.4 m
Limiti di regolazione - Minimo	0,15 m ordinario, -0,05 m eccezionale
Inizio periodo di osservazione	01-11-1930

Altezza idrometrica Lago di Garda: 135.3 cm alle ore 14:00 del 05-06-2024

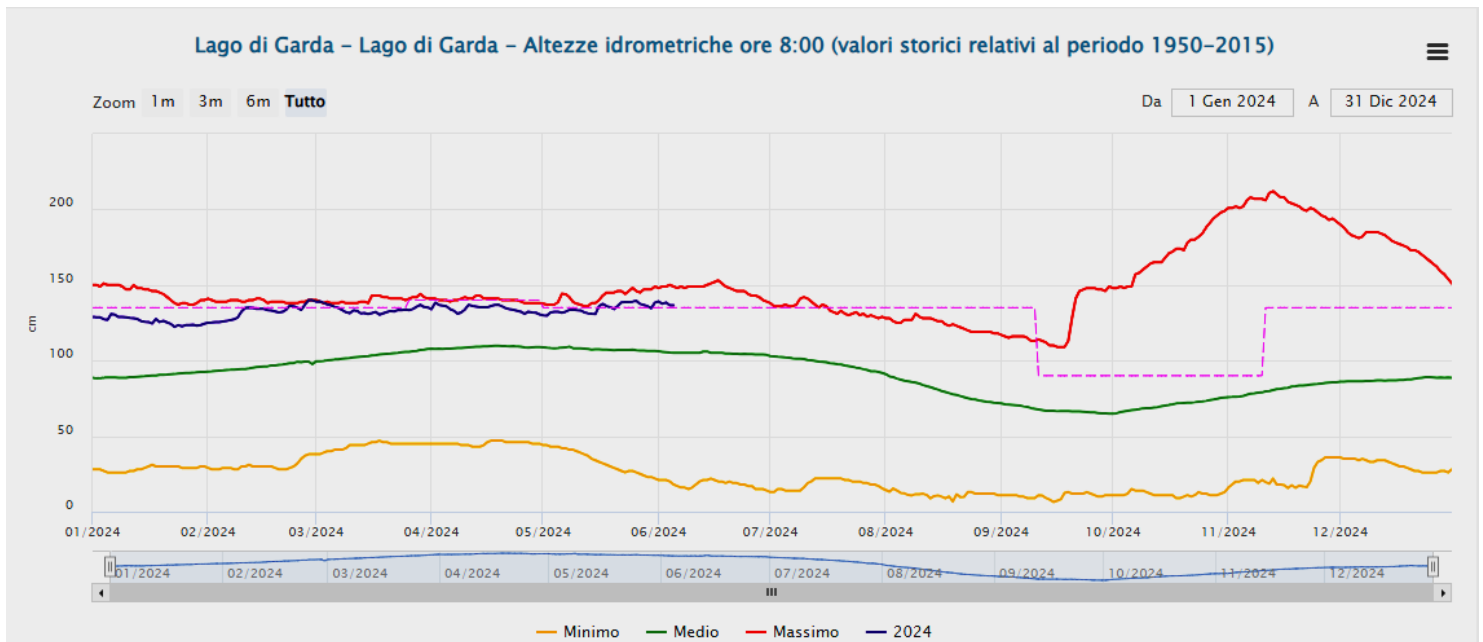
Lago di Garda	Periodo di osservazione 24 ore		Periodo di osservazione 24 ore								Dati storici dal 1950 al 2015				
	05-06-2024	04-06-2024	05-06-2024			04-06-2024		29-05-2024			Media	Minimo		Massimo	
	ore 14:00	ore 14:00	ore 08:00	Stato	%	ore 08:00	%	ore 08:00	%	ore 8:00		Anno	ore 8:00	Anno	
Altezza idrometrica (cm) *	136.0	137.0	136.5	🟢	129.8	136.6	129.8	136.0	129.3	105.2	18.0	1953	149.0	1977	
Quota invaso (m slm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Portata erogata (m³/sec)	160.0	160.0	160.0	🟡	217.7	160.0	217.7	150.0	204.1	73.5	12.0	2007	150.0	2013	
Afflusso al lago (m³/sec) **	146.0	146.4	143.7	🟡	217.7	145.8	220.9	152.9	231.7	66.0	0.7	2005	179.0	1977	
Volume invaso (10^6 m³)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

La percentuale di altezza idrometrica, portata erogata ed afflusso è il rapporto fra il valore odierno e quello medio storico del medesimo giorno, calcolato solo in presenza di valori positivi.

La percentuale di volume invaso è il rapporto fra il valore odierno e quello massimo per concessione

* Valori calcolati in media mobile

** Valori medi decadal calcolati in media mobile



Misura del livello del lago di Garda al di sopra dello zero idrometrico (m 64,027 s.l.m.m.) e quantità dello scarico dall'edificio regolatore di Salionze relativo al periodo di inizio giugno 2024.

Data	Livello	Scarico
05 giu 2024	cm. 136.7	m ³ ./sec. 160
04 giu 2024	cm. 136,7	m ³ ./sec. 160
03 giu 2024	cm. 138,1	m ³ ./sec. 160
02 giu 2024	cm. 137,6	m ³ ./sec. 160
01 giu 2024	cm. 139,2	m ³ ./sec. 160

Come si può notare attualmente il livello del lago è piuttosto elevato, con quote prossime a quelle di massimo invaso. Questa situazione si protrae da inizio anno (vedi a inizio pagina) senza tuttavia che ciò crei problema alcuno alla realtà attuale (vedi foto).



Nel lago di Garda sfociano in corrispondenza dell'area esaminata tre immissari: i torrenti Varone e Albola che si uniscono a poche decine di metri dalla loro foce comune e il Rio Galanzana.



Il Rio Galanzana nella zona in esame scorre completamente interrato. Infatti, come è evidente anche dalla documentazione fotografica, dopo essere tornato a giorno a valle dell'area delle Cartiere del Garda, scorre per un piccolo tratto in superficie per poi nuovamente essere intubato all'incrocio con Viale Rovereto.

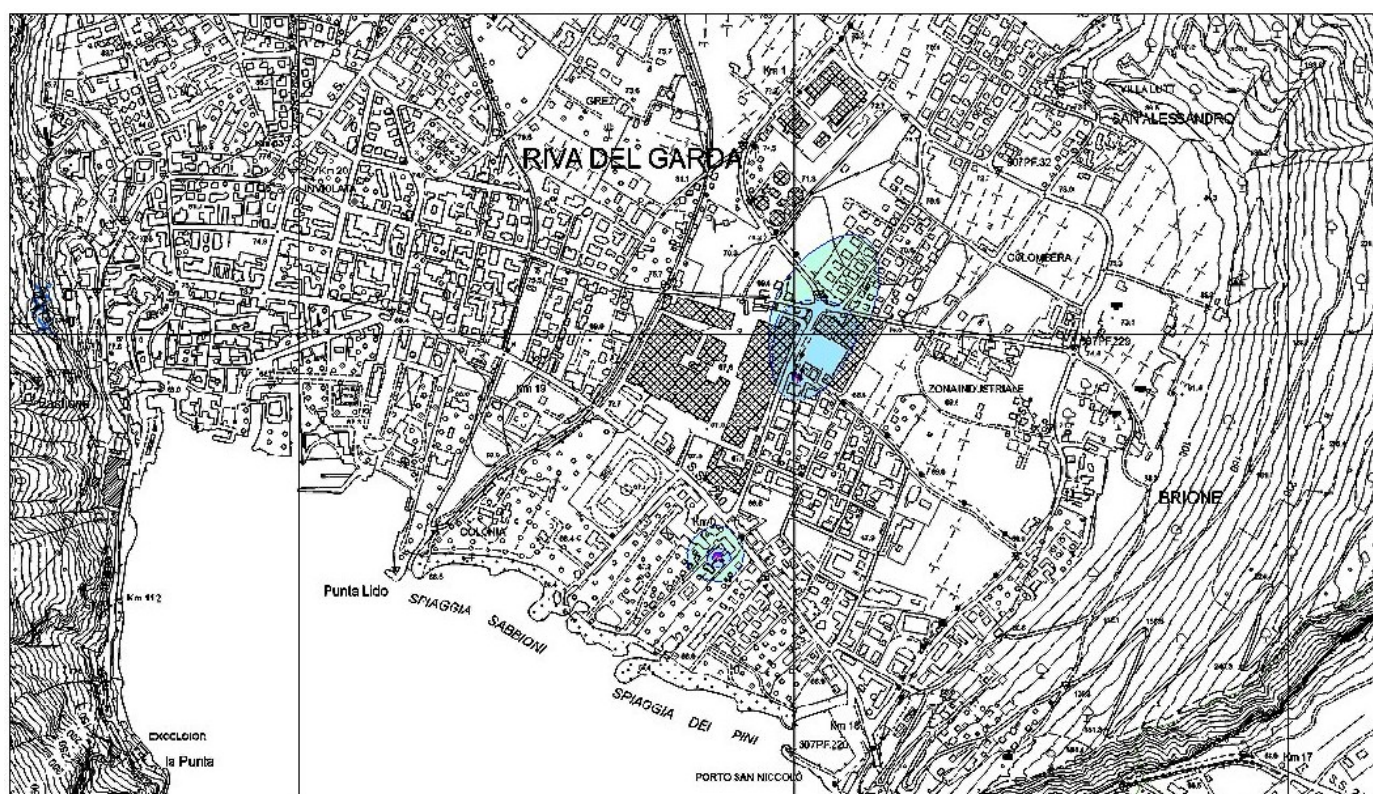


Map of the coastal area of Marseilles showing the distribution of sea level measurements. The map includes contour lines and numerical values representing sea level elevations. The coastline is visible on the left, and the city area is on the right.



La CARTA DELLE RISORSE IDRICHE della P.A.T. (vedi estratto) individua, all'interno della zona in esame, un'area in tutela, rispetto e protezione di un pozzo.

ESTRATTO CARTA DELLE RISORSE IDRICHE DELLA P.A.T. – FOGLIO RIVA



17/5/2024, 14:24:09

- Confine Provinciale
- Confini Comunali
- Inquadramento 10.000

Legenda

Zona di Tutela Assoluta

- Sorgenti
- Sorgenti Minerali
- Acque Superficiali
- Pozzi

Zona di Rispetto Idrogeologico

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

Zona di Protezione Idrogeologica

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

1:10.000
0 0,075 0,15 0,3 mi
0 0,125 0,25 0,5 km



Provincia Autonoma di Trento

In tale zone, al fine di salvaguardare le condizioni fisiche dei terreni e quindi le caratteristiche chimiche e batteriologiche delle acque:

+ nelle **aree di rispetto idrogeologico** sono vietate (come indicato nell'**articolo 21 comma 3 della Legge provinciale 27 maggio 2008, n° 5**) le seguenti attività.

- dispersione di fanghi ed acque reflue anche se depurati;
- accumuli di concimi organici, fertilizzanti o pesticidi;
- spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazze e strade;
- aree cimiteriali;
- apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione e alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- impianti di trattamento e gestione rifiuti;
- stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- pascolo e stabulazione di bestiame che possano compromettere la risorsa idrica.
- nelle medesime zone, per gli insediamenti o le attività di cui al punto precedente preesistenti, i comuni adottano, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

3.3 INQUADRAMENTO SISMICO

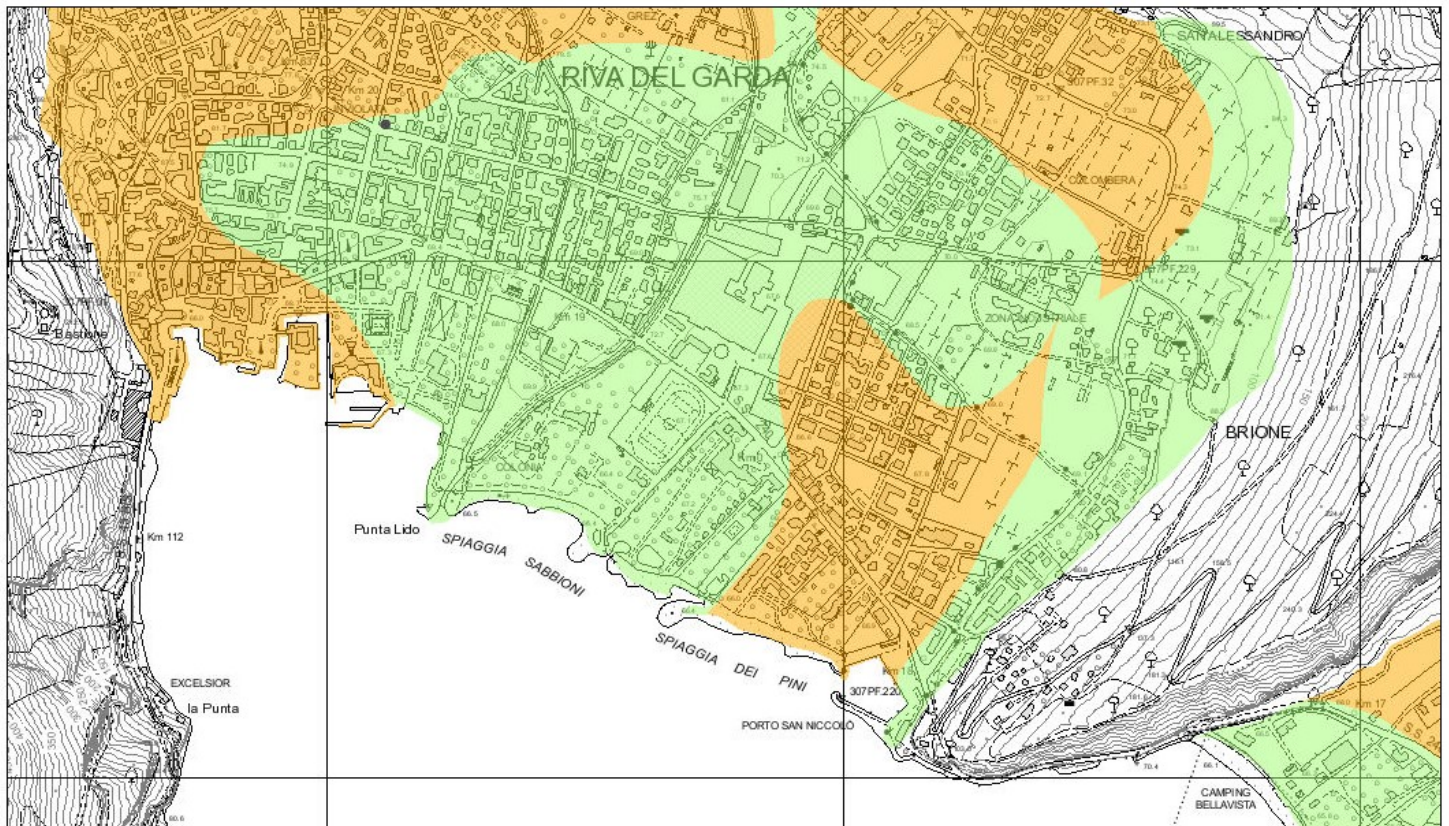
Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la ***pericolosità sismica di base*** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.
- Si arriva quindi alla definizione della ***pericolosità sismica di sito***. Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A).

Riguardo a quest'ultimo aspetto si allega la classificazione dei terreni di fondazione ai fini dell'azione sismica di progetto, tratta dalla zonizzazione sismica del territorio provinciale eseguita dal Servizio Geologico della P.A.T. Dall'analisi della CARTA DELLE CARATTERISTICHE SISMICHE DEI SUOLI DI FONDAZIONE (vedi allegato alla pagina seguente) si può affermare che i valori di Vs30 consentono di inserire l'area in esame, in **categoria B o categoria C** a cui corrispondono le definizioni riportate.

E' naturalmente opportuno che per interventi significativi tali valori vengano verificati con ulteriori indagini specifiche puntuali.

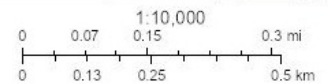
CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI DI FONDAZIONE



06/06/2024, 15:26:39

Classificazione sismica suoli di fondazione (agg.01/2023)

- | | |
|--|--|
| <p>■ A: $> 800 \text{ m/s}$ ----- prof $< 3 \text{ m}$</p> <p>■ B: $360 \text{ m/s} < VS_{30} < 800 \text{ m/s}$</p> <p>■ C: $180 \text{ m/s} < VS_{30} < 360 \text{ m/s}$</p> | <p>■ D: $100 \text{ m/s} < VS_{30} < 180 \text{ m/s}$</p> <p>■ E: Terreni C o D con spessore $< 30 \text{ m}$</p> <p>■ ($VS < 100$)</p> |
|--|--|



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

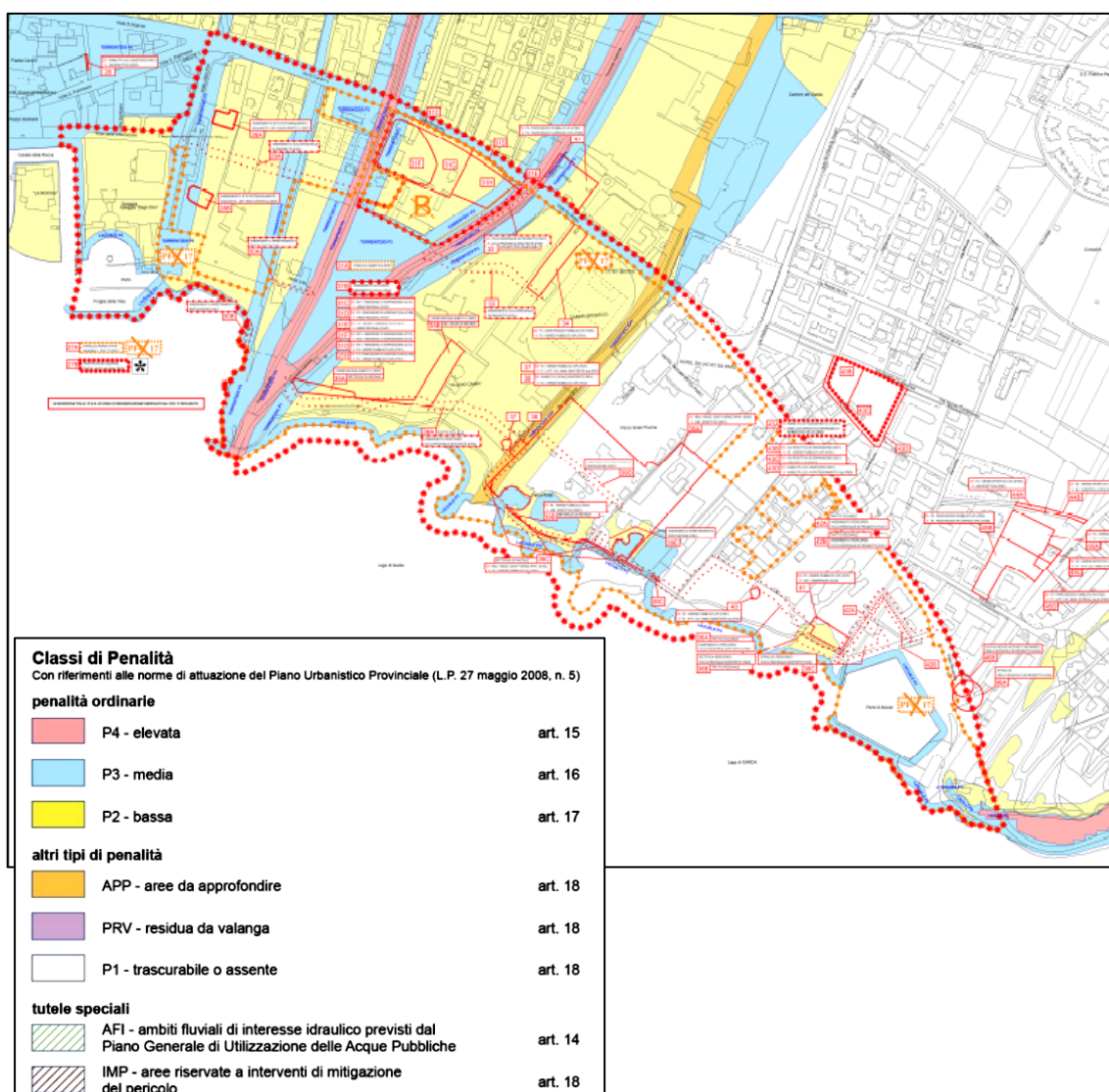
- ❖ **Categoria B** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- ❖ **Categoria C** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

4. STUDIO DI COMPATIBILITA'

La **CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ** della P.A.T. inserisce alcune aree in PENALITÀ P1 TRASCURABILE, P2 BASSA, P3 MEDIA nonché in APP (DA APPROFONDIRE) - vedi estratti allegati.

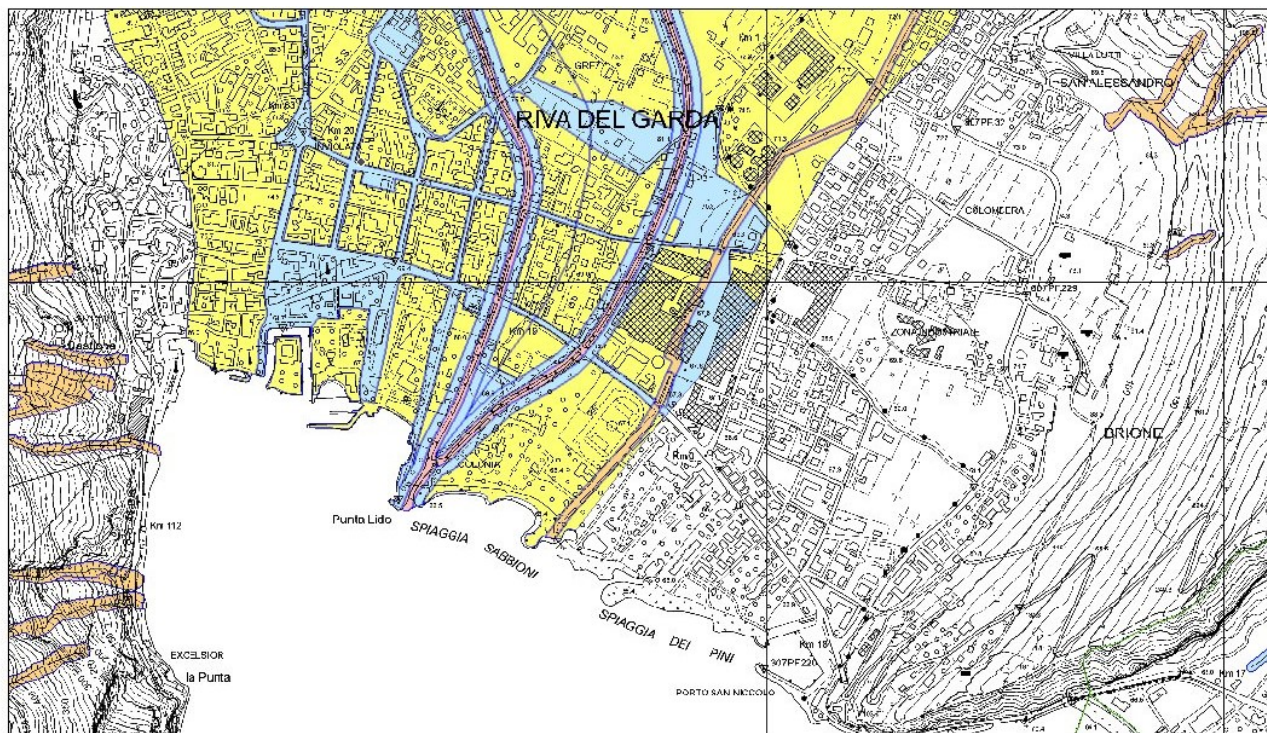
In queste aree, le norme di attuazione del PUP (allegato C - *Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate, medie o basse e le aree con altri tipi di penalità*), negli art. 15 e segg. specificano che i progetti devono essere corredati da un apposito studio di compatibilità che dimostri, in relazione all'analisi della situazione locale che le destinazioni d'intervento siano compatibili.

ESTRATTO DELLA CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'



In particolare segnala una PENALITÀ PER RISCHIO TORRENTIZIO (P4, P3, P2 E APP - IN APPROFONDIMENTO) ed una PERICOLOSITÀ LITOGEO MORFOLOGICA (H1) TRASCURABILE.

ESTRATTO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' TORRENTIZIA



17/5/2024, 14:04:13

- ☐ Confine Provinciale
- ☐ Confini Comunali
- ☐ inquadramento 10.000

torrentizia



1:10.000
0 0,075 0,15 0,3 mi
0 0,125 0,25 0,5 km



Provincia Autonoma di Trento

ESTRATTO DELLA CARTA PERICOLOSITA' LITOGEO MORFOLOGICA



17/5/2024, 14:07:39

- Confine Provinciale
- Confini Comunali
- inquadramento 10.000

1:10.000
0 0,075 0,15 0,3 mi
0 0,125 0,25 0,5 km



Provincia Autonoma di Trento

Legenda - CARTE DELLA PERICOLOSITA'

Classi di pericolosità ordinaria

- H4 - elevata
- H3 - media
- H2 - bassa
- H1 - trascurabile

Classi di pericolosità straordinaria

- HP - potenziale
- HR4 - residua elevata
- HR3 - residua media
- HR2 - residua bassa

4.1 CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA PENALITÀ IDRAULICA

Come verificabile e spiegato alle pagine precedenti, la carta di sintesi inserisce la zona nelle aree a rischio torrentizio.

4.1.1 COMPATIBILITÀ IDRAULICA T. ALBOLA E VARONE

Per questa ragione il **dott. ing. Ruggero Cazzolli** ha provveduto a redigere la specifica analisi di compatibilità idraulica e della mitigazione del rischio idraulico relativamente ai T. Albola e Varone che si allega di seguito.

INTERFERENZE IDRAULICHE TRA I TORRENTI ALBOLA E VARONE E LE AREE PROSPICIENTI IL LAGO DI GARDA

Sommario

PREMESSA.....	.....
INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO .....	.....
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....	.....
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	.....
• Torrente Albola.....	.....
• Torrente Varone .....	.....
CENNI STORICI.....	.....
• Torrente Albola.....	.....
• Torrente Varone .....	.....
ANALISI IDROLOGICA .....	.....
• Trasporto solido.....	.....
ANALISI IDRAULICA.....	.....
Dati di input.....	.....
Parametri geometrici e topografici.....	.....
Parametri di resistenza al moto.....	.....
Parametri idraulici.....	.....
Caratterizzazione del modello idraulico .....	.....
RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA .....	.....
CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI DI MITIGAZIONE .....	.....
Prescrizioni di mitigazione.....	.....

ALLEGATO A	PLANIMETRIE E SEZIONI DI RILIEVO
ALLEGATO B	SIMULAZIONI IDRAULICHE

PREMESSA

La presente relazione rappresenta una analisi idraulica del percorso di fondovalle dei torrenti Albola e Varone, con particolare riferimento all'ultimo tratto di entrambi, lungo poco più di 500 metri, prima che essi si uniscano nello sbocco nel Lago di Garda.

Lo studio ottempera a quanto disposto dalla Deliberazione della Giunta Provinciale n. 1317 del 04/09/2020: Approvazione della Carta di sintesi della pericolosità [...] e approvazione delle modifiche apportate al documento di "Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penali   elevate medie o basse e le aree con altri tipi di penali  ".

L'analisi idraulica sviluppata nel presente documento si avvale, quale indispensabile base conoscitiva e di inquadramento, di un corposo studio prodotto nel 2006 per conto del Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento^{1,2}. Ad esso si fa riferimento per gli aspetti introduttivi e ad esso si rimanda per eventuali approfondimenti di analisi idrologica legati alle caratteristiche morfometriche del bacino e di analisi idraulica legati alle caratteristiche morfologiche dell'alveo di fondovalle. Successivamente allo studio citato, sia il Varone che – soprattutto – l'Albola sono stati oggetto di numerosi interventi eseguiti da parte del Servizio Bacini montani della PAT, che ne hanno ridefinito le caratteristiche sia dal punto di vista strutturale che idraulico, al fine di consentire lungo tutto il tratto di fondovalle di entrambi il transito delle portate bicentenarie calcolate negli studi idrologici.

¹ *Analisi idraulica del torrente Albola nel tratto compreso tra la localit   San Giacomo e lo sbocco nel lago di Garda. Gennaio 2006 – ing. Ruggero Cazzolli per Provincia Autonoma Di Trento - Servizio Sistemazione Montana*

² *Analisi idraulica del torrente Varone nel tratto compreso tra la Cascata di Varone e lo sbocco nel lago di Garda. Dicembre 2005 – ing. Ruggero Cazzolli per Provincia Autonoma Di Trento - Servizio Sistemazione Montana*

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

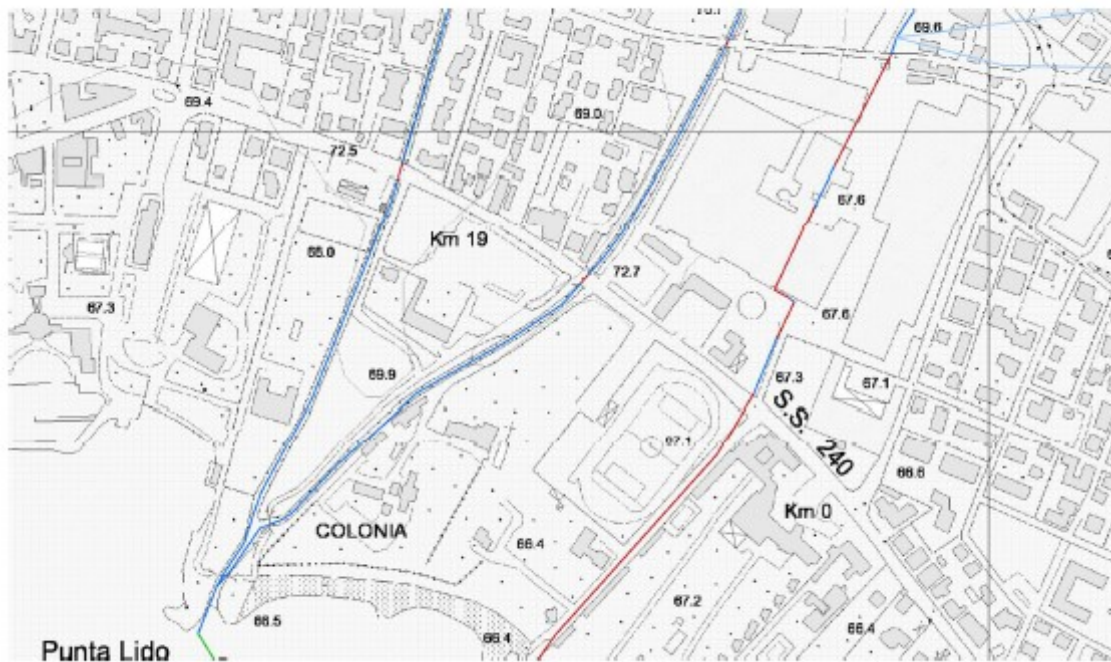


FIGURA 1. Inquadramento su Carta Tecnica Provinciale dell'area oggetto di studio.
In blu è riportato il reticolo idrografico superficiale, in rosso quello tombinato.



FIGURA 2. Ortofoto del tratto analizzato. Da sinistra a destra : torrente Albola, torrente Varone, rio Galanzana (intubato).

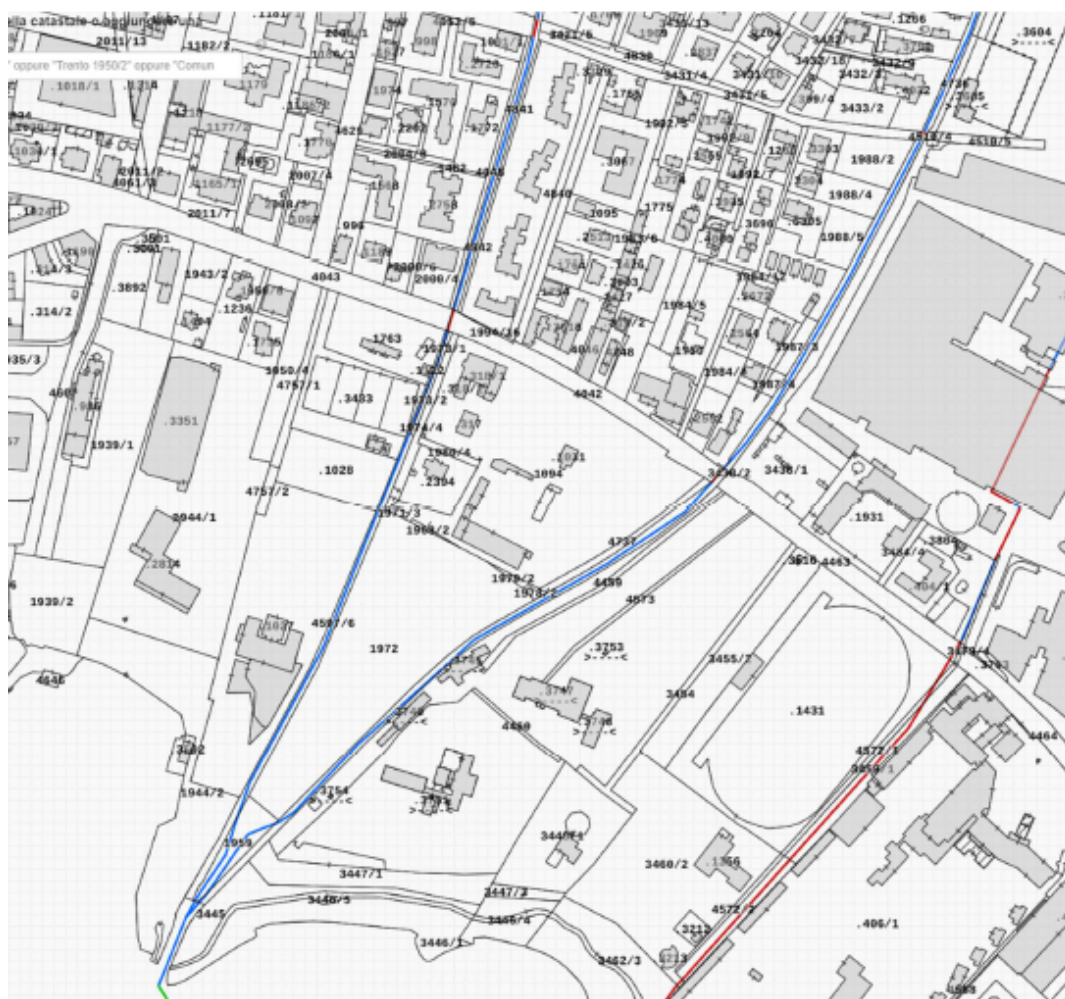


FIGURA 3. Estratto mappa catastale.



FIGURA 4. Montaggio di estratto mappa su ortofoto con reticolo.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1. Torrente Varone. Tratto a monte di viale Rovereto : vista verso monte



1. FOTO 2. Torrente Varone. Tratto a monte di viale Rovereto : vista verso valle



FOTO 3. Torrente Varone. ponte di viale Rovereto : vista verso monte



FOTO 4. Torrente Varone. ponte di viale Rovereto : vista verso valle



FOTO 5. Torrente Varone. Tratto sotto viale Rovereto : vista verso monte



FOTO 6. Torrente Varone. Tratto sotto viale Rovereto : vista verso valle



FOTO 7. Torrente Varone. Tratto sotto viale Rovereto : vista verso monte



FOTO 8. Torrente Varone. Tratto sotto viale Rovereto : vista verso valle



FOTO 9. Torrente Varone. Stazione idrometrica e di rilevamento della portata



FOTO 10. Torrente Varone. Vista verso monte

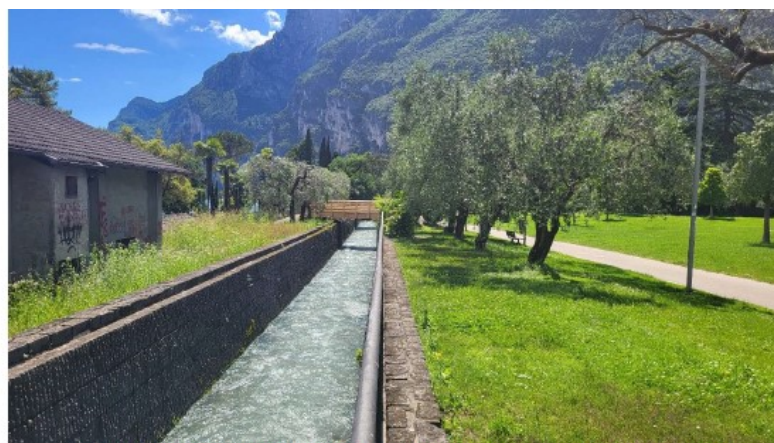


FOTO 11. Torrente Varone. Nuova passerella in legno a monte della confluenza



FOTO 12. Torrente Varone. Nuova passerella in legno, vista da valle



FOTO 13. Torrente Varone. Confluenza con l'Albola



FOTO 14. Confluenza verso il lago vista da valle (Varone a ds, Albola a sin)



FOTO 15. Confluenza verso il lago vista da monte



FOTO 16. Sbocco a lago. Si noti che alla data della foto (03.06.2024) il lago è a quota +1.40m sullo zero idrometrico, quindi a un livello molto alto sia rispetto alla stagione sia in termini assoluti. Ciò nonostante, il deflusso dei due torrenti appare assolutamente regolare e privo di rigurgiti o impedimenti di sorta.



FOTO 17. Torrente Albola. Tratto terminale prima della confluenza nel Varone

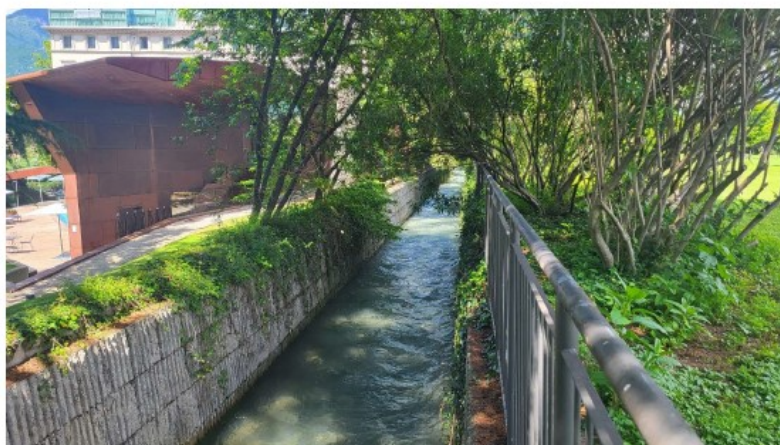


FOTO 18. Torrente Albola. Tratto terminale, vista verso monte

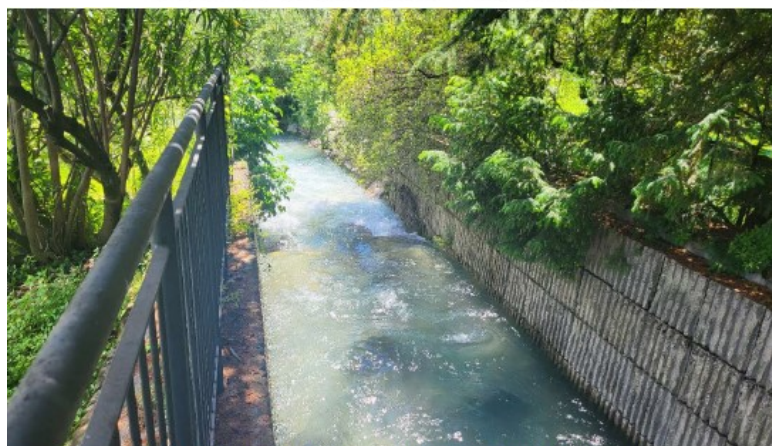


FOTO 19. Torrente Albola. Tratto terminale, vista verso valle

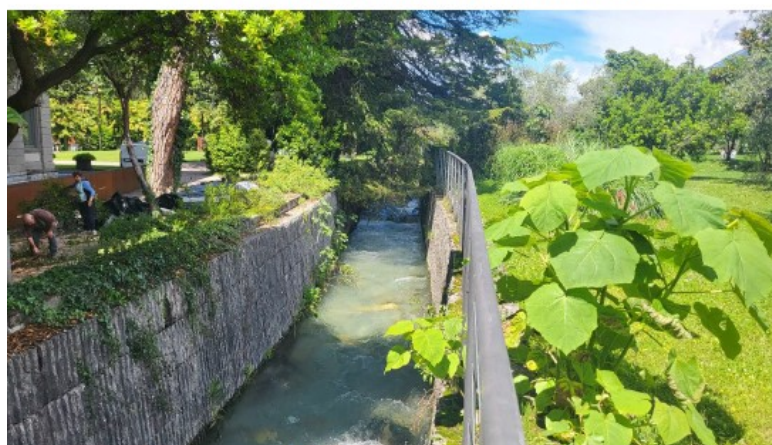


FOTO 20. Torrente Albola. Tratto presso Hotel Lido, vista verso monte



FOTO 21. Torrente Albola. Tratto presso Hotel Lido, vista verso valle



FOTO 22. Torrente Albola. Stazione idrometrica e di rilevamento della portata



FOTO 23. Torrente Albola. Tratto a valle di viale Rovereto, vista verso monte



FOTO 24. Torrente Albola. Tratto a valle di viale Rovereto, vista verso valle. Si noti lo scarico proveniente dal cantiere Palacongressi.

STUDIO PRELIMINARE DI COMPATIBILITA



FOTO 25. Torrente Albola. ponte di viale Rovereto : vista verso monte



FOTO 26. Torrente Albola. ponte di viale Rovereto : vista verso valle

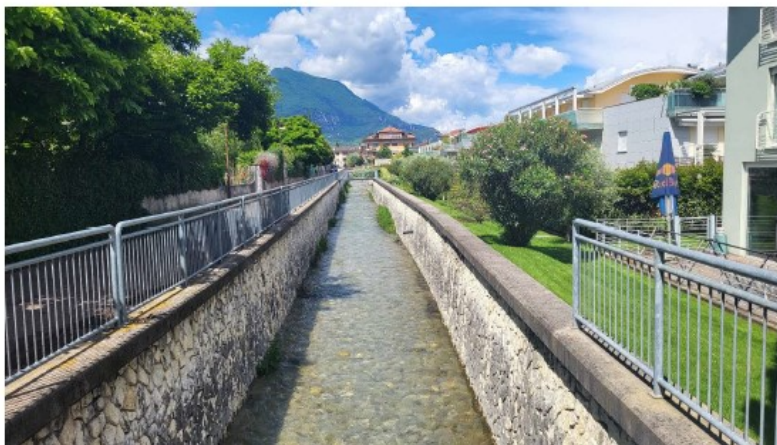


FOTO 27. Torrente Albola. Tratto a monte di viale Rovereto : vista verso monte



FOTO 28. Torrente Albola. Tratto a monte di viale Rovereto : vista verso valle

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Torrente Albola

Il bacino che insiste sulle sezioni di controllo analizzate nel presente studio è localizzato nella bassa Valle del Sarca, si articola interamente nel comune di Riva del Garda, e si sviluppa poco a monte del centro abitato stesso - in destra idrografica rispetto al fondovalle principale - tra le quote 65 (sbocco a lago) e 2083 m s.m.



FIGURA 6. Inquadramento generale su ortofoto.

Area totale bacino	16.9 km ²
Perimetro	29.3 km
Quota minima	65 m s.l.m.
Quota massima	2083 m s.l.m.
Quota media	1149 m s.l.m.
Pendenza media del bacino	31.2° - 60.5 %
Esposizione prevalente	E - SE
Lunghezza collettore principale	9.81 Km
Lunghezza collettore principale sino allo spartiacque	9.59 km
Pendenza media del collettore principale	19.96 %
Coefficiente di forma (Gravelius)	1.99

TABELLA 1. Principali parametri morfometrici ed idrografici del bacino del torrente Albola.

I collettori principali che drenano le acque del bacino sono il torrente Albola e il rio Val Mera. L'Albola conferisce le acque del bacino fino al Lago di Garda; qui si immette formando un piccolo aggetto - detto infatti "Punta Lido" - che costituisce di fatto il limite settentrionale del lago, dopo aver attraversato con alveo pensile il grande conoide alluvionale su cui sorge l'abitato di Riva del Garda.

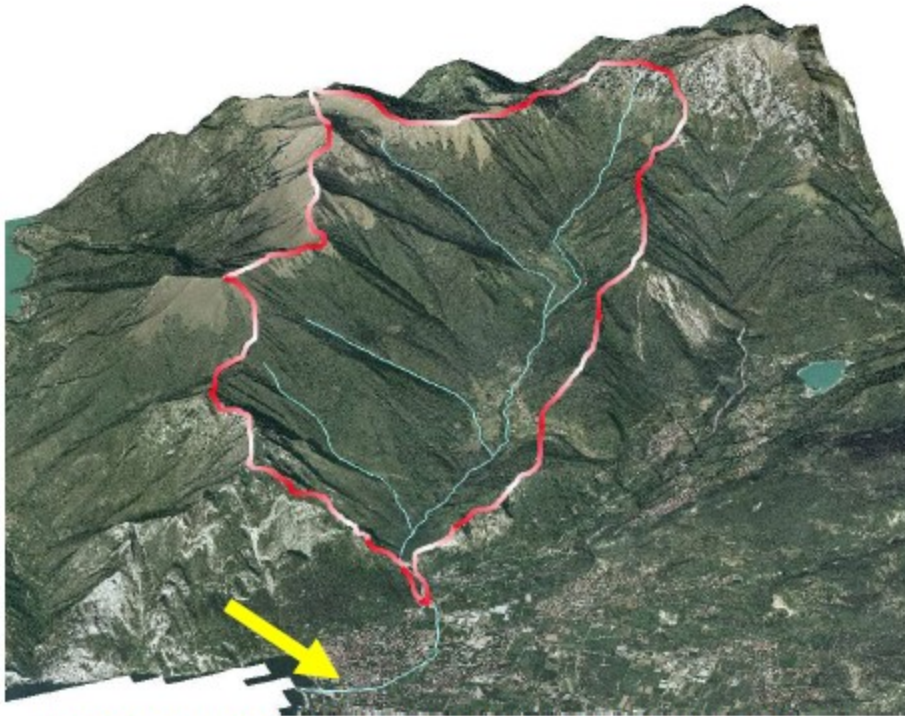


FIGURA 7. Bacino del Torrente Albola, e posizione del tratto analizzato.

Il tratto di fondovalle è lungo 2300 m dallo sbocco nel lago fino alla località San Giacomo; qui il torrente scorre in un alveo geometrico confinato di dimensione abbastanza costante, frutto di un progetto ottocentesco. La superficie di pertinenza del bacino, alla sezione di controllo, è di poco inferiore a 17 kmq.

Torrente Varone

Il bacino del torrente Varone è localizzato nella bassa Valle del Sarca e si sviluppa nel comune di Tenno fino al conoide alluvionale, che invece ricade nel comune di Riva del Garda.

Il bacino si sviluppa tra le quote 78 (sbocco a lago) e 2134 m s.m. Lo spartiacque del bacino (circa 11.5 km²), è caratterizzato da una forma alquanto particolare, allungata, ma con una singolare insenatura in sinistra idrografica dovuta alla discordanza tra lo spartiacque morfologico e quello idrografico (Fig. 1.1). Il bacino afferente al lago di Tenno (circa 18 km²), infatti, se dal punto di vista morfologico rientra in pieno nel bacino del Varone, così non è dal punto di vista

idrologico. Gran parte dei suoi deflussi, infatti, una volta raggiunto il lago di Tenno, perviene alla valle del Sarca ed al lago di Garda attraverso processi di circolazione idrica profonda, favorita anche dal carattere carsico delle rocce carbonatiche che caratterizzano il versante che sovrasta il conoide di Riva del Garda. Solo una parte marginale dei deflussi prodotti dal bacino di Tenno (Rio Secco), raggiunge il Varone attraverso un'immissione naturale posizionata poco a valle (circa 300 m) del ponte Magnone e derivante dal materasso detritico costituente lo sbarramento che ha creato il lago di Tenno. Questa immissione non è in grado di influire in maniera significativa sui deflussi di piena del Varone, apportando portate in condizioni di piena (es. alluvioni 2000 e 2002), valutabili in $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

All'interno del bacino è presente una serie di altre sorgenti sia captate che non captate, con portate variabili tra 0.1 fino a 10 l/s, che probabilmente raccolgono parte dei deflussi profondi provenienti dal bacino del Rio Secco. Si tratta comunque di input idrici non in grado di influenzare in maniera evidente il regime di piena del Varone.

I collettori principali che drenano le acque del bacino "idrologico" sono il torrente Varone (codice acqua pubblica 2325), il rio Laurel o di Ville del Monte (codice acqua pubblica 2332) ed il rio Canali (codice acqua pubblica 2329). Il Varone, in particolare, conferisce le acque del bacino fino al Lago di Garda, attraversando il grande conoide alluvionale su cui sorge l'abitato di Riva del Garda.

In particolare, il tratto di fondovalle ha una lunghezza di circa 4000 m dallo sbocco nel lago fino alla cascata in località Varone. Qui il torrente scorre in un alveo geometrico confinato di dimensione abbastanza costante.

L'identificazione dello spartiacque del bacino è stata eseguita mediante una procedura automatizzata, partendo dal DTM (*digital terrain model*) 10 x 10 m in dotazione alla PAT; analogamente si sono eseguite tutte le elaborazioni morfometriche. In tabella 1.1 si sintetizzano i principali parametri morfometrici del bacino desunti da queste elaborazioni.

Area totale bacino	11.7 km ²
Perimetro	25.2 km
Quota minima	148 m s.l.m.
Quota massima	2134 m s.l.m.
Quota media	904 m s.l.m.
Pendenza media del bacino	29.8° - 57.3 %
Esposizione prevalente	E - SE
Lunghezza collettore principale	6.99 Km
Lunghezza collettore principale sino allo spartiacque	7.09 km
Pendenza media del collettore principale	26.4 %
Densità di drenaggio bacino	2.57 Km/Km ²
Coefficiente di forma (Gravelius)	2.06

TABELLA 2. Principali parametri morfometrici ed idrografici del bacino del torrente Varone.

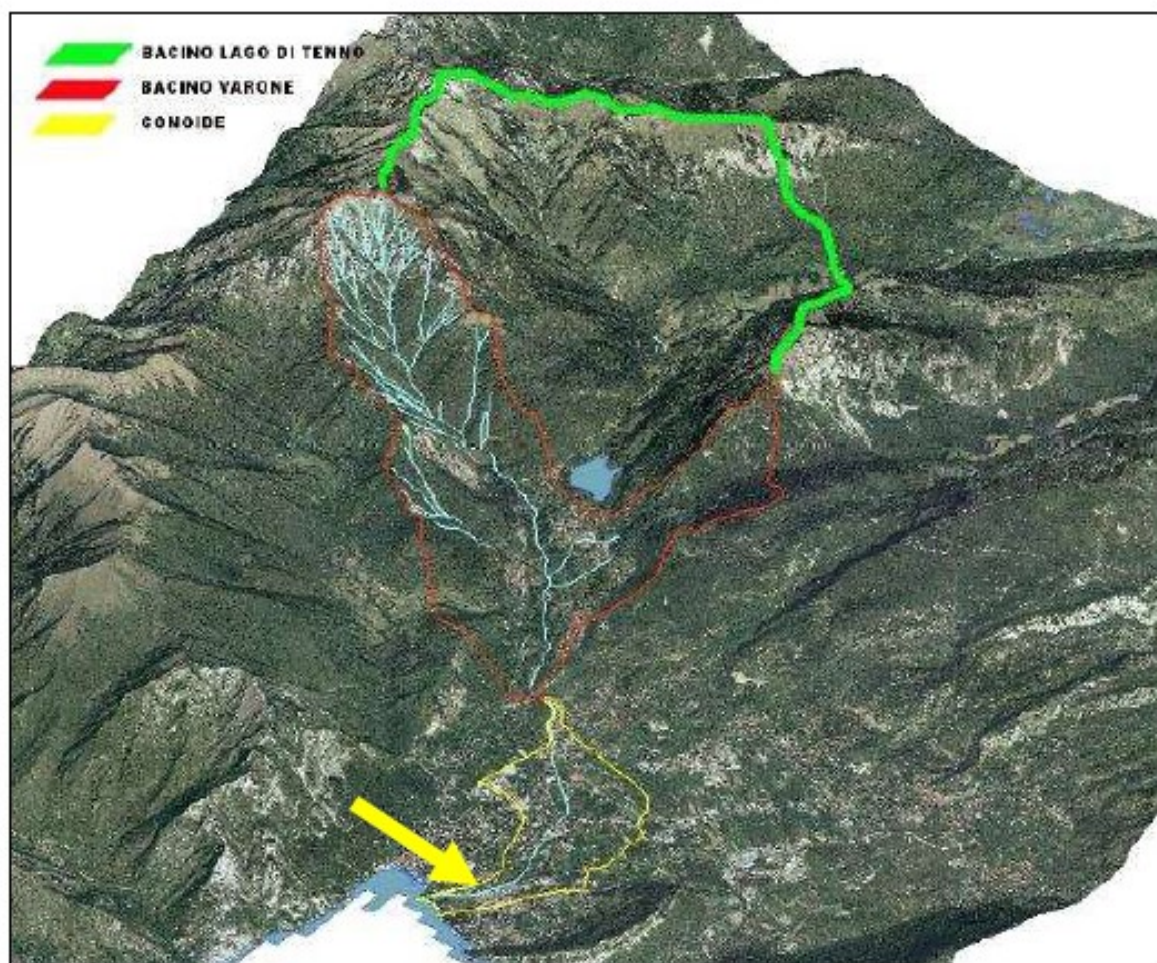


Figura 12. Vista aerea del bacino del Torrente Varone. Si noti la discordanza tra lo spartiacque "morfologico" e quello "idrologico".

CENNI STORICI

Torrente Albola

Il torrente Albola non è certo nuovo ad eventi di carattere intenso che hanno messo in seria difficoltà l'abitato di Riva del Garda. Solo per citare gli eventi del secolo scorso, si ricordano le piene del maggio 1926, del novembre 1951 e dell'ottobre 1988. In occasione di alcuni di questi eventi, l'Albola ruppe gli argini e le acque si riversarono in centro, causando danni non catastrofici solo per il fatto che all'epoca non vi erano garage interrati, e le attività commerciali situate al piano terra degli edifici erano sicuramente meno sviluppate di oggi.



FIGURA 8. Mappa acquerellata seicentesca raffigurante il territorio suburbano di Riva del Garda, delimitato dal duplice emiciclo dei torrenti Albola (più interno) e Varone (più esterno). Segnato con la freccia il tratto ogaetto di studio.

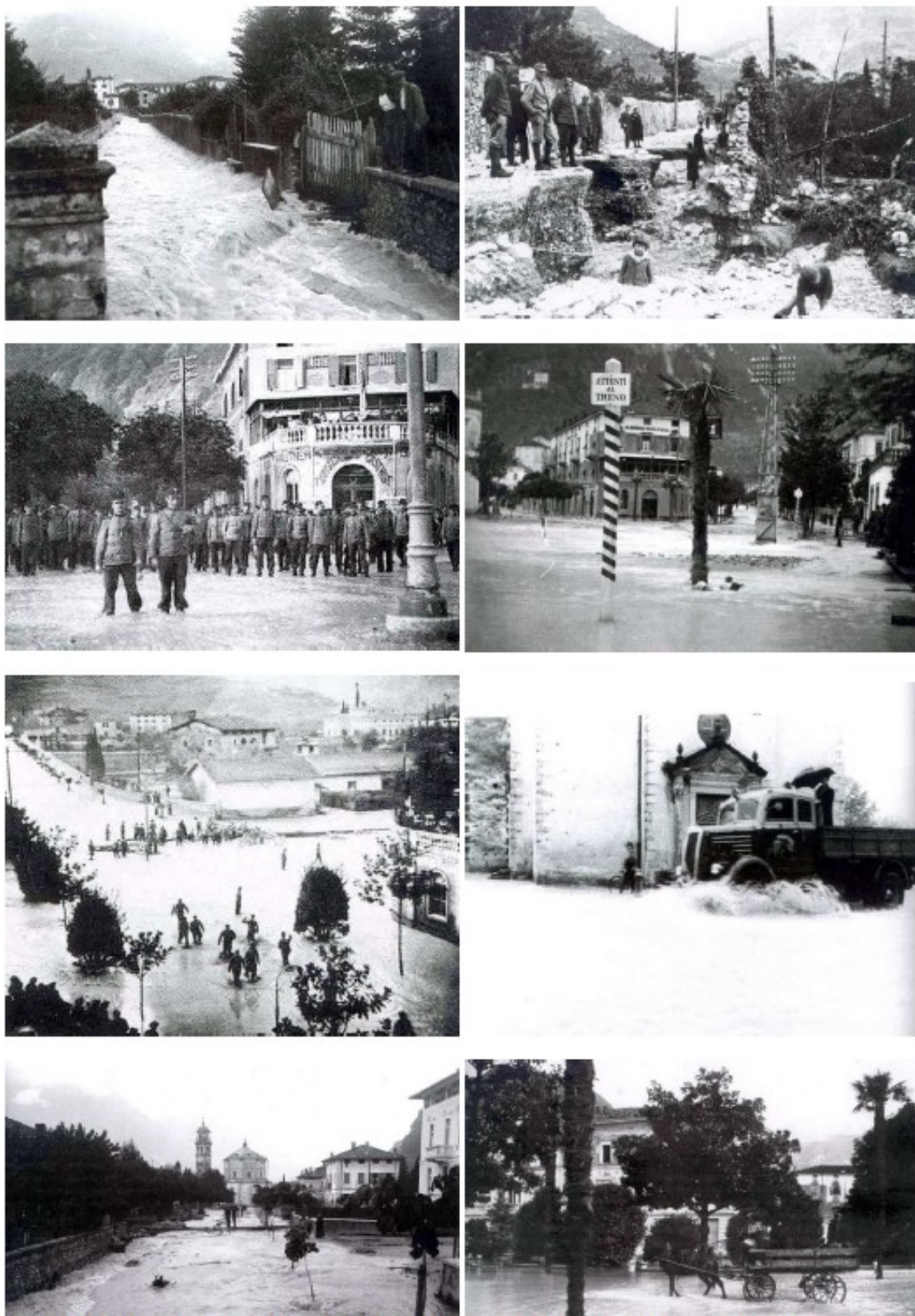


FIGURA 9. Alcune immagini storiche delle piene del 1926 e del 1951, raffiguranti la situazione degli argini e le condizioni del centro di Riva del Garda a seguito delle esondazioni dell'Albola.

Facendo seguito allo studio idraulico e delle condizioni strutturali dell'alveo, che evidenziarono sia criticità idrauliche (con punti in cui la portata massima transitabile era di circa 8 mc/s), a partire dal 2006 è stato messo in opera da parte del Servizio Bacini Montani della PAT un piano di finanziamenti e di successivi interventi che ha consentito di risolvere tutte le criticità sia idrauliche (legate soprattutto alla presenza di numerosi ponti) sia strutturali (legate alla tipologia di costruzione del canale, realizzato con pietrame e malta).

Questi interventi hanno consentito di elevare di molto il livello di sicurezza con riferimento alla possibilità di esondazione e/o di rottura dei paramenti arginali ; oggi si riesce a garantire - in condizioni di ottima tenuta strutturale - il passaggio di una portata di piena bicentenaria con picco pari a 30 mc lungo tutto il tratto di fondovalle.



FIGURA 10. Aprile 2005. Ponte di via Grez.



FIGURA 11. Ottobre 2021. Ponte di via Grez visto da monte. Dopo i lavori effettuati da SBM PAT la luce sotto il ponte è pressochè raddoppiata, i muri arginali sono stati rettificati e ricostruiti, il fondo è stato stabilizzato.

Torrente Varone

Come l'Albola, anche il torrente Varone non è nuovo ad eventi di carattere intenso che hanno messo in seria difficoltà l'abitato di Riva del Garda. In occasione di alcuni di questi eventi, il Varone ruppe gli argini e le acque si riversarono in centro, causando danni presumibilmente limitati dal fatto che all'epoca non vi erano garage interrati, e le attività commerciali situate al piano terra degli edifici erano sicuramente meno sviluppate di oggi.

Facendo seguito allo studio idraulico e delle condizioni strutturali dell'alveo, che evidenziarono alcune criticità, a partire dal 2006 è stato messo in opera da parte del Servizio Bacini Montani della PAT un piano di finanziamenti e di successivi interventi che ha consentito di risolvere tutte le criticità sia idrauliche (legate soprattutto alla presenza di numerosi ponti) sia strutturali (legate soprattutto alla presenza di due "ponti canale" in corrispondenza di via Trento e di via Grez.

Questi interventi hanno consentito di elevare di molto il livello di sicurezza con riferimento alla possibilità di esondazione e/o di rottura dei paramenti arginali ; oggi si riesce a garantire - in condizioni di ottima tenuta strutturale - il passaggio di una portata di piena bicentenaria con picco pari a poco meno di 30 mc lungo tutto il tratto di fondovalle. L'unico punto critico che potrebbe necessitare di interventi risolutivi è il cosiddetto "ponte di via Masetto", attualmente chiuso al traffico veicolare e dotato di due paratie mobili da azionare in caso di emergenza per ripristinare la continuità idraulica in caso di eventi di piena significativi.

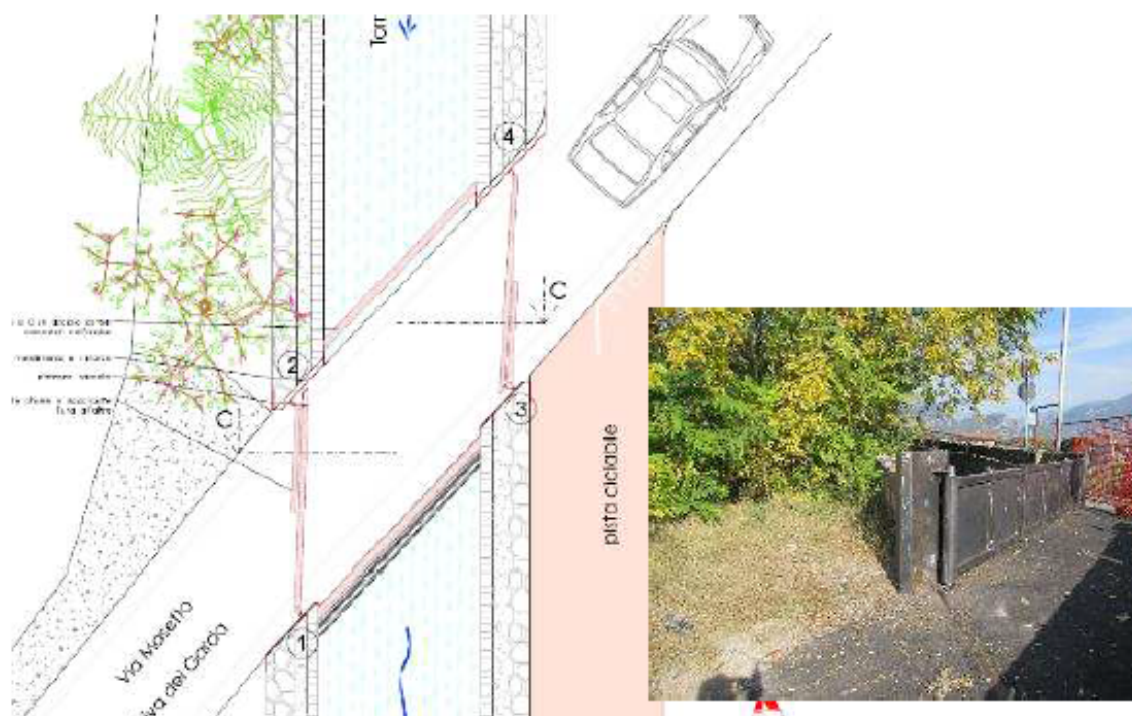


FIGURA 12. Paratie mobili sul ponte di via Masetto, da azionare in caso di allarme proveniente dalle stazioni idrometriche. Progetto e direzione dei lavori a cura dello scrivente, su incarico di Garda Cartiere SpA, supervisione Servizio Bacini Montani PAT.

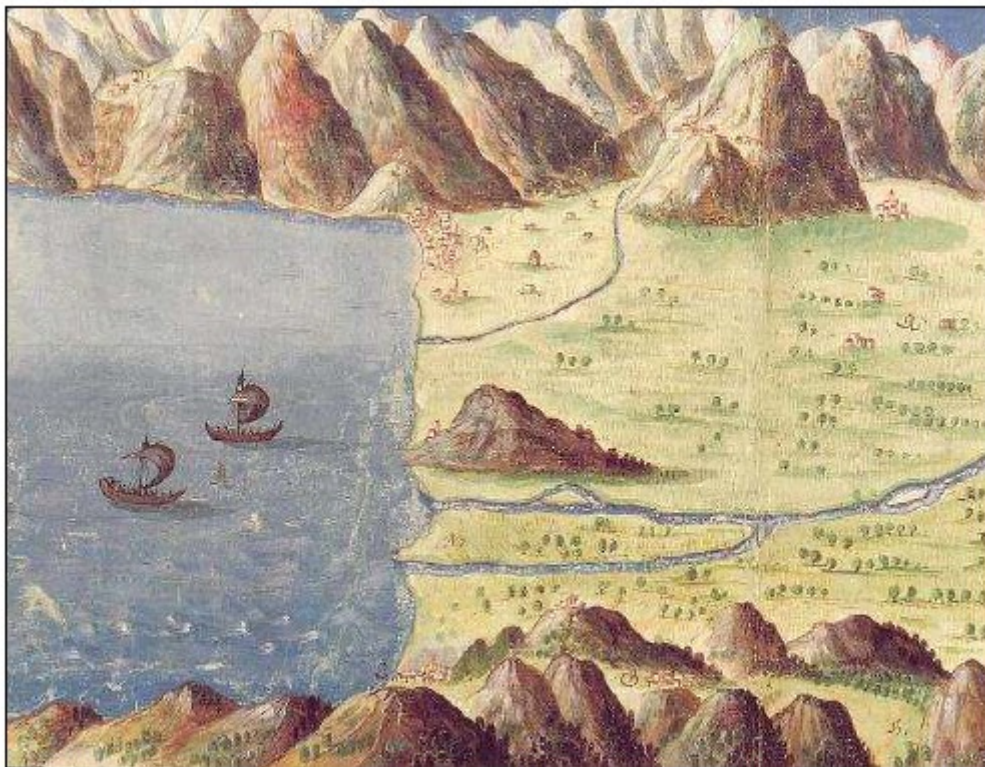


FIGURA 13. Particolare tratto dal disegno "Accessi e passi dal Lago di Garda alla Signoria di Riva e alla Contea di Arco", 1615, tavola XIV del Codice Enipontano III.

ANALISI IDROLOGICA

La stima dei deflussi di massima piena ha avuto come input i seguenti parametri :

- la morfometria del bacino, dalla quale sono stati ricavati i parametri morfologici ed idrologici utilizzati nelle simulazioni numeriche; direzioni del deflusso, area drenata, reticolo sintetico, sviluppo della rete idrografica e dei versanti;
- i parametri cinematici di propagazione dei deflussi alla sezione di chiusura del bacino, ossia le velocità di deflusso canalizzato nella rete idrografica e sui versanti;
- la carta dell'uso del suolo, dalla quale si ricava il parametro CN (*Curve Number*);
- la precipitazione di progetto, ovvero l'evento di "**pioggia critica**". Tale precipitazione è stata determinata sulla base di simulazioni successive (metodo *trial & error*) sino a quando non viene individuata quella che, per intensità, durata, altezza cumulata e distribuzione temporale, fornisce la risposta massima del bacino in termini di portata liquida. **Il tempo di ritorno della precipitazione scelto come evento di riferimento è pari a 200 anni**, come richiesto dalle normative Provinciali (PGUAP) in materia.

L'elaborazione numerica di questi parametri ha consentito di ottenere, come risultato utilizzato poi nelle elaborazioni, le tabelle e i grafici seguenti, che rappresentano la portata di picco di un evento in funzione del tempo di ritorno dello stesso :

Portata [m ³ /s]	Tr [anni]	Portata [m ³ /s]	Tr [anni]	Portata [m ³ /s]	Tr [anni]	Portata [m ³ /s]	Tr [anni]
1	0.3	9	4	15.31	20	22	64.9
2	0.6	10	4.8	16	22.7	23	73.7
3	0.9	10.2	5	17	26.6	24	82.5
4	1.2	11	6.6	17.86	30	25	91.2
5	1.5	12	8.6	18	31.2	26	100
6	1.8	12.7	10	19	39.4	27	129
6.66	2	13	11.2	20	47.5	28	157.9
7	2.3	14	15	20.3	50	29	186.8
8	3.1	15	18.8	21	56.1	29.46	200

TABELLA 3. Torrente Albola : andamento della portata massima al crescere del tempo di ritorno.

Portata [m ³ /s]	Tr [anni]	Portata [m ³ /s]	Tr [anni]	Portata [m ³ /s]	Tr [anni]	Portata [m ³ /s]	Tr [anni]
1	0.26	9	2.95	16	15.88	23	68.74
2	0.52	10	3.64	17	18.86	24	90.44
3	0.79	11	4.33	17.38	20	24.44	100
4	1.05	11.98	5	18	23.89	25	114.68
5	1.31	12	5.06	19	30.21	26	140.91
6	1.57	13	7.49	20	36.52	27	167.13
7	1.84	14	9.93	21	42.83	28	193.36
7.62	2	14.03	10	22	49.14	28.25	200
8	2.26	15	12.89	22.14	50		

TABELLA 4. Torrente Varone : andamento della portata massima al crescere del tempo di ritorno.

Trasporto solido

Le caratteristiche morfologiche ed il profilo delle aste di entrambi i torrenti sono tali da non favorire fenomeni di trasporto massivo dei sedimenti, ma piuttosto fenomeni di piena caratterizzati da concentrazioni solide massime compatibili con il trasporto di fondo

Per quanto riguarda l'Albola, ciò vale almeno nel tratto a monte della soglia morfologica posta a quota 300 m slm. A valle di questa, le pendenze del fondo non sono assolutamente compatibili con fenomeni di trasporto al fondo molto intensi e con elevate concentrazioni volumetriche dei sedimenti, né tanto meno con fenomeni di trasporto di massa. Ci si può attendere, perciò, una progressiva cernita del materiale trasportato a valle, con fenomeni di deposito diffusi nei tratti a minor pendenza.

Scendendo dalla località San Giacomo, punto di monte del presente studio idraulico, la pendenza si riduce progressivamente passando da valori prossimi al 10-12% sino a valori di poco superiori all' 1.5-2%. Ciò comporta una riduzione della concentrazione volumetrica potenziale del flusso dai valori del 5-9% a valori inferiori o vicini all'1%.

Tutto ciò si traduce in potenziali fenomeni di deposizione lungo tutto il tratto terminale che attraversa l'abitato di Riva del Garda; ci si attendono fenomeni di deposizione, seppur non ingenti, che possono portare ad un innalzamento del letto in corrispondenza delle fasi più intense dell'evento di progetto e ad una sua successiva parziale auto-ripulitura dovuta alle portate di esaurimento dell'onda di piena.

Le simulazioni, condotte per tempi di ritorno 30, 100 e 200 anni, portano ad una portata di progetto liquida+solida rispettivamente di **18.42, 27.08 e 30.86 m³/s.**

Si sottolinea che, nel novero degli interventi di sistemazione idraulica effettuati a partire dal 2006, va citata la realizzazione di una briglia selettiva posizionata all'apice del conoide, che ha la funzione di bloccare il sedimento in arrivo dalla parte alta del bacino, e di evitare quindi fenomeni di deposito che limiterebbero di fatto la sezione idraulica dell'alveo.

Per quanto riguarda il Varone, la presenza della cascata a quota 249 m slm, importante soglia morfologica (dislivello circa 100 m), è in grado di influenzare il trasporto solido mediante una selezione granulometrica e dissipazione energetica localizzata della corrente, che ai piedi del salto scarica gran parte del materiale solido in essa conglobato.

A valle della cascata, nonostante un primo tratto ove la pendenza risulta ancora vicina ai valori a monte della cascata (4-7%), la livelletta va via via degradando verso valle fino a valori compresi tra 0.5 e 2%, che caratterizzano l'intero tratto canalizzato fino al Lago di Garda. Su queste pendenze, escludendo la possibilità di ulteriori prelievi di materiale dal fondo, la potenziale capacità di trasporto si aggira su concentrazioni volumetriche variabili tra 0.05% (acqua chiara con trasporto in sospensione) e 0.5% (trasporto selettivo tipo *bedload* delle sole frazioni fini della curva granulometrica). È comunque opportuno fare una valutazione sulla

portata complessiva solido-liquida, da considerare in sede di dimensionamento delle opere idrauliche: si fa riferimento perciò ad una concentrazione volumetrica massima a saturazione nel tratto terminale oggetto della verifica idraulica, che, per il torrente in esame, può essere cautelativamente stimata intorno all'1% (0.01). Questo fattore di concentrazione, più noto come "bulk factor", rappresenta il coefficiente per il quale bisogna moltiplicare la portata dedotta dai calcoli idrologici per ottenere la portata "solido-liquida" complessiva. Il "bulk factor" (f_b) è dato dal rapporto fra il volume totale della massa solido-liquida ed il volume d'acqua e può esprimersi con la relazione:

$$f_b \cong \frac{1}{(1-c_v)}$$

Nel caso in esame, assumendo prudenzialmente $c_v=0.01$, risulta un valore di f_b pari ad 1.01, il che implica che la portata volumetrica complessiva (solido-liquida) si ottiene incrementando di un 1% la portata idrologica.

Si sottolinea che, nel novero degli interventi di sistemazione idraulica effettuati a partire dal 2006, va citata la sistemazione dei ponti canale di viale Trento e di via Grez, e il riempimento con massi di scogliera delle buche a valle delle soglie di fondo presenti nel suddetto tratto.

ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica si sviluppa dalla necessità di avere una verifica numerica più completa rispetto alla semplice applicazione delle formule di moto uniforme. Infatti, queste sono rappresentative di una situazione idraulica reale solo nel caso in cui vengano rispettate alcune importanti condizioni al contorno:

1. regolarità della sezione geometrica per lunghi tratti;
2. pendenza costante e tale che le sezioni perpendicolari all'alveo possano essere considerate praticamente verticali;
3. velocità media della corrente costante all'interno di una sezione trasversale;
4. portata costante.

Queste condizioni si traducono, in termini grafici, con un parallelismo tra le linee che individuano il fondo del canale, la linea piezometrica e la linea dei carichi totali.

Ovviamente tali vincoli non possono rappresentare una condizione al contorno accettabile nel caso in cui si abbia necessità di effettuare una verifica delle criticità di un alveo variamente sviluppato in termini planialtimetici.

Ci si avvale allora di un'analisi a **moto permanente**, ammettendo che il profilo liquido possa essere ascendente o discendente rispetto alla linea di fondo, in funzione della geometria (intesa come forma e quota) della sezione considerata: in altri termini, le tre linee del fondo, del pelo libero e dei carichi totali non sono parallele.

Qualora si desiderasse indagare l'andamento di un profilo di moto durante lo svolgersi di un evento a portata variabile (p.es. una piena), in modo da considerare anche la capacità di invaso

del collettore, sarebbe necessario operare una analisi a **moto vario**: le caratteristiche del problema in esame, oltre a indubbie difficoltà di ordine numerico per quanto riguarda la stabilità dei risultati, portano a rinunciare a tale tipo di approccio, consapevoli dello scarso incremento di significatività dei risultati rispetto ad una meno complessa analisi a moto permanente.

Premesso questo, nei paragrafi successivi si analizzano i parametri al contorno necessari per effettuare l'analisi a moto permanente, e di seguito si caratterizza il problema attraverso una suddivisione del tratto in esame in sotto-tratti.

Dati di input

Indipendentemente dal fatto che si effettuino analisi numeriche su situazioni rilevate in campo o su configurazioni di progetto che prendono spunto dalle situazioni rilevate, i parametri necessari al modello idraulico per poter effettuare le simulazioni del moto della corrente si possono suddividere in:

1. Parametri geometrici ricavati dal rilievo strumentale:
 - Forma delle sezioni trasversali;
 - Quota assoluta dei punti formanti le sezioni;
 - Distanza tra le sezioni.
2. Parametri di resistenza al moto:
 - Scabrezza rappresentativa dell'alveo e delle sponde;
3. Parametri idraulici:
 - Portata in funzione del tempo di ritorno.

Parametri geometrici e topografici

La determinazione della geometria all'interno della quale si svolgono i fenomeni idraulici è stata ottenuta per mezzo di un rilievo strumentale, che ha permesso di indagare le caratteristiche geometriche dell'alveo stesso e delle zone limitrofe. Il rilievo è stato condotto nel 2005 lungo l'asta del torrente Albola, ed è stato aggiornato alla luce di tutti gli interventi effettuati negli ultimi 15 anni. Per quanto riguarda il torrente Varone, il rilievo condotto nel 2005 è da considerarsi ancora attuale visto che non si sono effettuati interventi di rilievo in alveo.

Parametri di resistenza al moto

Nel corso dei rilievi si è posta particolare attenzione alle caratteristiche dell'alveo e delle sponde, in modo da stimare un valore di scabrezza da assegnare ai vari tratti esaminati. La valutazione della resistenza al moto in un alveo tiene conto di due diversi processi dissipativi dell'energia della corrente: uno legato alla forma, alla dimensione e alla disposizione degli elementi che determinano la scabrezza (*grain resistance*), l'altro agli ulteriori effetti dissipativi

imputabili ai macrovortici generati dalle separazioni di flusso idrico nei bruschi cambiamenti di direzione, di forma e di livelletta.

Facendo riferimento alla tabella riportata di seguito si sono determinati i coefficienti di scabrezza secondo Manning.

A Coefficienti di scabrezza per canali e condotte				
Tipo di canalizzazione	Bazin $\gamma \text{ (m}^{1/2}\text{)}$	Kutter $m \text{ (m}^{1/2}\text{)}$	Gauckler-Strickler $K \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$	Manning $n \text{ (m}^{-1/3} \text{ s}\text{)}$
Pareti di cemento perfettamente liscio e pareti metalliche senza risalti nei giunti, ambedue con curve.	0,10	0,18	90+85	0,012
Pareti di cemento in non perfette condizioni. Muratura ordinaria più o meno accurata.	0,23+0,36	0,35+0,55	70+65	0,014+0,015
Pareti di cemento solo in parte intonacate; qualche deposito sul fondo. Muratura irregolare (o di pietrame).	0,46	0,55+0,75	60	0,018
Terra con erba sul fondo. Corsi d'acqua naturali regolari.	1,30	1,50	40	0,025
Canali in abbandono con vegetazione. Corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo.	2,0+2,3	3,00	30	0,035

TABELLA 5. Coefficienti di scabrezza per canali a pelo libero.

Nel caso in esame si è scelto un valore costante lungo il tratto pari a $0,01818 \text{ s}^{1/3}/\text{m}$ (corrispondente ad un coefficiente di Strickler pari a $55 \text{ m/s}^{1/3}$, in accordo con la tabella 5).

Si noti comunque che la peculiarità geometrica dell'alveo (elevato tirante rispetto al contorno bagnato) fa sì che l'influenza della scabrezza di alveo e sponde sia molto limitata rispetto ad una situazione tipica di alveo naturale in cui a bassi tiranti corrispondono elevati sviluppi di superfici bagnate.

Solo nel tratto di confluenza che porta al lago si è prudenzialmente aumentata la scabrezza fino a un valore pari a $40 \text{ m/s}^{1/3}$.

Parametri idraulici

L'analisi idrologica evidenzia portate relative a diversi tempi di ritorno. Nel presente studio idraulico si farà riferimento ai seguenti parametri:

	Tempo di ritorno [anni]	Portata di piena [m^3/s]
Albola	200 (Q_{tr200})	31
Varone	200 (Q_{tr200})	28.25

TABELLA 6. Portate massime al variare dei tempi di ritorno.

Caratterizzazione del modello idraulico

La verifica idraulica condotta ha ricompreso alcune sezioni a monte e a valle dei ponti su viale Rovereto, in modo da caratterizzare al meglio il comportamento idraulico dei singoli tratti.

La verifica idraulica è stata effettuata avvalendosi del codice di calcolo denominato HEC-RAS³, un modello idraulico monodimensionale ampiamente testato in campo professionale e accademico. HEC-RAS è progettato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per reti di canali naturali o artificiali, effettuando simulazioni in moto permanente o in moto vario. La procedura di calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia. Le perdite valutate sono quelle per attrito e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni, tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica. L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni. Questo si verifica, in condizioni di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a corrente lenta (risalti idraulici), oppure in corrispondenza di ponti o confluenze.

Sono state condotte numerose simulazioni al fine di indagare il comportamento del modello al variare di alcuni parametri, ritenendo definite nel contempo le seguenti condizioni al contorno:

1. Tutte le simulazioni sono state condotte nell'ipotesi di fondo fisso, ovvero non suscettibile a variazioni di livello a causa di fenomeni deposizionali e di formazione di forme di fondo o fenomeni di scavo. Questa scelta è motivata dal fatto che si assume che eventuali detriti possano essere trattenuti a monte del tratto terminale in virtù del buon funzionamento della briglia selettiva di monte;
2. Tutte le simulazioni sono condotte in regime di moto permanente. Infatti per il caso in esame le difficoltà di ordine numerico (stabilità della convergenza dei risultati) e pratico non verrebbero ripagate né in termini di apprezzabili differenze di tirante, né in termini di laminazione della portata lungo il tratto indagato;
3. Sono state effettuate dapprima simulazioni in regime di corrente mista, ritenendo che questo metodo fornisca una rappresentazione più confacente al reale comportamento della corrente. Si è tuttavia osservato che la continua variazione geometrica del fondo, con ripetuto alternarsi di brevi tratti a pendenze diverse e gradoni, va ad inficiare i risultati ottenuti con questo metodo risolutivo, rendendo la soluzione instabile. Nello specifico si sono osservate continue oscillazioni della superficie libera della vena fluida. Si è quindi deciso di eseguire le simulazioni in regime di corrente esclusivamente lenta; ciò restituisce un profilo longitudinale del corso d'acqua più uniforme e verosimile, pur mantenendo i valori massimi di tirante uguali a quelli ottenuti in condizione di corrente mista.
4. Al fine della simulazione idraulica, il limite arginale viene rappresentato introducendo la possibilità che la portata di massima piena venga contenuta totalmente all'interno dell'estensione dei suoi limiti geometrici; questo consente di analizzare portate superiori a quelle che il torrente è fisicamente in grado di contenere, risultando utile così alla progettazione di eventuali sovralti di contenimento della portata di input. Questa scelta modellistica permette inoltre, durante un'analisi monodimensionale come quella in oggetto, di osservare i punti in cui il tirante idrico supera il reale livello arginale, pur non inficiando i risultati della simulazione (in particolar modo il tirante) nelle sezioni poste più a valle.
5. Le simulazioni sono state condotte imponendo la condizione al contorno di moto uniforme sia nelle sezioni di immissione a monte che in quella di uscita a valle (corrispondente allo sfocio nel lago); quest'ultima in particolare è risultata essere la più verosimile in quanto, anche con livelli del lago eccezionalmente elevati (+1.40 m al di sopra dello zero idrometrico il giorno 03/06/2024), non si sono osservati fenomeni di rigurgito o risalita lungo il canale, ma viene sempre mantenuto il normale scorrimento.

RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA

Nell' ALLEGATO B sono riportati gli output prodotti dalla simulazione numerica condotta sui tratti descritti in precedenza. Si ricorda che sono stati riprodotti scenari corrispondenti a eventi di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni. Dai risultati presentati e di seguito riassunti si può affermare che in generale lavori eseguiti negli ultimi 15 anni (soprattutto lungo il corso del torrente Albola) permettono di confinare all'interno degli argini picchi di piena molto estremi pressoché ovunque lungo il tratto oggetti di studio. Si sono osservati solo alcuni punti, descritti nei paragrafi successivi, in cui il tirante idraulico supera il sovrалzo arginale di pochi centimetri.

Con particolare riferimento al solo torrente Albola (si veda l'immagine allegata relativa al profilo longitudinale simulato), si nota come il tratto iniziale presenti una pendenza sostenuta per oltre 100 m in cui si instaura una corrente uniforme con tirante contenuto. Procedendo verso valle si incontra una brusca riduzione dell'inclinazione del fondo che induce un vistoso rigurgito verso monte del profilo di corrente: ciò determina in questa zona il superamento del livello arginale su entrambi i lati, seppur di soli pochi centimetri. Il tratto successivo risulta essere meno uniforme, composto da un continuo alternarsi di brevi tratti a diverse pendenze e gradoni/salti di fondo che inducono oscillazioni del profilo di corrente longitudinale: in alcuni punti il profilo del pelo libero lambisce la testa dell'argine, sovralzandola di pochi centimetri.

Anche il torrente Varone (si veda anche in questo caso l'immagine allegata corrispondente al profilo longitudinale) presenta un tratto d'ingresso piuttosto uniforme con pendenza sostenuta, seguito da un tronco centrale in cui si osserva la presenza di numerosi salti di fondo (realizzati con lo scopo di ridurre l'inclinazione media dell'alveo). Segue un nuovo tratto finale piuttosto uniforme. La corrente che si instaura nel torrente Varone presenta un regime generalmente più veloce con tiranti conseguentemente più bassi; nei tratti iniziale e finale il profilo è molto uniforme, in quello centrale si osservano delle oscillazioni dovute alle discontinuità dell'alveo, che risultano tuttavia molto contenute e non raggiungono mai quote tali da superare il livello arginale: la portata di picco è quindi contenuta ovunque all'interno dell'alveo. L'unico accorgimento apportato in sede di simulazione idraulica è stato il livellamento delle buche a valle dei gradoni del fondo, operazione per altro già effettuata dal Servizio Bacini Montani PAT nel corso degli anni su gran parte delle soglie collocate lungo l'alveo, allo scopo di prevenire problemi strutturali legati a fenomeni di sottoscavo e sifonamento.

I due corsi d'acqua convergono infine nel breve tratto di confluenza che si getta a sua volta nel lago (visibile in entrambi i profili longitudinali allegati). Qui la simulazione riceve in input una portata corrispondente alla somma delle singole portate dei due corsi d'acqua di cui sopra. Il canale presenta una sezione decisamente più larga e in grado contenere fino alla foce e senza problemi tutto il volume scaricato.

CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI DI MITIGAZIONE

Prescrizioni di mitigazione

Le proposte di mitigazione introdotte fanno parte di un ragionamento più ampio rispetto al mero studio idraulico e vanno a comprendere anche considerazioni relative al futuro utilizzo dell'area oggetto di studio.

Si suddividono le opere di mitigazione come segue:

- **opere in alveo**, che comprendono tutti gli interventi volti alla modifica delle sezioni dei torrenti;
- **opere fuori alveo**, che riguardano tutte le opere e gli accorgimenti volti alla mitigazione del rischio in caso di esondazione.

Opere in alveo

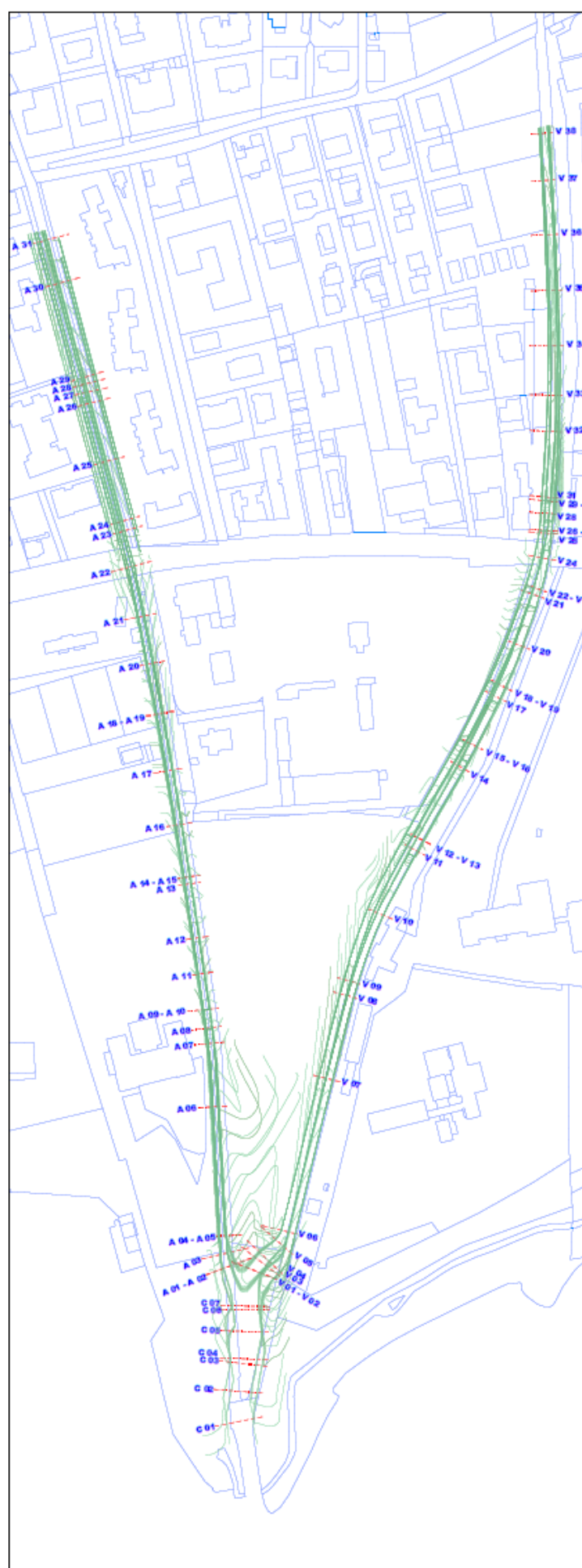
- Torrente Albola: eventuale sovrалzo dei muri arginali di circa 20 cm nelle zone poste a valle del ponte di viale Rovereto;
- Torrente Varone: verifica dello stato delle buche poste a valle delle soglie, nel successivo all'attraversamento di viale Rovereto, ed eventuale riempimento delle stesse.

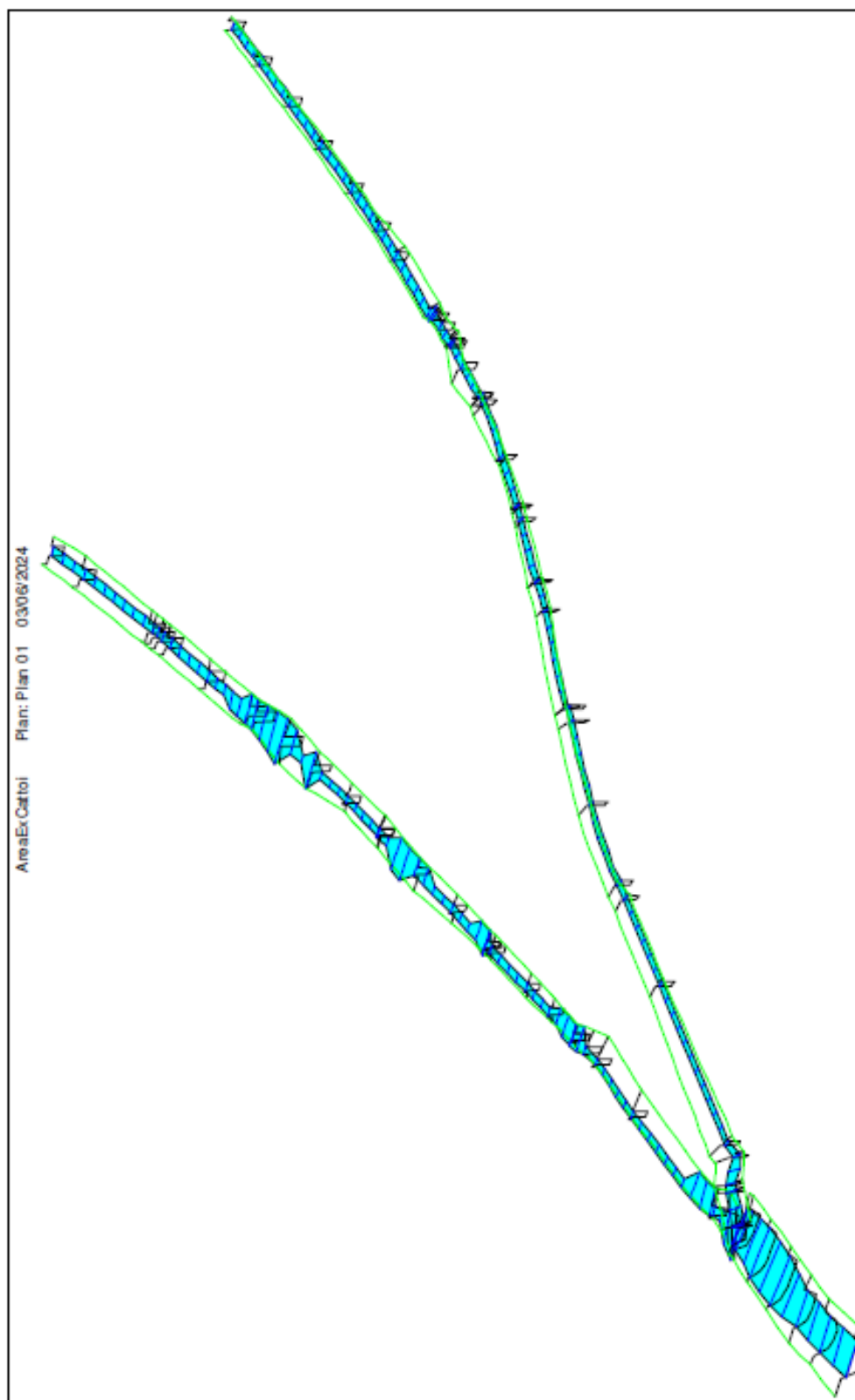
Opere fuori alveo

Oltre alla mitigazione del rischio tramite interventi sull'alveo dei torrenti, si raccomanda di mettere in atto alcuni accorgimenti progettuali sul sito di intervento, volti ad ottenere ulteriori effetti di mitigazione del rischio, nel caso ipotetico in cui vi fosse una esondazione localizzata nella zona in esame.

In particolare:

- le bocche di lupo dei piani interrati siano lievemente rialzate rispetto al piano di campagna circostante, in modo da favorire il deflusso verso zone esterne non collegate con i garages.
- Al piano terra le porte finestre siano ridotte al minimo indispensabile per garantire i sufficienti rapporti illuminotecnici, e siano provviste eventualmente di uno zocchetto alla base per favorire il deflusso verso l'esterno dell'edificio.
- Qualora presenti, le recinzioni di confine dei lotti siano dotate di muretti continui che fungano da arginello in caso di presenza di acqua corrente fuoriuscita dall'alveo.





Schema tridimensionale dei tratti simulati

ALLEGATO B - SIMULAZIONI IDRAULICHE

pi

HEC-RAS Plan: 02 River: confluenza Reach: Reach 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	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
Reach 1	01	59.50	64.17	65.90	65.90	66.55	0.005190	3.57	16.67	12.86	1.00
Reach 1	02	59.50	64.29	66.15	66.15	66.80	0.005139	3.57	16.67	12.80	1.00
Reach 1	03	59.50	64.65	66.36	66.24	66.90	0.004764	3.25	18.30	13.14	0.86
Reach 1	04	59.50	65.00	66.70	66.31	66.97	0.002314	2.30	25.89	19.04	0.63
Reach 1	05	59.50	65.00	66.75	66.31	67.00	0.002070	2.22	26.86	19.16	0.60
Reach 1	06	59.50	65.00	66.75	66.41	67.12	0.002965	2.67	22.29	15.04	0.70
Reach 1	07	59.50	65.63	66.99	66.99	67.60	0.005369	3.47	17.13	13.93	1.00

Confluenza di valle

HEC-RAS Plan: 02 River: Albola Reach: Reach 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	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
Reach 1	01	31.00	65.55	67.21	67.21	67.81	0.003669	3.44	9.02	7.51	1.00
Reach 1	02	31.00	65.55	67.21	67.21	67.81	0.003651	3.43	9.04	7.52	1.00
Reach 1	03	31.00	65.55	67.32	67.32	67.96	0.003648	3.59	8.63	6.56	1.00
Reach 1	04	31.00	65.55	67.81	67.81	68.74	0.005017	4.25	7.29	3.95	1.00
Reach 1	05	31.00	65.15	68.32	68.32	69.15	0.005372	4.03	7.59	4.53	1.00
Reach 1	06	31.00	66.67	68.96	68.96	69.91	0.006943	4.33	7.17	3.76	1.00
Reach 1	07	31.00	66.85	69.14	69.14	70.19	0.007351	4.54	6.83	3.24	1.00
Reach 1	08	31.00	66.89	69.59	69.13	70.28	0.004580	3.67	8.46	3.87	0.75
Reach 1	09	31.00	66.89	69.75	69.08	70.33	0.003650	3.37	9.21	3.85	0.69
Reach 1	10	31.00	67.56	69.79	69.79	70.72	0.006719	4.29	7.23	3.85	1.00
Reach 1	11	31.00	67.71	69.98	69.98	70.91	0.006748	4.28	7.25	3.89	1.00
Reach 1	12	31.00	67.89	70.19	70.19	71.11	0.006758	4.28	7.27	3.92	1.00
Reach 1	13	31.00	68.23	70.58	70.58	71.49	0.006915	4.28	7.24	3.90	1.00
Reach 1	14	31.00	68.23	70.74	70.58	71.53	0.005497	3.93	7.89	3.91	0.88
Reach 1	15	31.00	68.44	70.75	70.75	71.58	0.006782	4.27	7.25	3.91	1.00
Reach 1	16	31.00	68.73	70.96	70.96	71.89	0.006751	4.29	7.23	3.85	1.00
Reach 1	17	31.00	69.27	71.54	71.54	72.47	0.006752	4.27	7.26	3.92	1.00
Reach 1	18	31.00	69.42	71.88	71.87	72.65	0.005284	3.87	8.01	3.94	0.87
Reach 1	19	31.00	69.43	71.87	71.58	72.66	0.005114	3.94	7.86	3.99	0.83
Reach 1	20	31.00	69.69	71.87	71.87	72.91	0.007267	4.52	6.86	3.30	1.00
Reach 1	21	31.00	69.70	72.81	71.94	73.33	0.003013	3.19	9.72	3.39	0.60
Reach 1	22	31.00	69.80	73.15	71.63	73.42	0.001283	2.31	13.40	4.01	0.40
Reach 1	23	31.00	69.85	73.24	71.61	73.45	0.000671	2.04	15.20	4.78	0.37
Reach 1	24	31.00	69.92	73.23	71.71	73.46	0.000982	2.13	14.52	4.70	0.39
Reach 1	25	31.00	70.94	73.15	72.31	73.55	0.001788	2.69	11.52	4.64	0.54
Reach 1	26	31.00	71.11	73.01	72.88	73.75	0.004491	3.80	8.17	4.48	0.90
Reach 1	27	31.00	71.23	73.00	73.00	73.85	0.005470	4.08	7.59	4.47	1.00
Reach 1	28	31.00	71.30	73.07	73.07	73.92	0.005470	4.08	7.60	4.46	1.00
Reach 1	29	31.00	71.35	73.13	73.13	73.98	0.005556	4.10	7.56	4.40	1.00
Reach 1	30	31.00	72.29	74.07	74.07	74.93	0.005536	4.10	7.56	4.42	1.00
Reach 1	31	31.00	72.74	74.51	74.51	75.36	0.005466	4.08	7.60	4.47	1.00

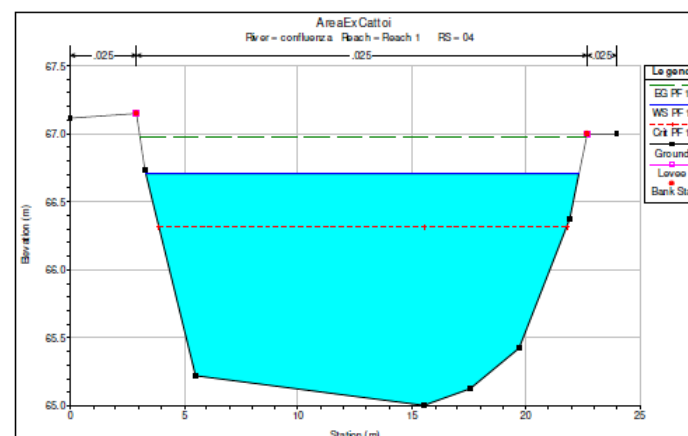
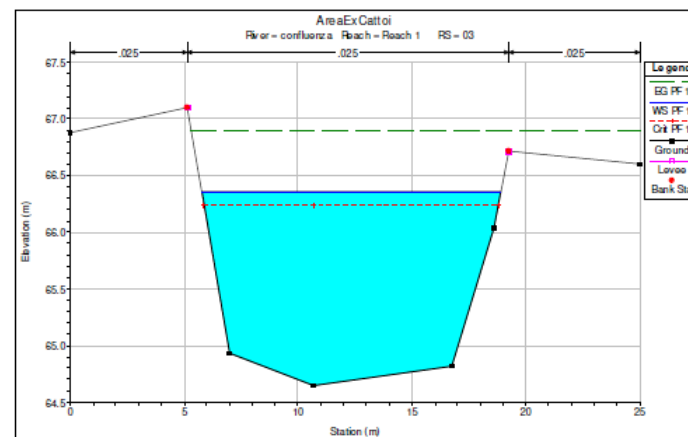
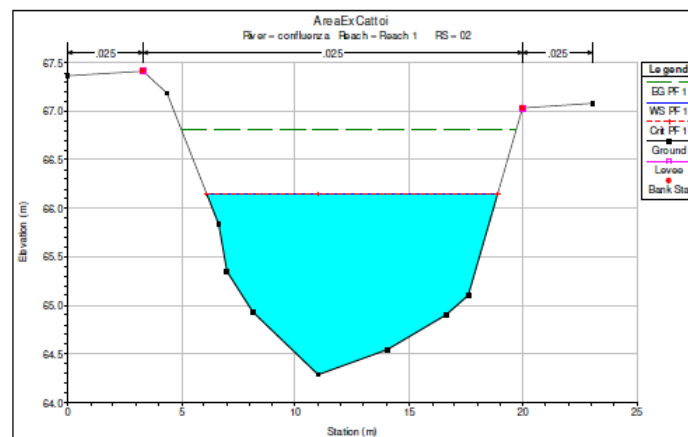
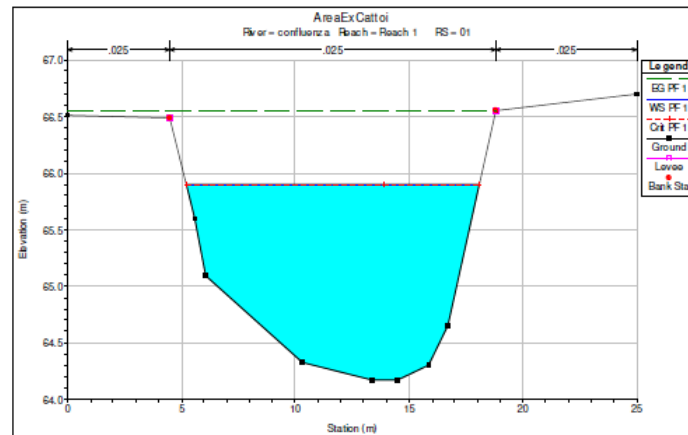
Torrente Albola

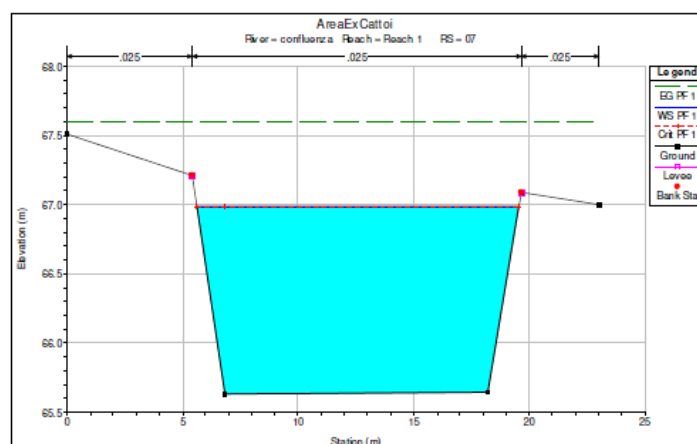
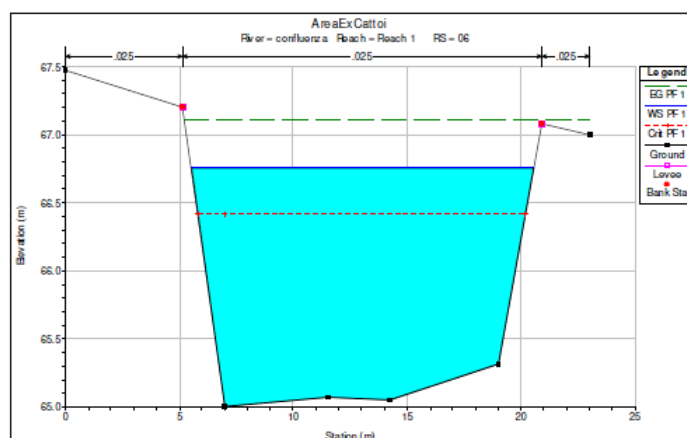
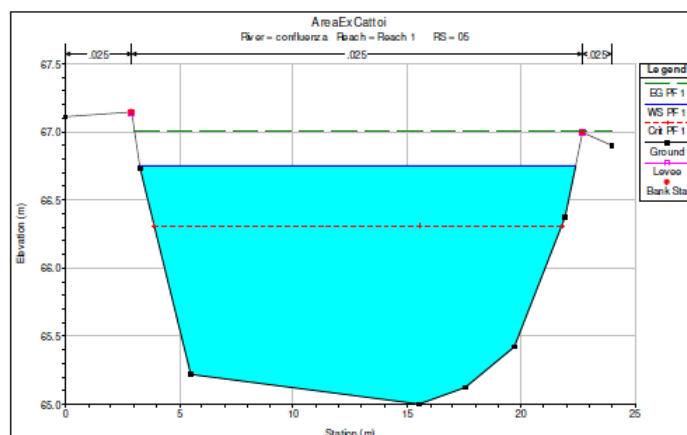
HEC-RAS Plan: 02 River: Varone Reach: Reach 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	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
Reach 1	01	28.50	65.69	67.40	66.95	67.64	0.001215	2.17	13.11	9.83	0.60
Reach 1	02	28.50	65.69	67.40	66.95	67.64	0.001214	2.17	13.11	9.83	0.60
Reach 1	03	28.50	65.69	67.35	67.03	67.70	0.001810	2.59	11.02	8.03	0.70
Reach 1	04	28.50	65.69	67.32	67.08	67.72	0.002204	2.80	10.16	7.56	0.77
Reach 1	05	28.50	65.69	67.35	67.35	67.98	0.004162	3.53	8.08	6.40	1.00
Reach 1	06	28.50	65.80	67.75	67.75	68.68	0.009409	4.26	6.70	3.63	1.00
Reach 1	07	28.50	66.45	68.41	68.41	69.34	0.009417	4.26	6.69	3.62	1.00
Reach 1	08	28.50	66.95	68.92	68.92	69.82	0.005146	4.21	6.77	3.76	1.00
Reach 1	09	28.50	66.99	69.06	69.06	69.99	0.006422	4.28	6.66	3.57	1.00
Reach 1	10	28.50	67.12	69.64	69.06	70.20	0.003369	3.31	8.61	3.61	0.68
Reach 1	11	28.50	67.25	69.76	69.20	70.33	0.003427	3.32	8.58	3.56	0.69
Reach 1	12	28.50	67.25	69.79	69.21	70.35	0.003383	3.30	8.63	3.53	0.67
Reach 1	13	28.50	68.22	70.17	70.17	71.11	0.006552	4.28	6.66	3.57	1.00
Reach 1	14	28.50	68.58	70.52	70.48	71.38	0.005803	4.10	6.95	3.77	0.96
Reach 1	15	28.50	68.58	70.76	70.55	71.46	0.004505	3.71	7.69	3.93	0.85
Reach 1	16	28.50	68.95	70.90	70.90	71.77	0.005969	4.14	6.89	3.95	1.00
Reach 1	17	28.50	69.15	71.33	70.97	71.91	0.003384	3.36	8.45	4.19	0.75
Reach 1	18	28.50	69.15	71.36	70.99	71.93	0.003271	3.33	8.57	4.25	0.75
Reach 1	19	28.50	69.52	71.34	71.34	72.17	0.005494	4.05	7.04	4.22	1.00
Reach 1	20	28.50	69.63	71.71	71.38	72.29	0.003463	3.38	8.43	4.29	0.77
Reach 1	21	28.50	70.09	71.83	71.83	72.67	0.005525	4.05	7.05	4.23	1.00
Reach 1	22	28.50	70.09	71.87	71.87	72.72	0.005737	4.08	6.99	4.10	1.00
Reach 1	23	28.50	70.33	72.11	72.11	72.95	0.005737	4.08	6.98	4.13	1.00
Reach 1	24	28.50	70.35	72.56	72.04	73.05	0.002830	3.10	9.19	4.20	0.67
Reach 1	25	28.50	70.39	72.54	72.14	73.11	0.003436	3.34	8.53	4.03	0.73
Reach 1	26	28.50	70.51	72.43	72.30	73.17	0.004597	3.79	7.51	4.15	0.90
Reach 1	27	28.50	70.82	72.61	72.61	73.45	0.005612	4.06	7.02	4.18	1.00
Reach 1	28	28.50	70.85	72.96	72.58	73.51	0.003265	3.30	8.64	4.27	0.74
Reach 1	29	28.50	70.85	73.02	72.60	73.53	0.002932	3.16	9.01	4.52	0.72
Reach 1	30	28.50	71.75	73.42	73.42	74.21	0.005151	3.93	7.25	4.59	1.00
Reach 1	31	28.50	71.76	73.63	73.43	74.24	0.003618	3.45	8.25	4.85	0.85
Reach 1	32	28.50	71.92	73.80	73.54	74.35	0.003164	3.28	8.69	5.00	0.80
Reach 1	33	28.50	72.00	73.84	73.63	74.43	0.003469	3.39	8.41	4.91	0.83
Reach 1	34	28.50	72.24	73.86	73.86	74.62	0.005004	3.85	7.38	4.83	1.00
Reach 1	35	28.50	72.54	74.22	74.22	75.02	0.005277	3.95	7.22	4.53	1.00
Reach 1	36	28.50	72.75	74.45	74.45	75.34	0.005230	3.95	7.22	4.54	1.00
Reach 1	37	28.50	72.94	74.63	74.63	75.42	0.005223	3.94	7.23	4.56	1.00
Reach 1	38	28.50	73.25	74.99	74.99	75.79	0.005226	3.96	7.19	4.47	1.00

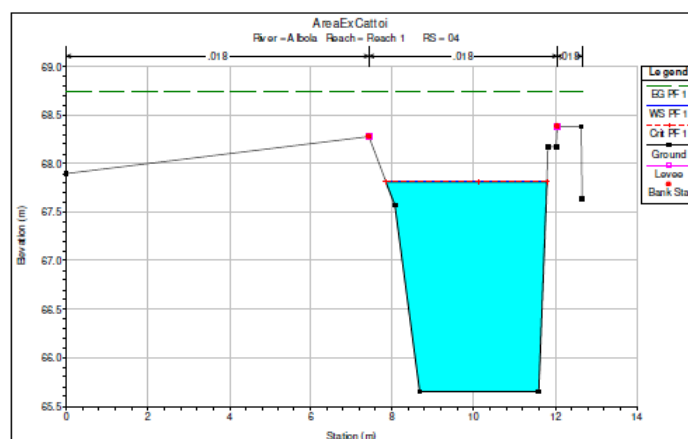
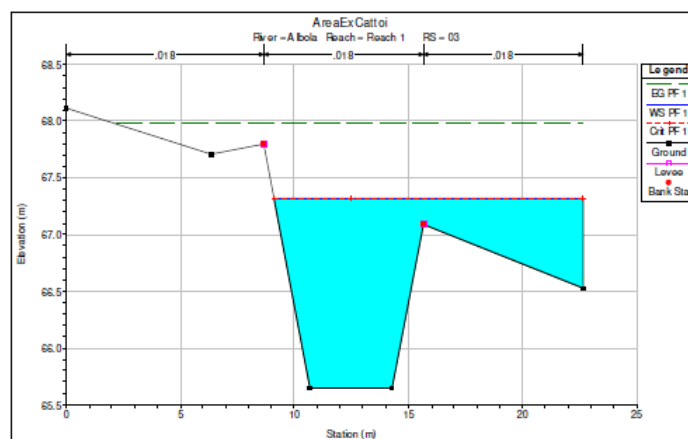
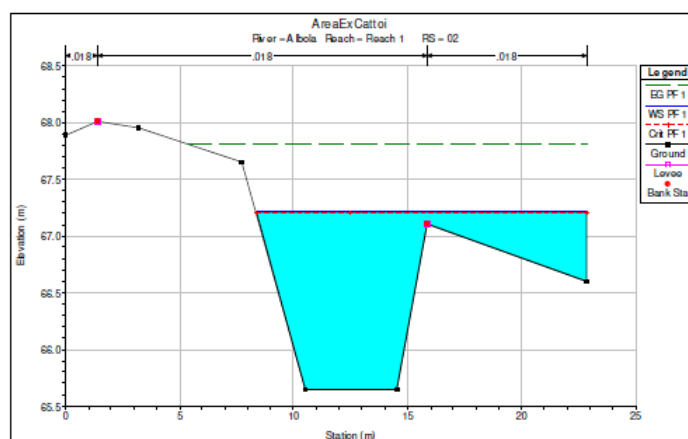
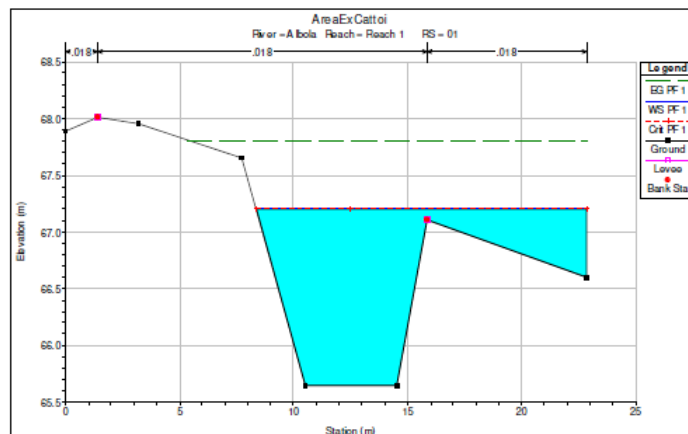
Torrente Varone

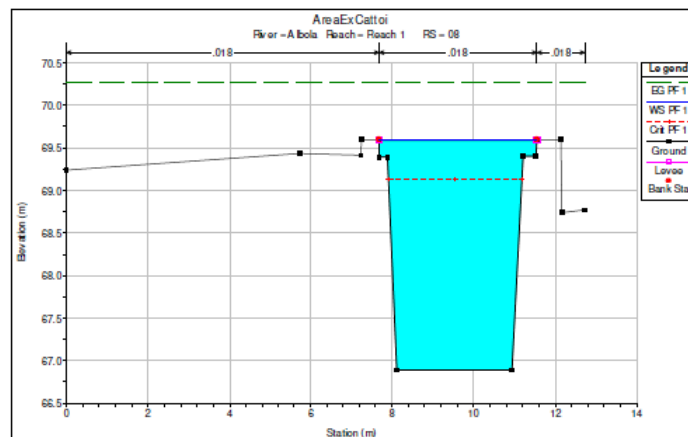
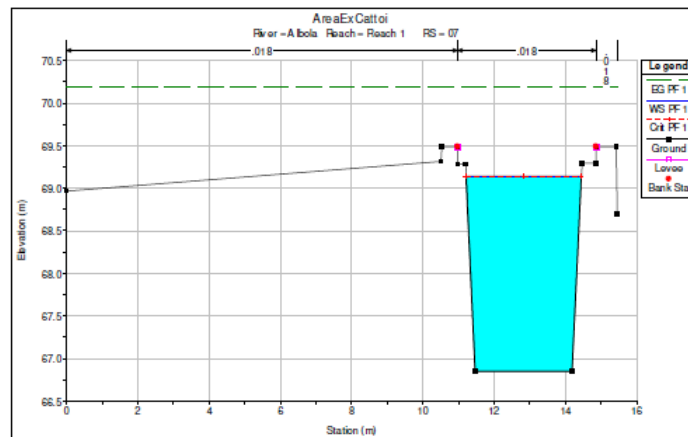
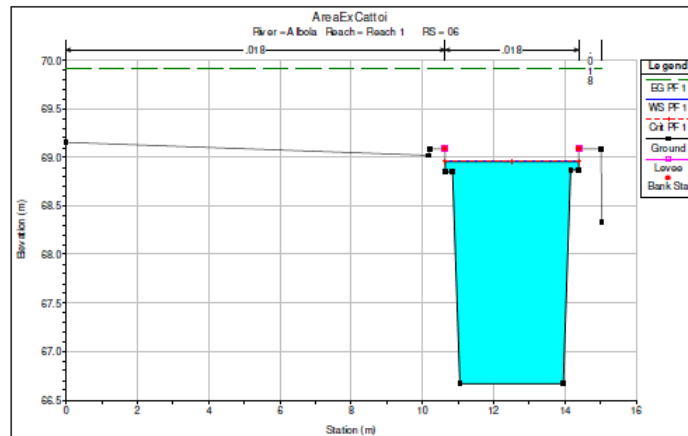
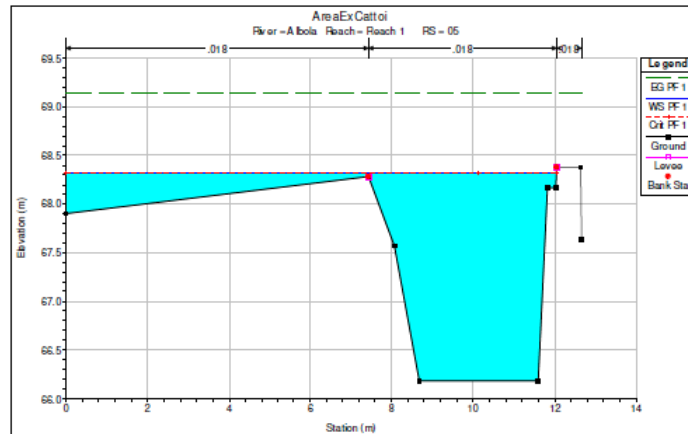
SEZIONI TRASVERSALI LUNGO IL TRATTO DI CONFLUENZA
(numerazione progressiva da valle verso monte)

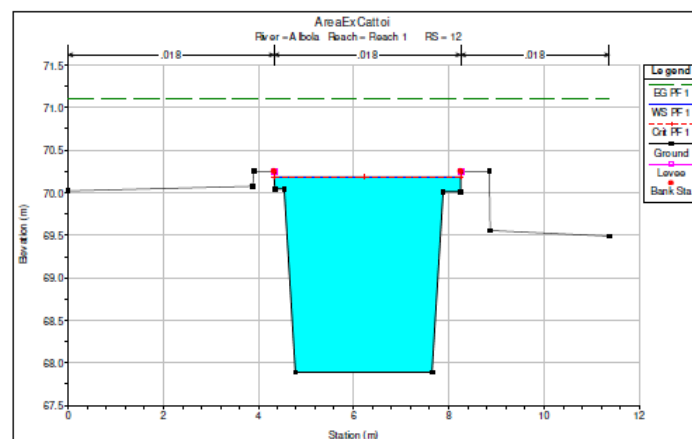
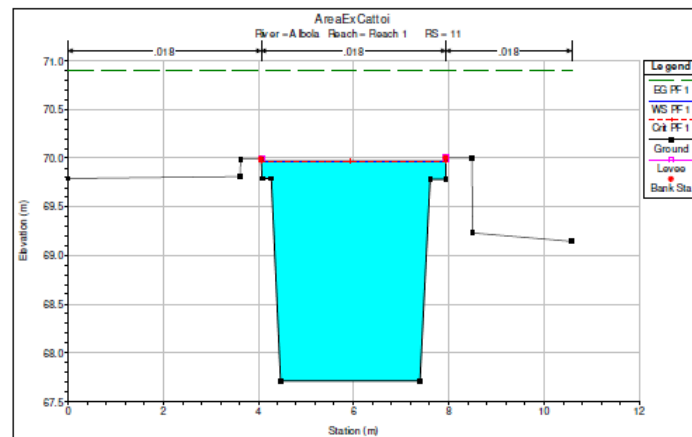
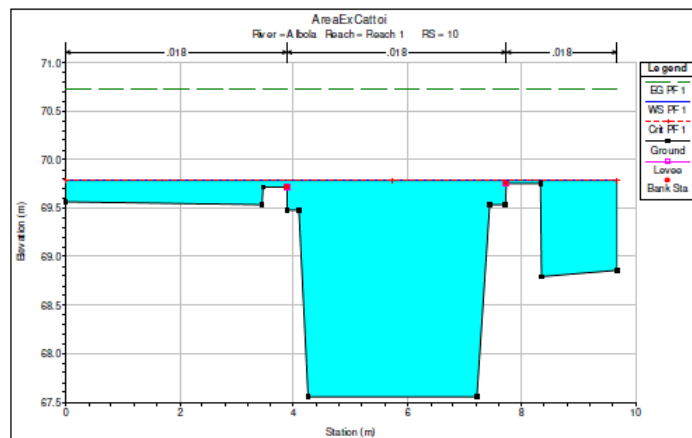
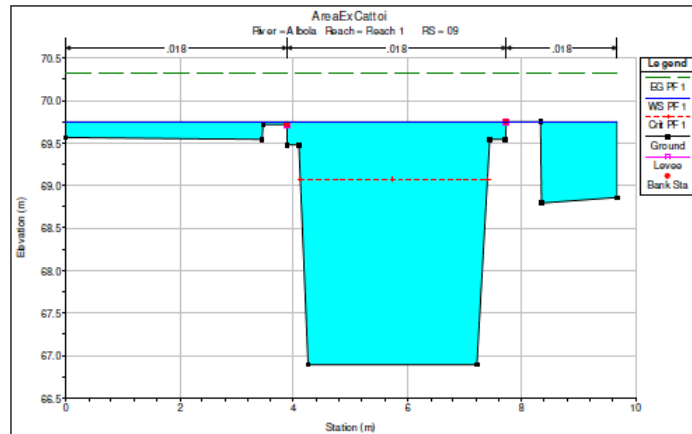


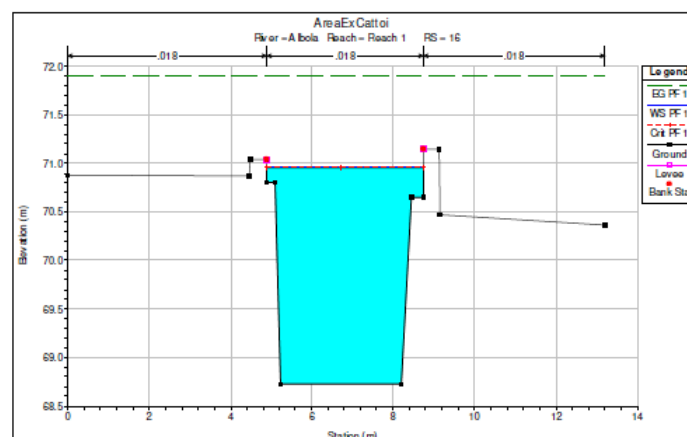
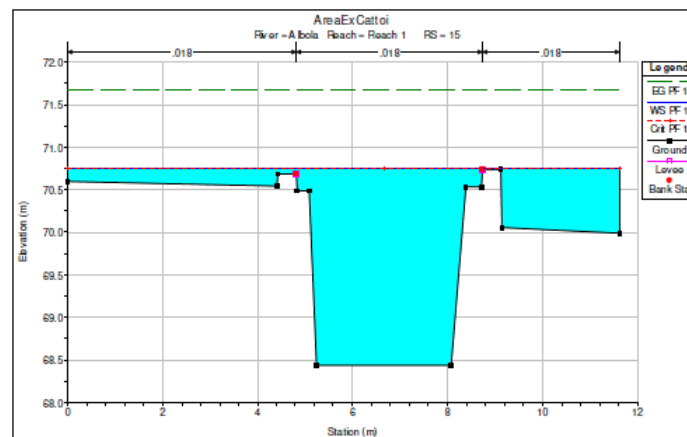
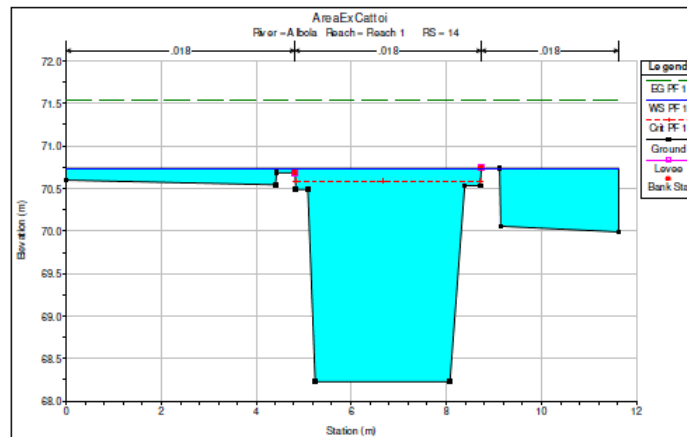
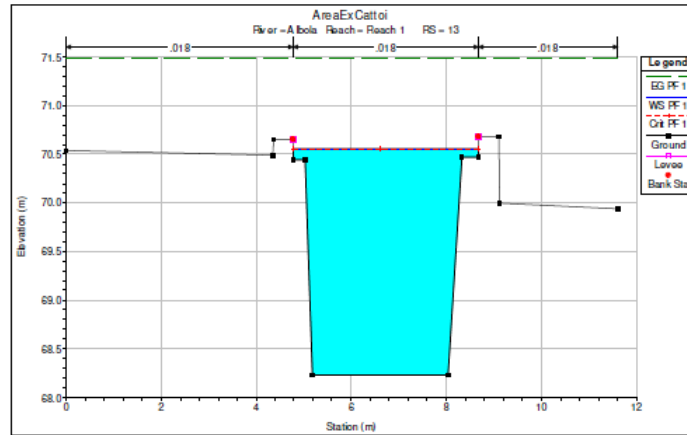


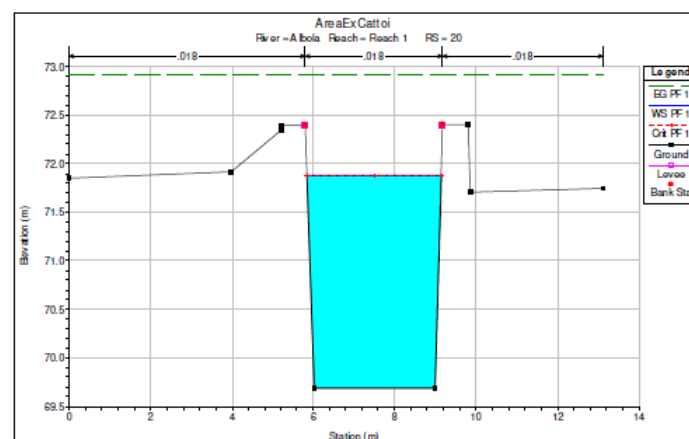
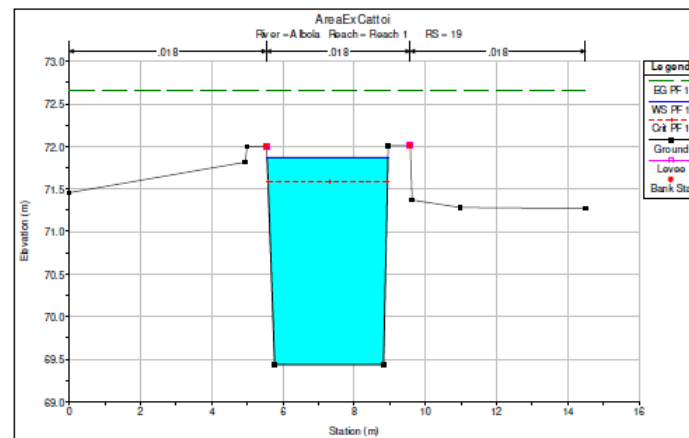
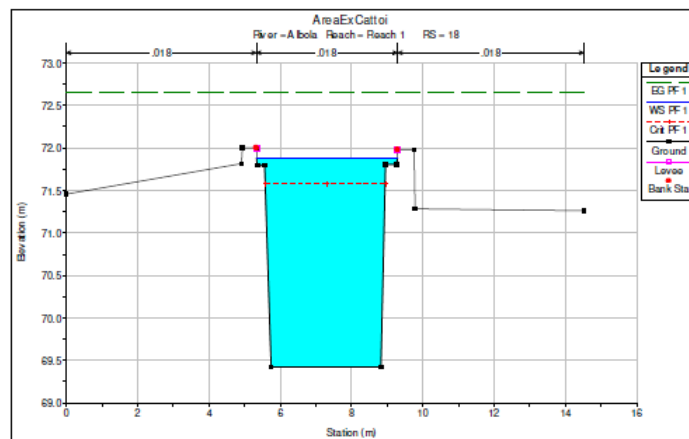
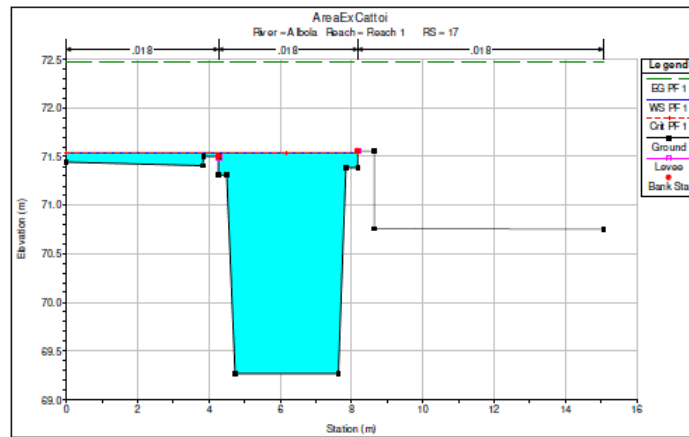
SEZIONI TRASVERSALI LUNGO IL TRATTO DI TORRENTE ALBOLA
(numerazione progressiva da valle verso monte)

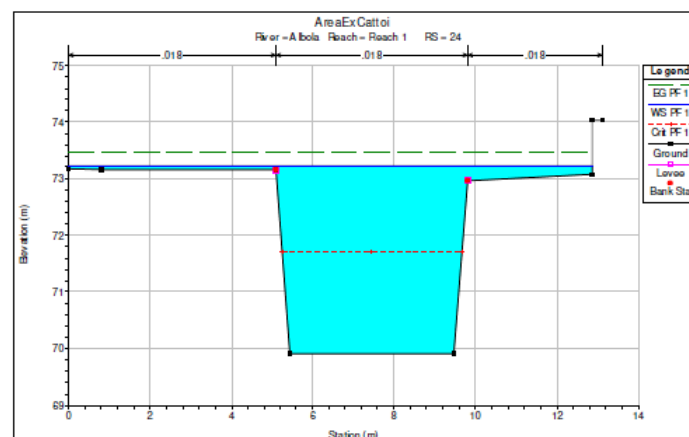
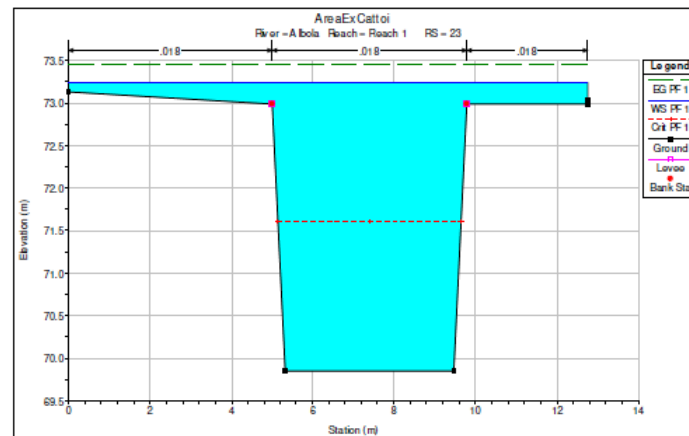
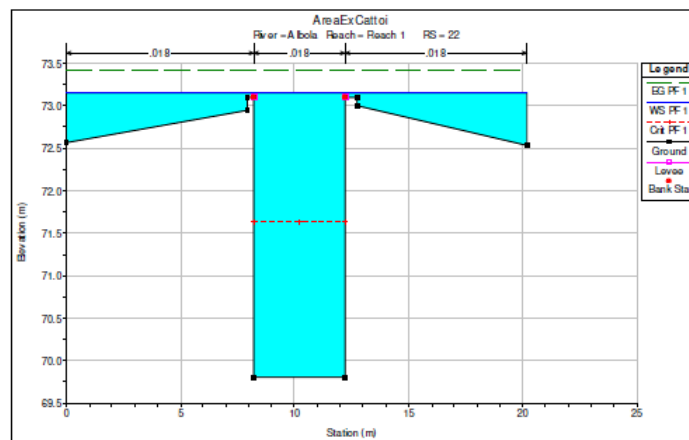
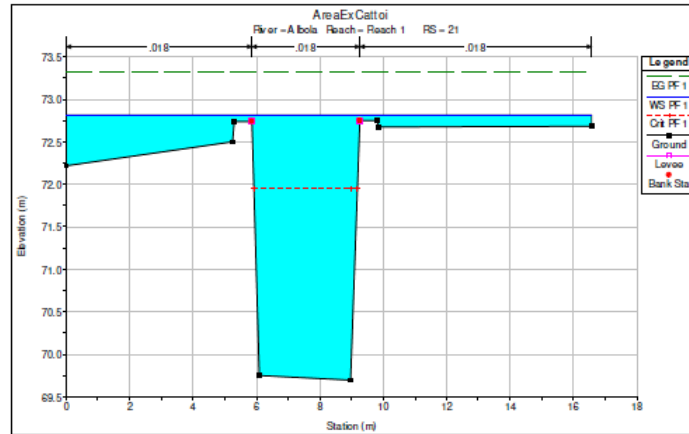


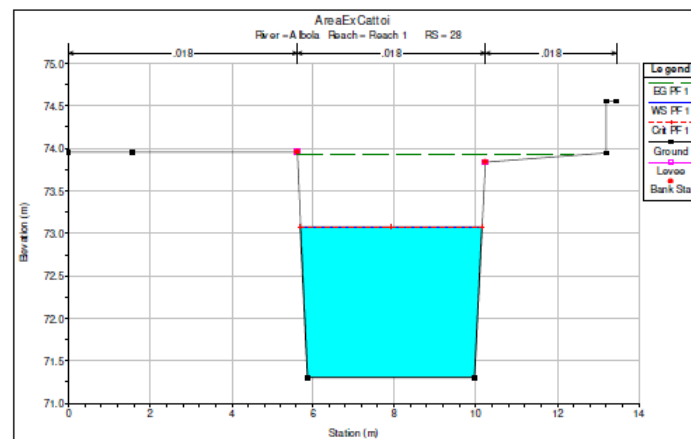
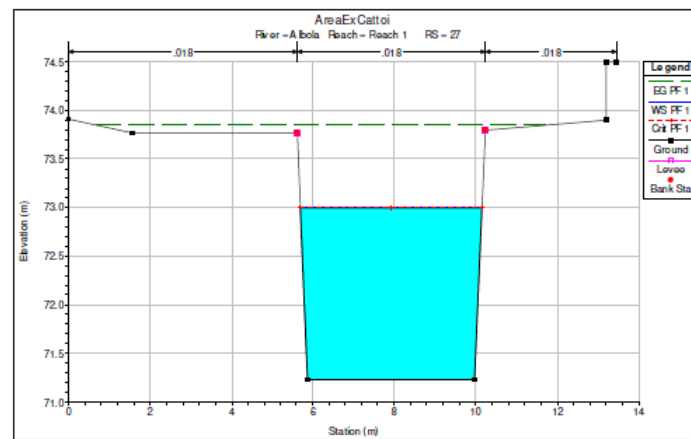
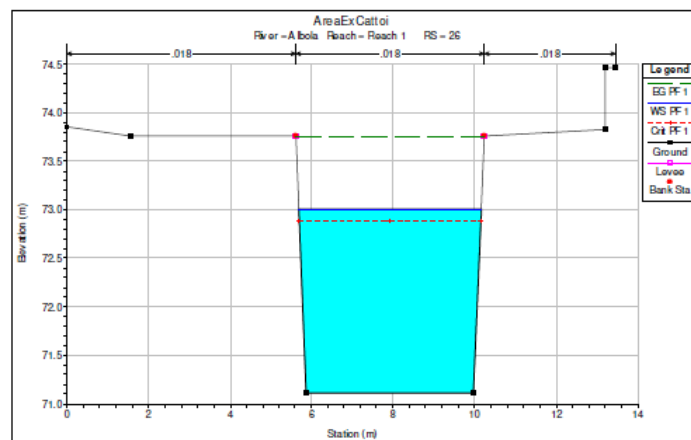
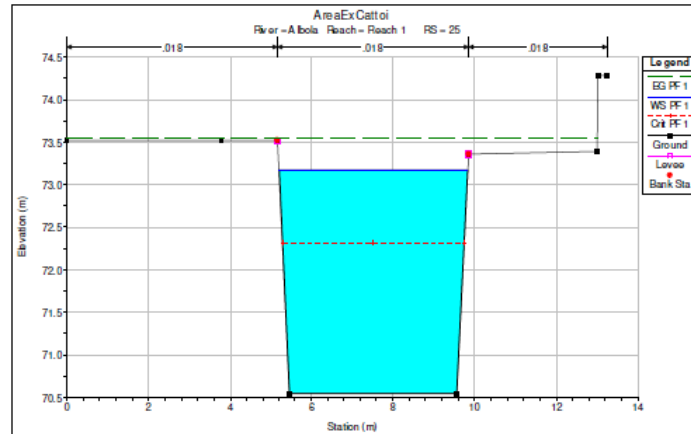


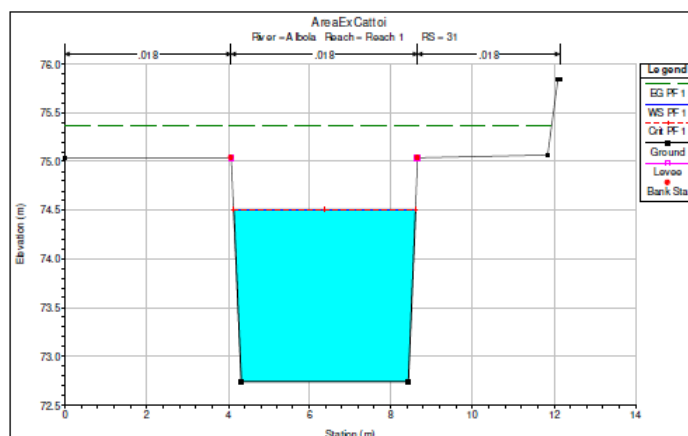
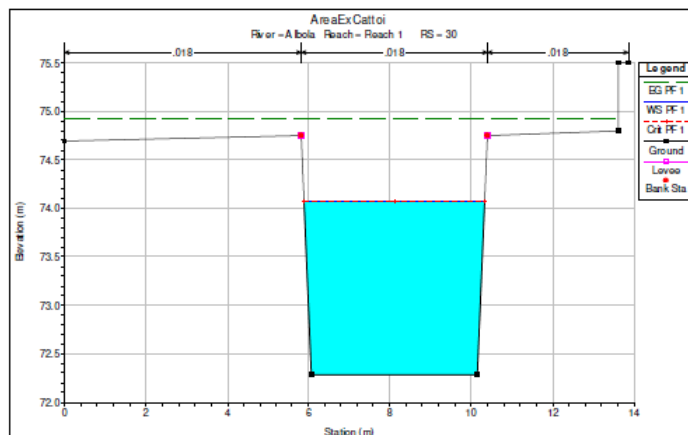
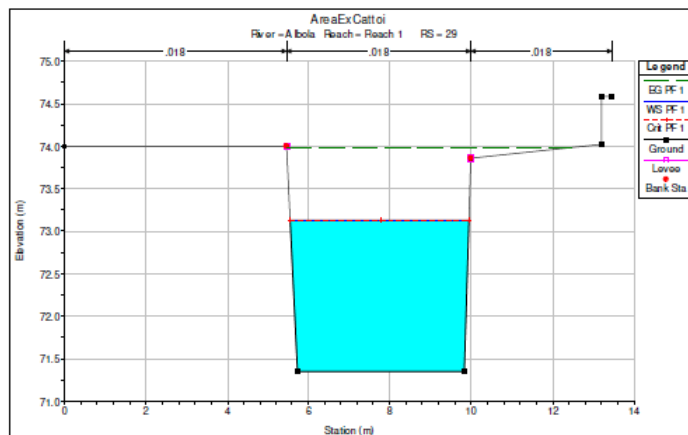




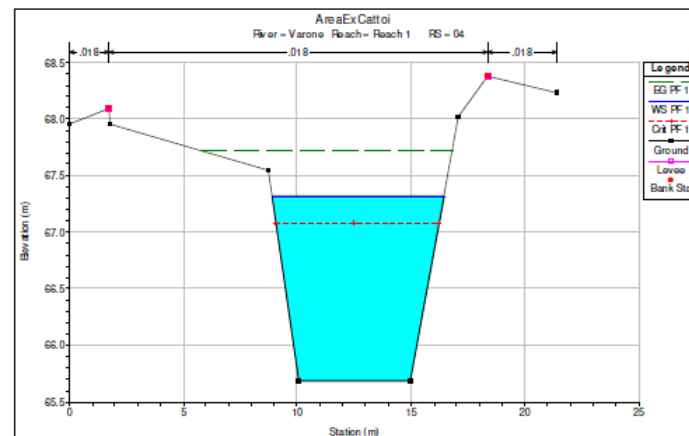
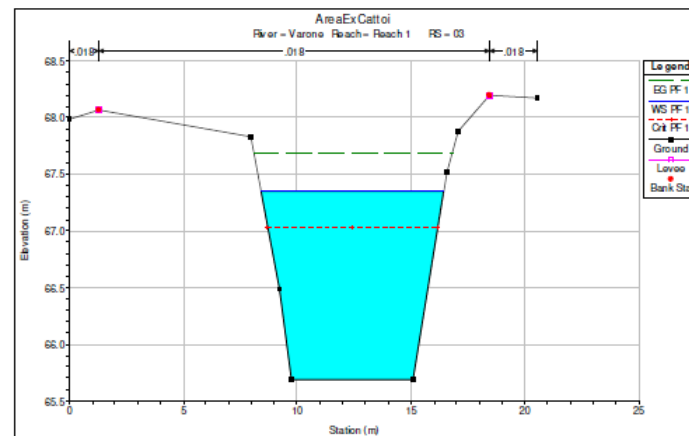
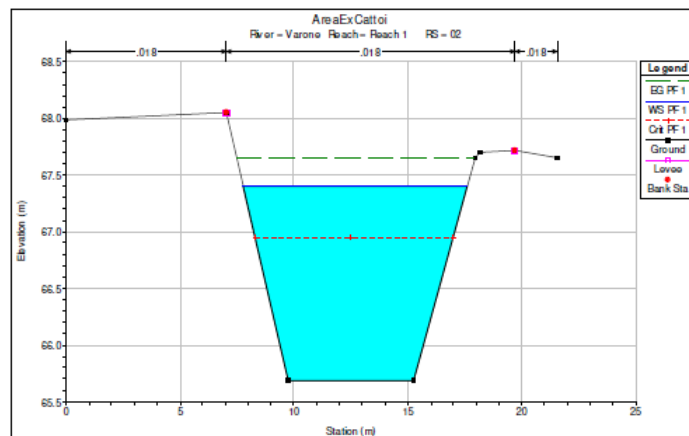
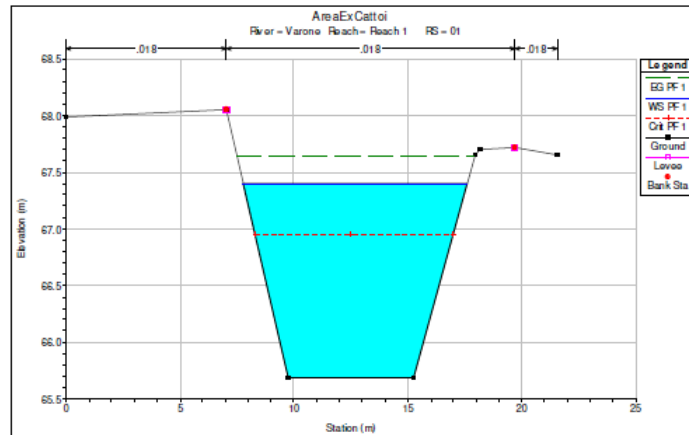


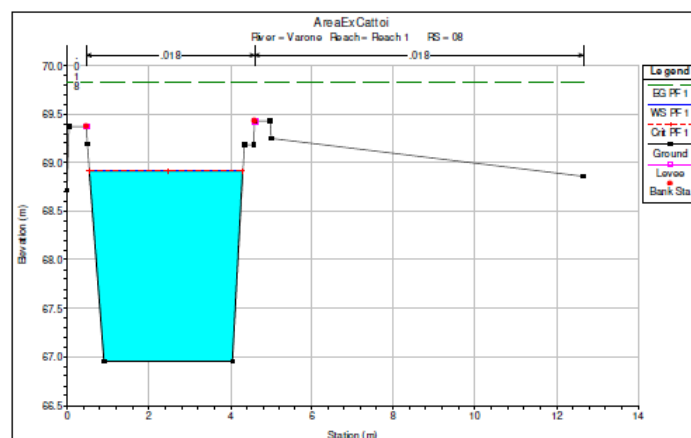
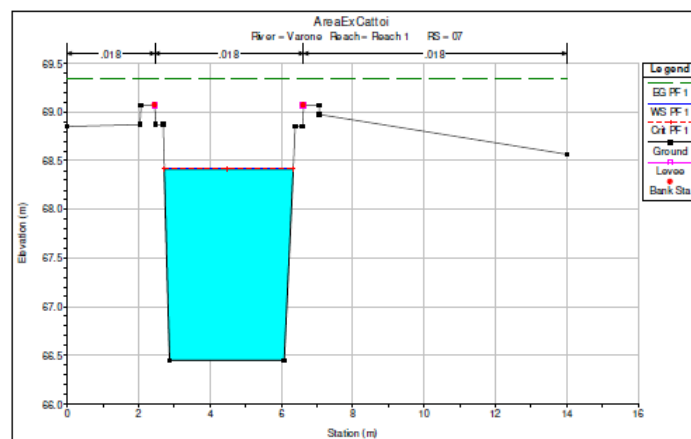
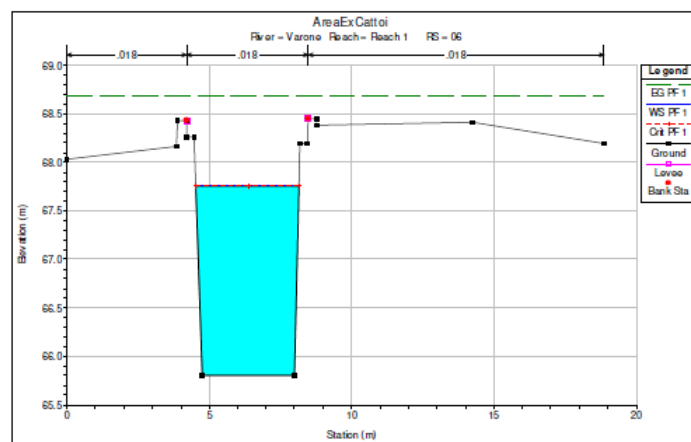
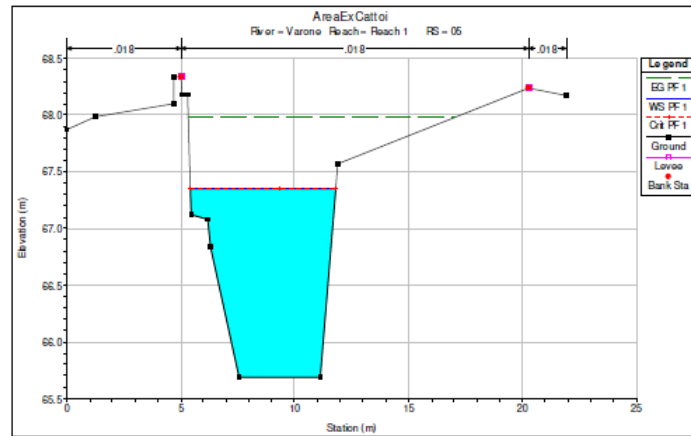


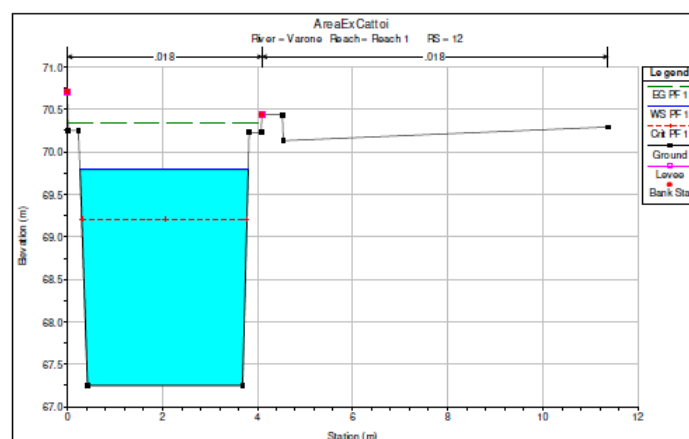
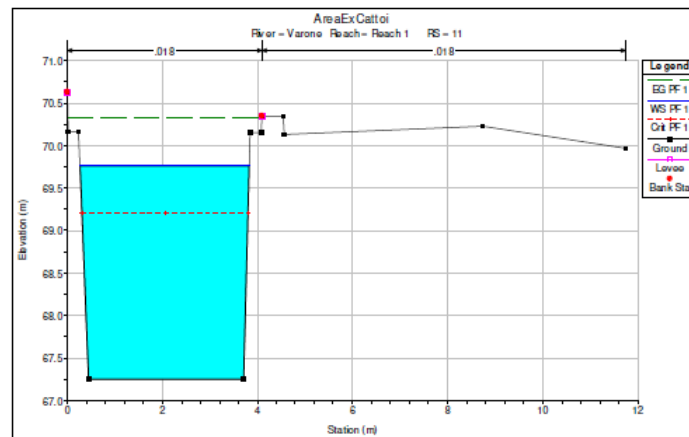
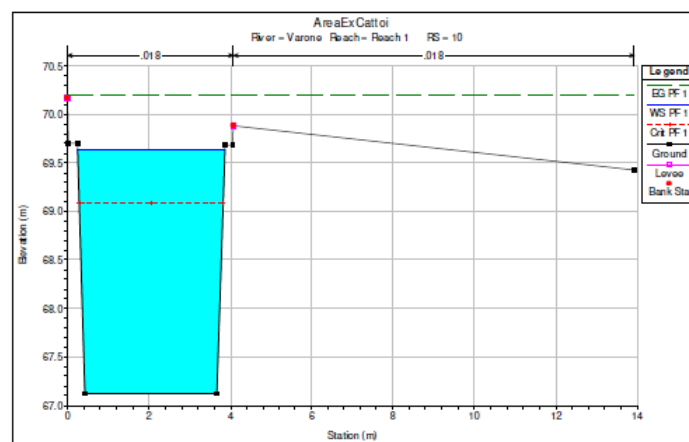
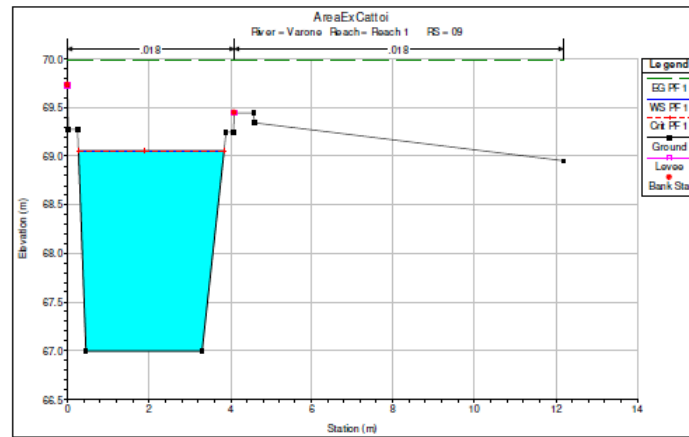


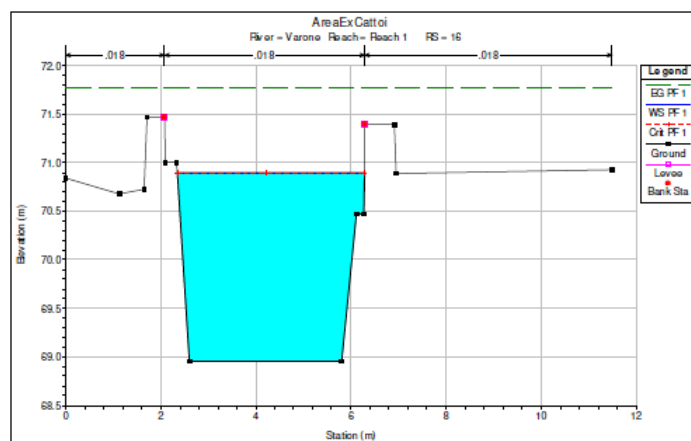
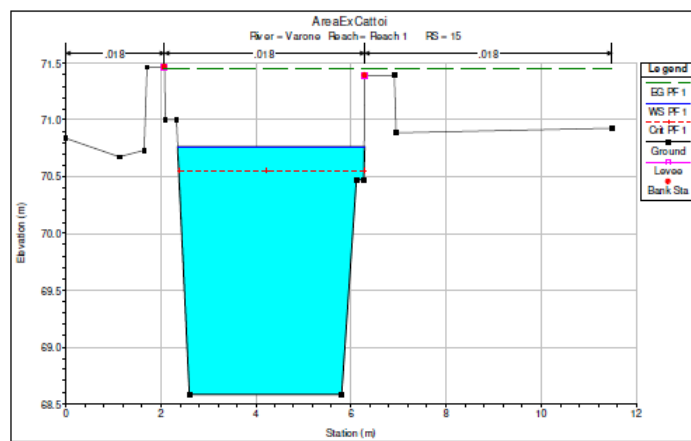
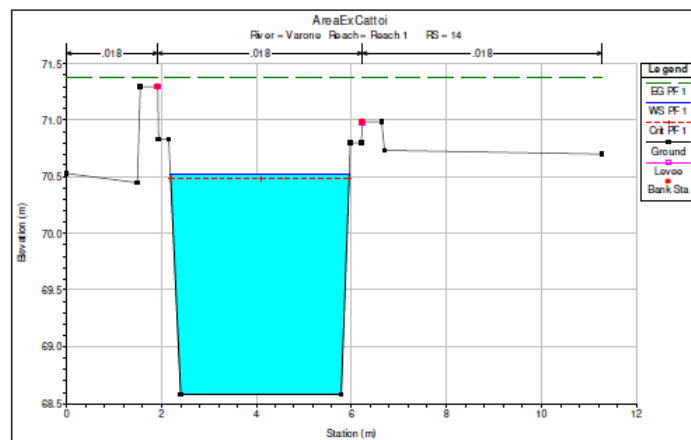
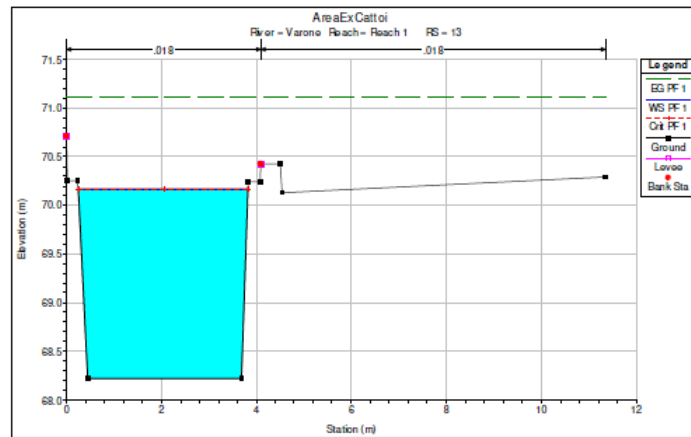


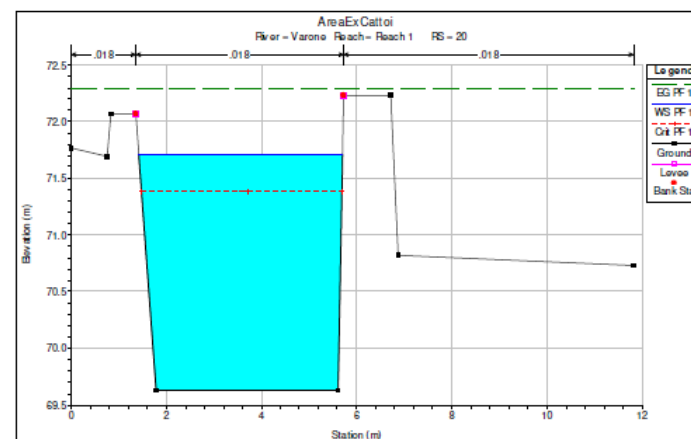
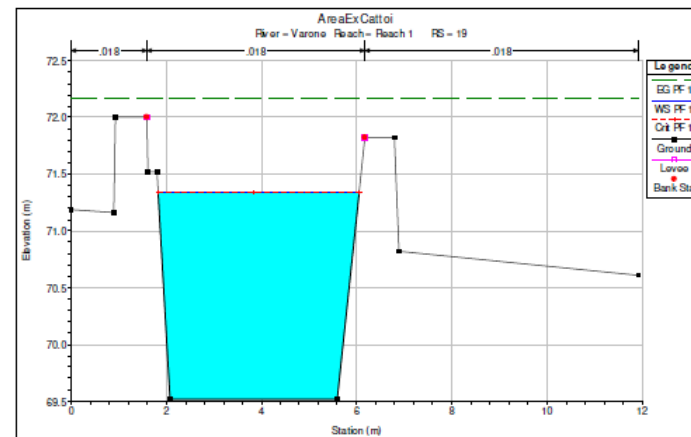
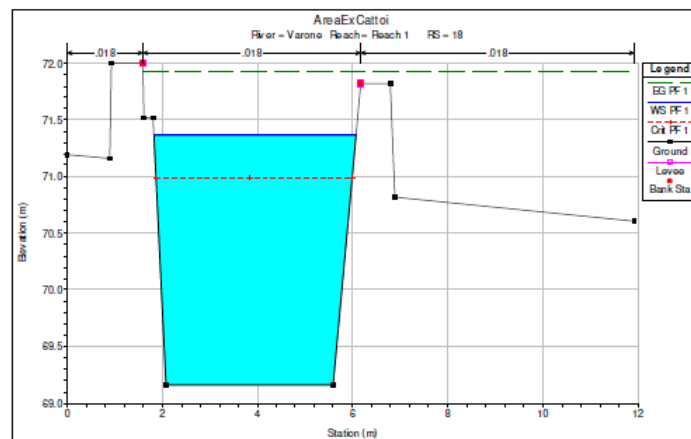
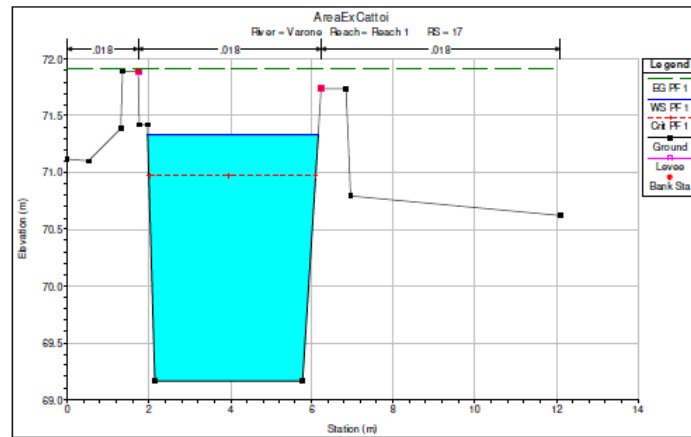
SEZIONI TRASVERSALI LUNGO IL TRATTO DI TORRENTE VARONE
(numerazione progressiva da valle verso monte)

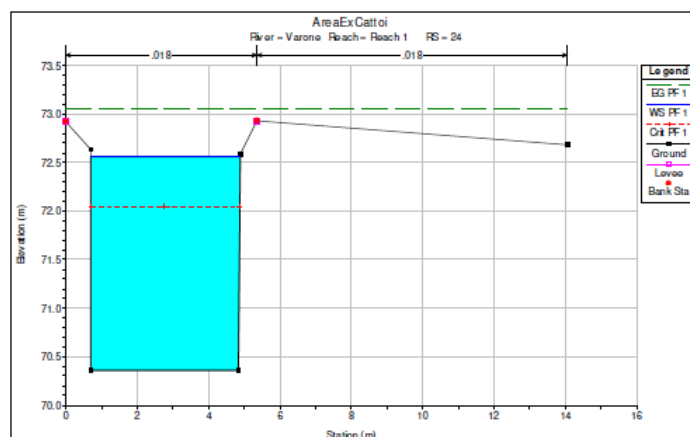
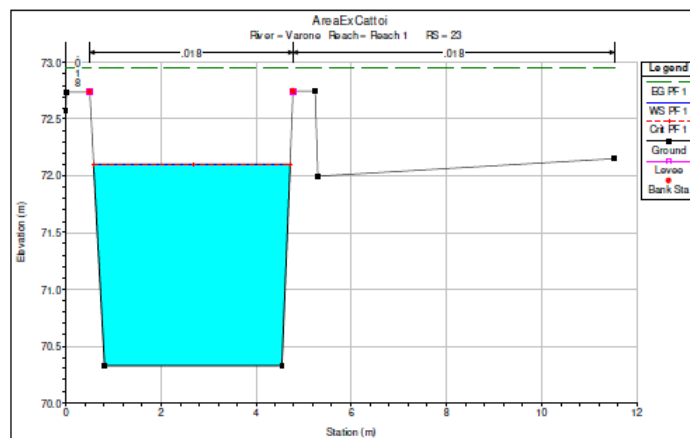
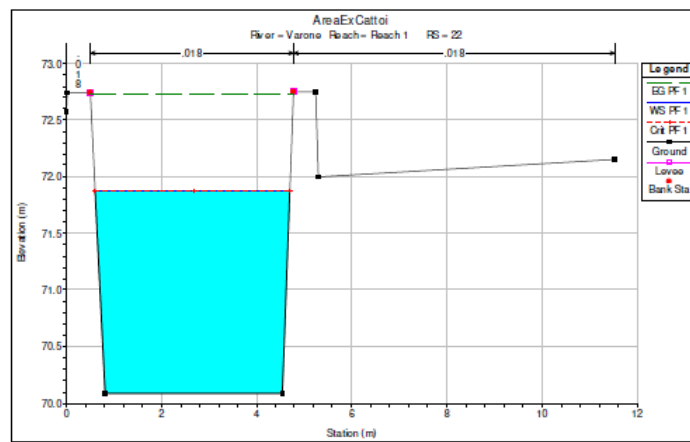
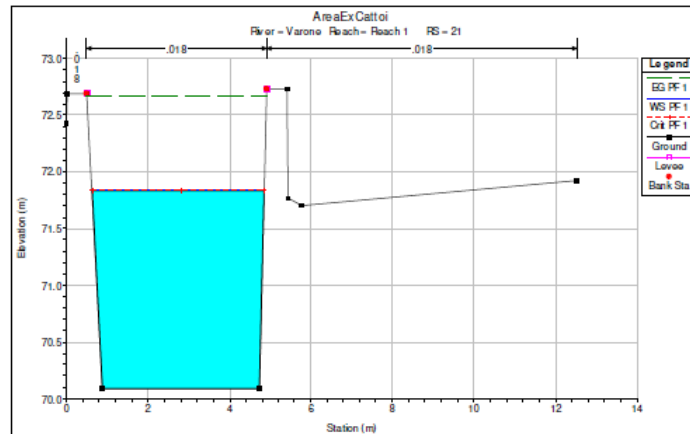


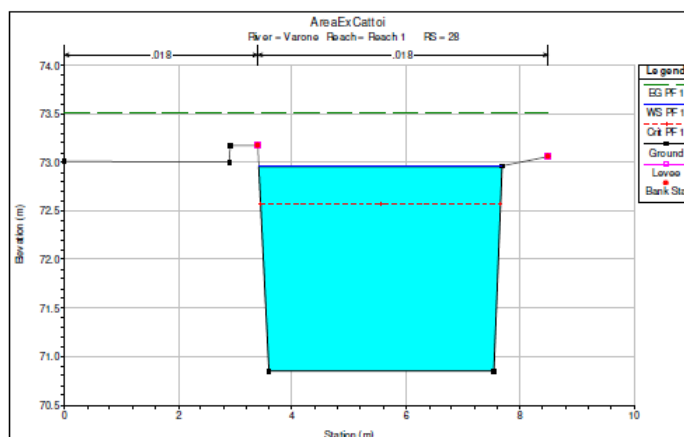
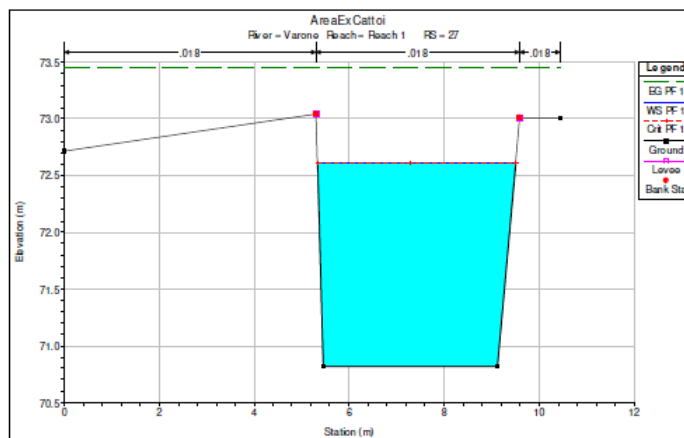
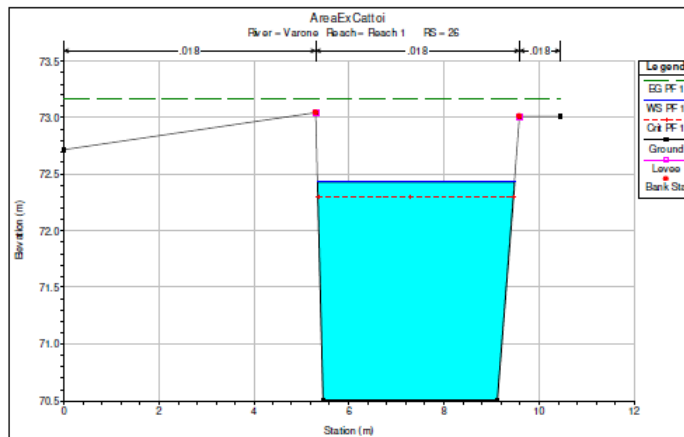
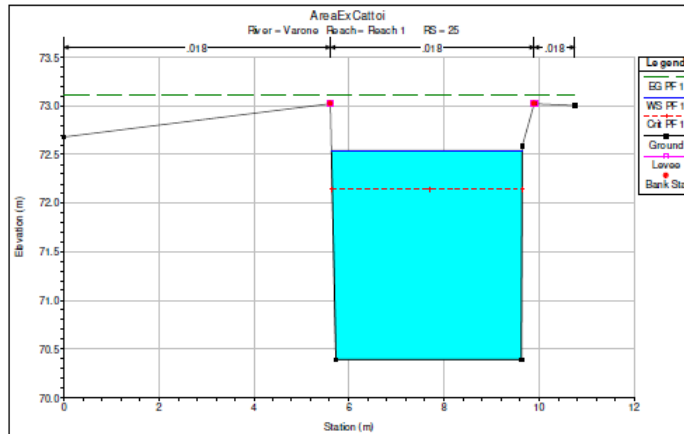


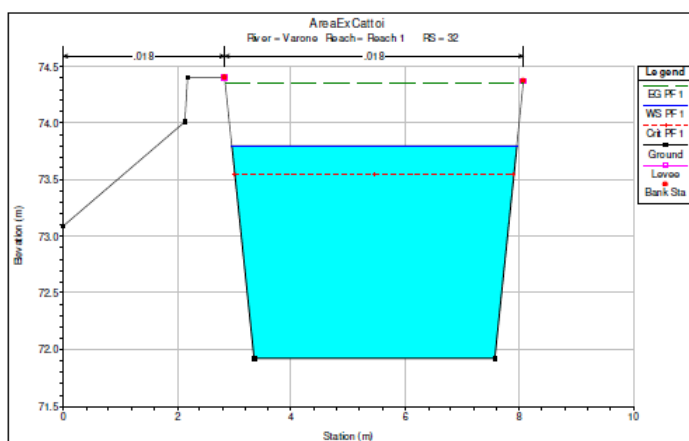
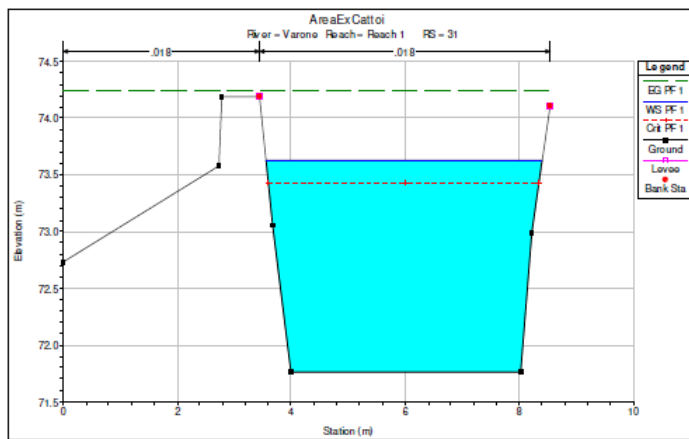
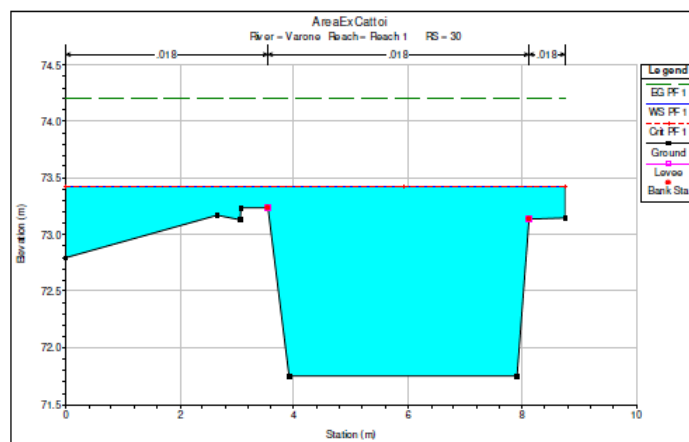
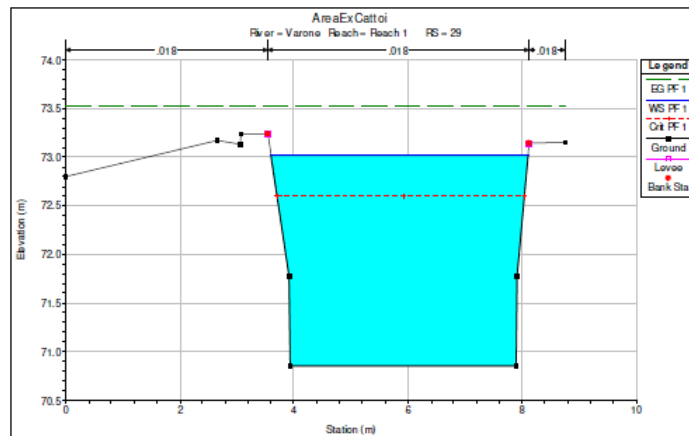


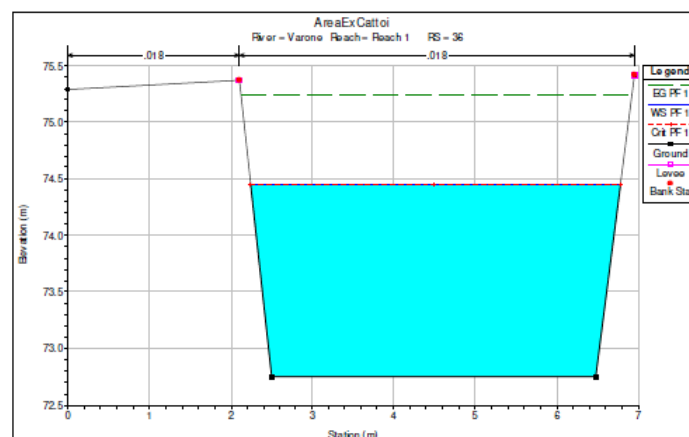
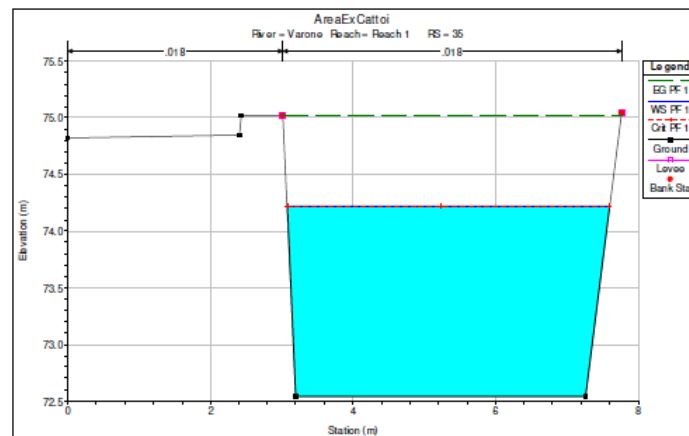
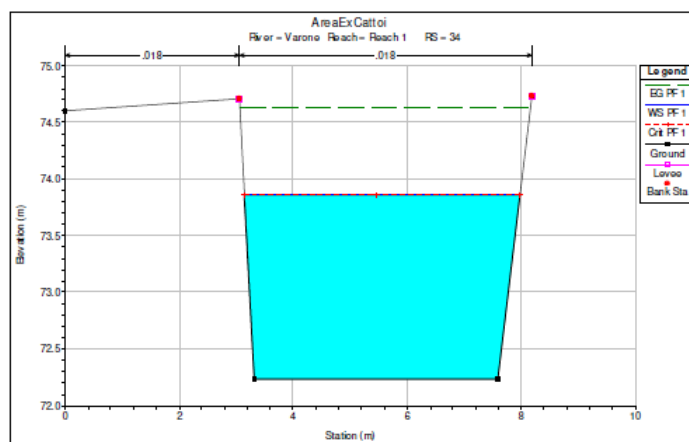
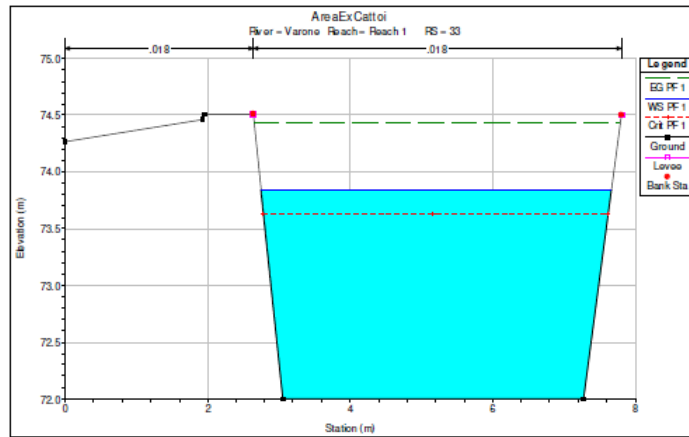


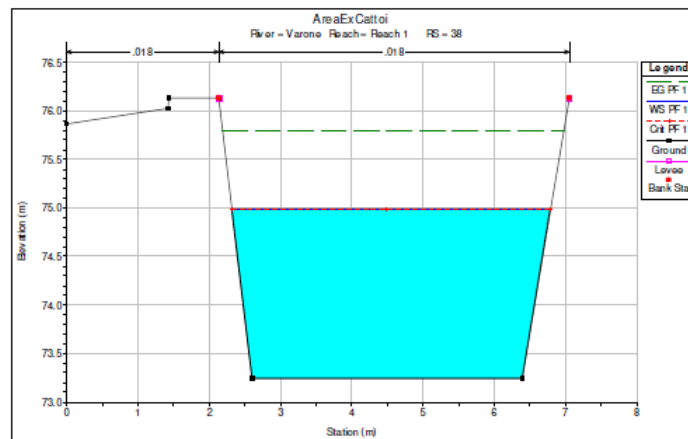
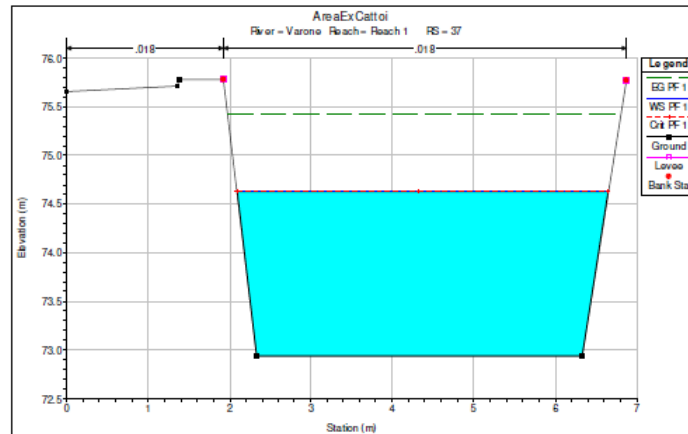












4.1.2 RIO GALANZANA

Per quanto riguarda l'interferenza con il **Rio Galanzana**, si ribadisce che il corso d'acqua corre, nella zona della variante, completamente intubato. Di esso è evidente l'ingresso poco prima dell'attraversamento di Viale Rovereto mentre non si è riusciti in questa fase a identificare con precisione il punto di uscita a lago e le condizioni della tubatura. La parte visibile tra la cartiera e Viale Rovereto presenta un alveo con buone capacità di deflusso come dimostra la situazione a inizio giugno, in corrispondenza di un periodo di intense precipitazioni e quindi di portate rilevanti. In ogni caso non si hanno notizie di episodi esondativi del corso d'acqua in corrispondenza della zona in esame.



4.1.3 LAGO DI GARDA

L'andamento del livello del *Lago di Garda* è, come detto in precedenza, regolato dalla gestione dei deflussi a Salionze e dai dati ufficiali, nel periodo successivo al 1950, il valore massimo raggiunto è stato di + 149 cm dallo zero idrometrico. Si tratta di una quota che non comporta alcun problema per la fascia lago in esame nel suo complesso (vedi ad esempio la foto con pista pedonale che si ubica distante e a quote superiori al valore massimo).



4.1.4 FALDA FREATICA

Importante in zona è l'interferenza/gestione delle acque bianche. Visto l'andamento freatico con la presenza di un corpo acquifero notevole a quote molto prossime al piano campagna e per non apportare ulteriori aggravii alla rete delle acque bianche, è opportuno impermeabilizzare il meno possibile il suolo e quindi utilizzare manti porosi (la pavimentazione permeabile immagazzina l'eccesso di precipitazione sotto la superficie e lo rilascia ad una velocità controllata, o consente una lenta infiltrazione nello strato sotterraneo) e se possibile, mantenere e incrementare le superfici verdi e alberate (anche attraverso coperture a "tetto verde").

Una porzione di quest'area è fortemente urbanizzata con edifici molto vicini, che si affacciano a piccole vie di accesso al lago perpendicolari a V.le Rovereto (vedi foto), in cui è posto il collettore delle acque bianche che spesso fatica a supportare il carico durante le piogge intense.

Il deflusso urbano non dipende solo dall'intensità degli eventi piovosi, ma anche dal grado di permeabilità del suolo e dalle capacità della rete fognaria. Negli ambienti naturali le acque meteoriche vengono dilavate e filtrate lentamente da e attraverso il suolo; nell'ambiente urbano, le superfici impermeabili ostacolano il naturale fenomeno di infiltrazione delle acque e causano un rapido deflusso verso i sistemi recettori finali. In caso di precipitazioni estreme il deflusso eccessivo e la limitata capacità dei recettori possono causare un allagamento temporaneo degli spazi urbani. A causa dei cambiamenti climatici si prevede che gli eventi estremi aumenteranno d'intensità e frequenza esercitando pressione aggiuntiva sui sistemi di drenaggio urbano ed esacerbando la loro inefficienza. Con questa tendenza, l'approccio oggi prevalente può rivelarsi sovente inadeguato (straripamento dei collettori). L'adattamento dei sistemi attuali per adeguarli ai picchi di portata viene spesso considerato una pratica insostenibile dal punto di vista degli investimenti. Tuttavia i benefici di un'inversione di tendenza porteranno alla riduzione complessiva della vulnerabilità delle aree urbane alle inondazioni e la riduzione di malfunzionamenti, inefficienze e interruzioni dei servizi anche in caso di eventi di entità rilevanti. Le misure di adattamento offrono inoltre importanti co-benefici di mitigazione dato che tutte le misure comprensive di vegetazione, contribuiscono all'assorbimento di CO₂: migliorare gli spazi verdi offre habitat per le specie urbane e nuovi spazi per attività ricreative. Le aree verdi possono anche contribuire a ridurre l'inquinamento dell'aria, limitare l'effetto "isola di calore urbana" e altri effetti dei cambiamenti climatici sulla salute.

E' bene quindi, in fase di ripianificazione, mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari di mitigazione.



4.2 MISURE DI MITIGAZIONE

Sulla base di quanto sopra, si propongono di seguito alcune misure di mitigazione da mettere in atto per un utilizzo sicuro dell'area in oggetto.

- ✚ Opere sugli alvei dei torrenti Varone e Albola:
 - ✓ sovrizzo dei muri arginali del T. Albola di circa 20 cm;
 - ✓ verifica ed eventuale riempimento delle buche a valle delle soglie del T. Varone.
- ✚ Accorgimenti progettuali:
 - ✓ bocche di lupo dei piani interrati lievemente rialzate rispetto al piano di campagna circostante;
 - ✓ porte finestre del piano terra ridotte al minimo indispensabile e provviste di uno zocchetto alla base;
 - ✓ recinzioni di confine dotate di muretti continui che fungano da arginelli.
- ✚ Vincoli di rispetto dei divieti previsti nell'articolo 21 comma 3 della Legge provinciale 27 maggio 2008, n° 5 per le aree in tutela, rispetto e protezione di risorse idriche utilizzate.
- ✚ Contenimento o se possibile, riduzione dell'impermeabilizzazione del suolo; mantenimento e auspicabile incremento delle superfici permeabili verdi e/o alberate.



5. CONCLUSIONI

Il presente *STUDIO DI COMPATIBILITÀ PRELIMINARE* viene redatto su incarico del *COMUNE DI RIVA DEL GARDA* ed è riferito alla valutazione complessiva della fascia lago rispetto alla CSP, in fase di pianificazione della variante urbanistica.

Si vuole sottolineare a tale proposito che, eccezion fatta per l'area ex Cattoi (per cui è comunque prevista una riduzione delle edificazioni già contenute nel PFG17 - Piano Cecchetto), tutti gli interventi immaginati nella zona della fascia lago dalla variante in esame sono di mantenimento della situazione attuale o di riduzione del carico strutturale/antropico (riduzione dei parcheggi Campo calcio e Porto S. Nicolò e dei volumi nel compendio ex Colonia Miralago).

Sulla base di quanto contenuto nei precedenti paragrafi si esprime la compatibilità preliminare tra la situazione locale di pericolo individuata e la pianificazione proposta. Essa è naturalmente subordinata alla puntuale e corretta realizzazione delle opere di mitigazione indicate nella presente e di quelle derivanti dagli studi puntuali e di adeguato livello necessari per i singoli interventi.

Arco, giugno 2024

dott. geol. Emanuela Cretti





COMUNE DI RIVA DEL GARDA
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



TRENTINO TRASPORTI S.p.A.

**STUDIO DI COMPATIBILITÀ
REDATTO IN FASE DI PIANIFICAZIONE
CON PARTICOLARE RIGUARDO AGLI ASPETTI
DI INTERFERENZA IDRAULICA**

COMM	PROT.	DOC.	REV.	DESCRIZIONE	EMESSO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
1547	SC	R01	0	Emissione	RVO	RVO	FRR	29/05/2024



Il sistema di Gestione Qualità di I.C. Srl è certificato da Kiwa Cermet Italia Spa secondo ISO 9001:2015
Certificato n°16771-A del 28/03/2018, scadenza 27/03/2027



SOMMARIO

1	PREMESSA	2
1.1	PIANO REGOLATORE GENERALE	2
1.2	CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ	3
2	ANALISI IDROLOGICA	6
2.1	CARATTERISTICHE DEL BACINO SOTTESO	6
2.2	LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	8
2.3	MODELLAZIONE IDROLOGICA	10
2.4	VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA	11
3	MODELLAZIONE IDRAULICA	13
3.1	METODO DI CALCOLO	13
3.2	SEZIONI TRASVERSALI	14
3.3	CONDIZIONI INIZIALI	16
3.4	CONDIZIONI AL CONTORNO	16
3.5	RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO	16
4	CONCLUSIONI	29



NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- [1] Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5 “Approvazione del nuovo Piano urbanistico provinciale”.
- [2] Legge Provinciale 4 agosto 2015, n. 15 “Legge provinciale per il governo del territorio”.
- [3] Decreto del Presidente della Provincia 19 maggio 2017, n. 8-61/Leg. “Regolamento urbanistico-edilizio provinciale in esecuzione della Legge Provinciale 4 agosto 2015, n. 15”.
- [4] Legge Provinciale 8 luglio 1976, n. 18 “Norme in materia di acque pubbliche, opere idrauliche, e relativi servizi provinciali”
- [5] Decreto del Presidente della Provincia 20 settembre 2013, n. 22-124/Leg. “Regolamento di attuazione del capo I della legge provinciale 8 luglio 1976, n. 18 (legge provinciale sulle acque pubbliche) in materia di demanio idrico provinciale”.
- [6] Legge Provinciale 23 maggio 2007, n. 11 “Governo del territorio forestale e montano, dei corsi d’acqua e delle aree protette”.
- [7] Deliberazione della Giunta Provinciale n. 1317 del 4 settembre 2020 e s.m.
- [8] Deliberazione della Giunta Provinciale n. 379 del 18 marzo 2022.
- [9] “Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche della Provincia Autonoma di Trento”, redatto ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica 22 marzo 1974, n. 381 e ss.mm.ii. e reso esecutivo con il Decreto del Presidente della Repubblica del 15 febbraio 2006.
- [10] “Analisi del regime delle piogge intense per la Provincia Autonoma di Trento”, Associazione Italiana di idronomia, Aprile 2011.

1 PREMESSA

Il presente studio di compatibilità redatto in fase di pianificazione ai sensi della normativa di riferimento, come specificato al punto 8.3 “Approvazione degli strumenti urbanistici” della Delibera della Giunta Provinciale n. 379 del 18 marzo 2022, analizza la pericolosità gravante sul sito di interesse e valuta la compatibilità della destinazione di progetto con le criticità riscontrate.

La verifica di coerenza con il Piano urbanistico provinciale, approvato con la L.P. 27 maggio 2008, n. 5 ed entrato in vigore il 26 giugno 2008, interessa l’area denominata “San Cassiano”, nel settore nord-ovest dell’abitato di Riva del Garda, adiacente al tracciato del torrente Albola.



Figura 1-1: Ortofoto dell’abitato di Riva del Garda con indicazione del settore di interesse, in cui il torrente Albola scorre in adiacenza all’area “San Cassiano”.

La variante n. 17 al Piano Regolatore Generale di Riva del Garda introduce, in luogo di un’area agricola locale, una destinazione a servizi di tipo civile amministrativo al fine di ospitare le attrezzature complementari alla stazione delle autocorriere di Trentino Trasporti. Per la risoluzione delle problematiche che interessano l’attuale autostazione, in ragione della presenza di deposito e officina mezzi in un contesto residenziale, la variante propone la rilocalizzazione di tali funzioni nell’area San Cassiano.

1.1 Piano Regolatore Generale

Dall’analisi degli elaborati grafici e della documentazione relativa al Piano Regolatore Generale vigente nel comune di Riva del Garda (in particolare la tavola grafica n. PR04 recante titolo “AZZONAMENTO SISTEMA

INSEDIATIVO – PRODUTTIVO (B)”) viene riscontrato che l’area “San Cassiano” viene classificata come “ZONA E4 AGRICOLA LOCALE (IV)”. Di seguito si riporta un estratto di tale elaborato grafico.

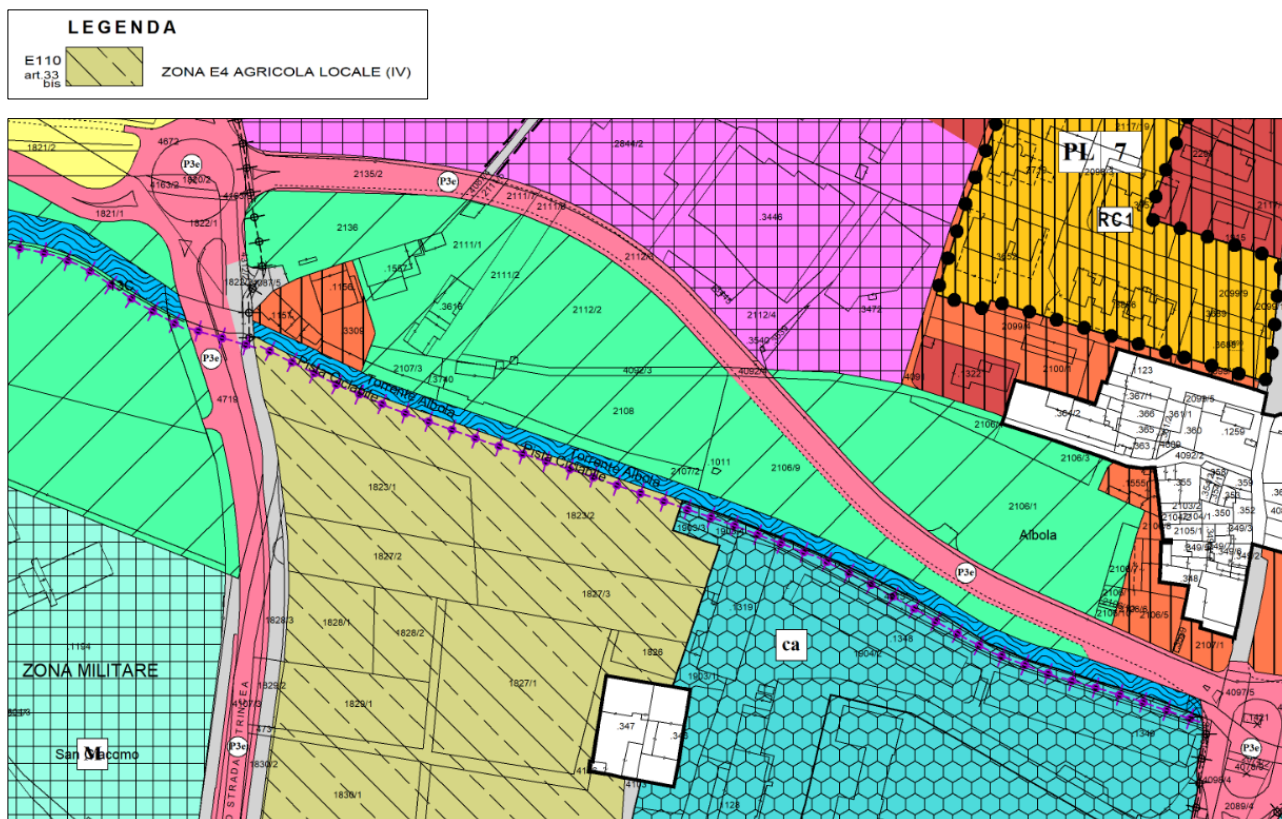


Figura 1-2: Estratto della tavola n. PR04 del Piano Regolatore Generale vigente nell’area di interesse (agosto 2022).

1.2 Carta di Sintesi della Pericolosità

La Carta di Sintesi della Pericolosità è uno degli elementi costituenti il Piano Urbanistico Provinciale PUP (comma 4, lettera d, dell'articolo 21 della Legge Provinciale 4 agosto 2015, n. 15 e comma 1 dall'articolo 3 della Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5) e ha il compito di individuare le aree caratterizzate da diversi gradi di penalità ai fini dell'uso del suolo, in ragione della presenza dei pericoli idrogeologici, valanghivi, sismici e d'incendio boschivo, descritti nelle Carte della Pericolosità (articolo 10 della Legge Provinciale 1 luglio 2011, n. 9 e articolo 14 dalle Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5).

In materia di pericolo, la Carta di Sintesi della Pericolosità rappresenta lo strumento di riferimento per la pianificazione urbanistica e con la sua entrata in vigore cessano di applicarsi le disposizioni della Carta di sintesi geologica e le disposizioni in materia di uso del suolo del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (comma 2, art. 22 della L.P. 4 agosto 2015, n. 15).

Con Deliberazione n. 1078 del 19 luglio 2019 la Giunta Provinciale ha approvato l'ultima versione delle “Disposizioni tecniche per la redazione della Carta di Sintesi della Pericolosità”. Esse, in coerenza con quanto previsto

dall'articolo 14 della Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5, stabiliscono, a partire dalle differenti Carte della Pericolosità, le disposizioni tecniche e la metodologia per la redazione della Carta di Sintesi della Pericolosità e le procedure per l'identificazione delle aree caratterizzate da diversi gradi di penalità, nonché dagli ambiti fluviali di interesse idraulico del Piano Generale per l'Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP).

La Giunta Provinciale con Deliberazione n. 1317 del 4 settembre 2020 ha approvato la Carta di Sintesi della Pericolosità su tutto il territorio provinciale, comprensiva del primo aggiornamento dello stralcio relativo ai territori del Comune di Trento e dei Comuni di Aldeno, Cimone, Garniga Terme, del Comune di Caldonazzo e territorio dei comuni compresi nella Comunità Rotaliana-Königsberg.

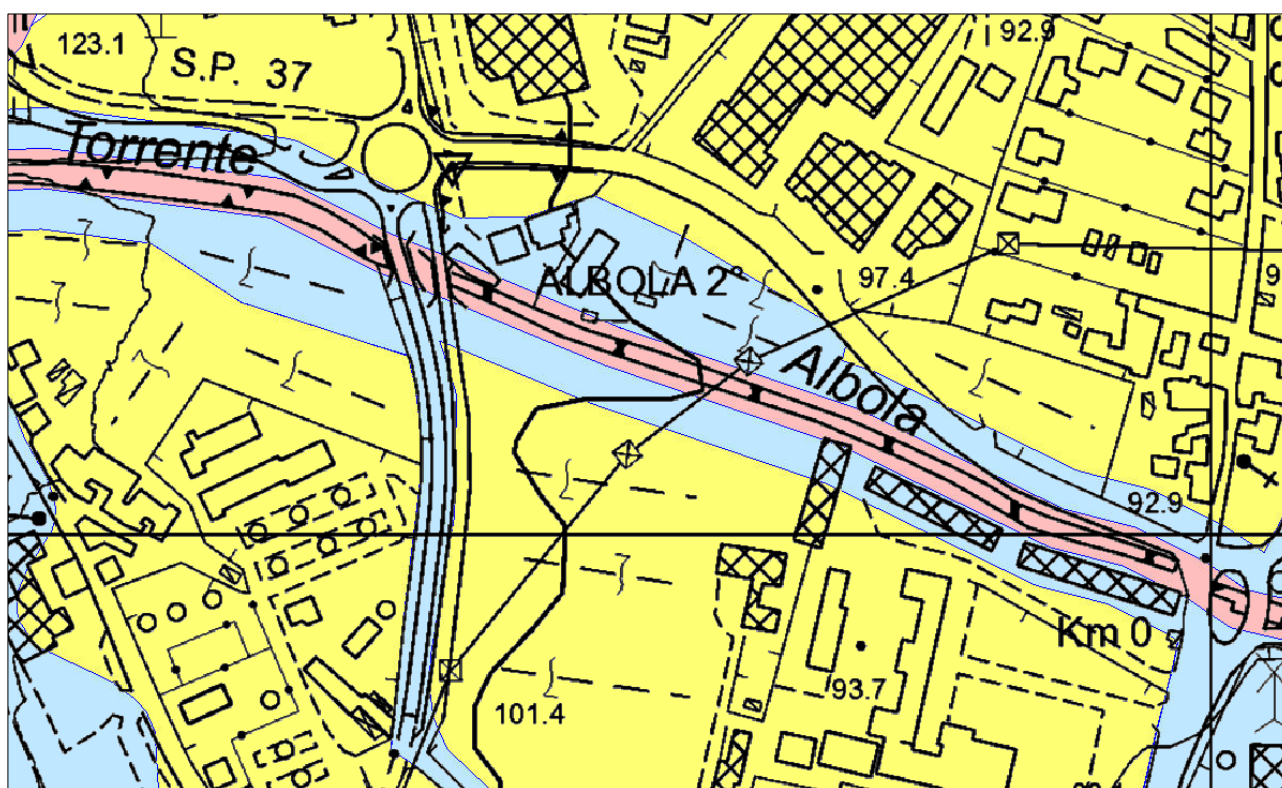


Figura 1-3: Estratto della Carta di Sintesi della Pericolosità nell'area oggetto dello studio di compatibilità, in sovrapposizione alla Carta Tecnica Provinciale in vigore.

La Carta di Sintesi della Pericolosità, sulla base della classificazione della pericolosità generata dai pericoli idrogeologici, sismico, e d'incendio boschivo contenuta nelle Carte della Pericolosità (art. 10 della L.P. 1 luglio 2011, n. 9), individua diversi tipi di penalità che possono essere distinte in due gruppi, quelle ordinarie (elevata, media e bassa) e quelle di altro tipo (residua, aree da approfondire, trascurabile, ecc.). Nelle aree con penalità ordinarie l'uso del suolo è disciplinato dagli artt. 15, 16 e 17 delle Norme di Attuazione del PUP mentre per gli altri tipi di penalità si fa riferimento all'art. 18, in base al quale sono individuate anche alcune tutele speciali. Ai sensi dell'articolo 14 della Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5 la Carta di Sintesi della Pericolosità riporta anche gli "Ambiti fluviali di interesse idraulico" previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche.

Nella Figura 1-3 si riporta un estratto della Carta di Sintesi della Pericolosità dell'area oggetto di studio con relativa legenda (Figura 1-4); la base cartografica di contestualizzazione della Carta di Sintesi della Pericolosità è costituita dalla Carta Tecnica Provinciale in vigore.

Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'		
Classi di Penalità		
Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)		
penalità ordinarie		
	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17
altri tipi di penalità		
	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18
tutele speciali		
	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	

Figura 1-4: Legenda della Carta di Sintesi della Pericolosità.

Dall'analisi della Carta di Sintesi della Pericolosità nel settore di interesse, oggetto del presente studio di compatibilità, emergono i seguenti aspetti:

- l'alveo del torrente Albola viene classificato come area a penalità P4 - elevata;
- la fascia di terreno sulla destra idrografica del torrente Albola all'interno dell'area San Cassiano, di larghezza pari a 20 m circa, viene classificata come area a penalità P3 - media;
- la parte rimanente dell'area oggetto di studio viene classificata come area a penalità P2 - bassa.

2 ANALISI IDROLOGICA

Di seguito si riportano le caratteristiche generali del bacino idrografico del torrente Albola sotteso all'area di interesse, nonché la portata di progetto per la verifica di compatibilità idraulica calcolata attraverso la modellazione idrologica con il software AdB-Toolbox, un applicativo GIS Open Source sviluppato per conto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

2.1 Caratteristiche del bacino sotteso

Considerando come sezione di chiusura del bacino idrografico la sezione in cui è attualmente presente il ponte della pista ciclabile in prossimità della rotatoria tra la Strada Statale 240 di Loppio e di Val di Ledro, via Marone e lo svincolo di accesso alla Galleria "Monte Elvo", nell'area nord-occidentale dell'abitato di Riva del Garda, il torrente Albola sottende un bacino imbrifero pari a circa 16,75 km².

Tabella 2-1: Parametri morfometrici principali relativi al bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura

Sezione di chiusura (WGS 84)		Superficie	Quota minima	Quota massima	Quota media	Pendenza media
Coord. Est	Coord. Nord	[km ²]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[°]
642590,58	5084139,87	16,75	100,38	2099,28	1155,11	34,60

Di seguito si riportano alcune rappresentazioni grafiche per una identificazione generale delle caratteristiche idro-geomorfologiche del bacino idrografico sotteso al tratto di interesse del torrente Albola.

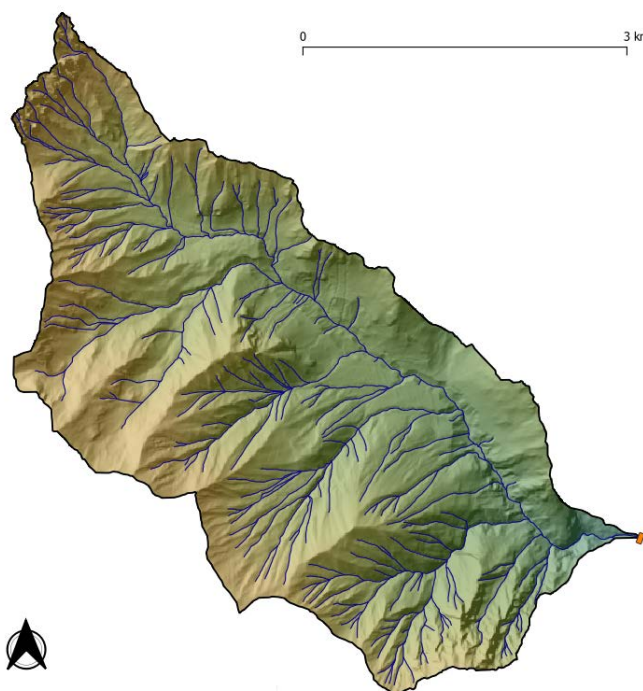


Figura 2-1: Rappresentazione del modello digitale del terreno (con risoluzione a 10 m) del bacino del torrente Albola.

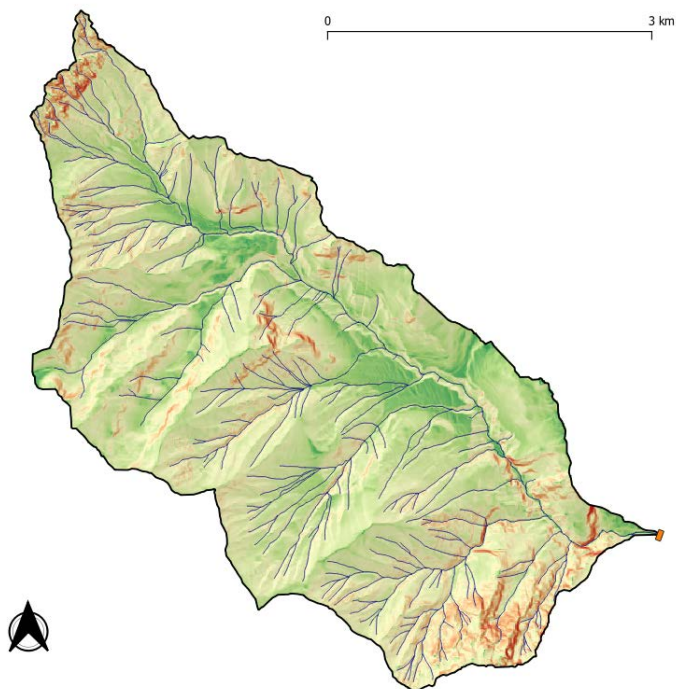


Figura 2-2: Carta delle pendenze del bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura.

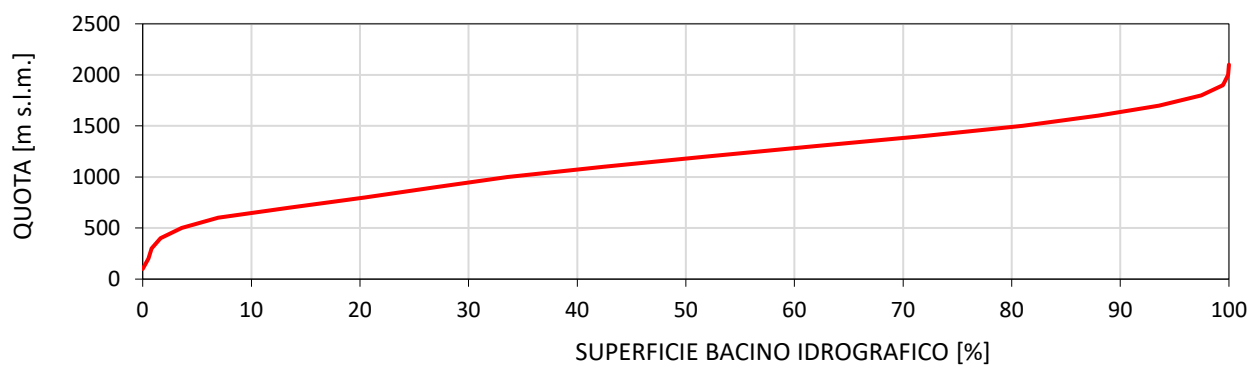


Figura 2-3: Curva ipsometrica del bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura.

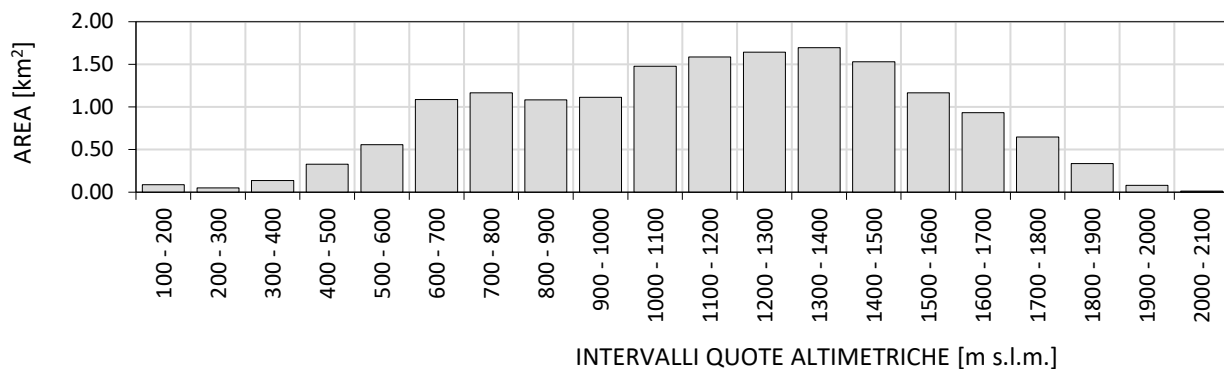


Figura 2-4: Grafico della distribuzione delle quote del bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura.

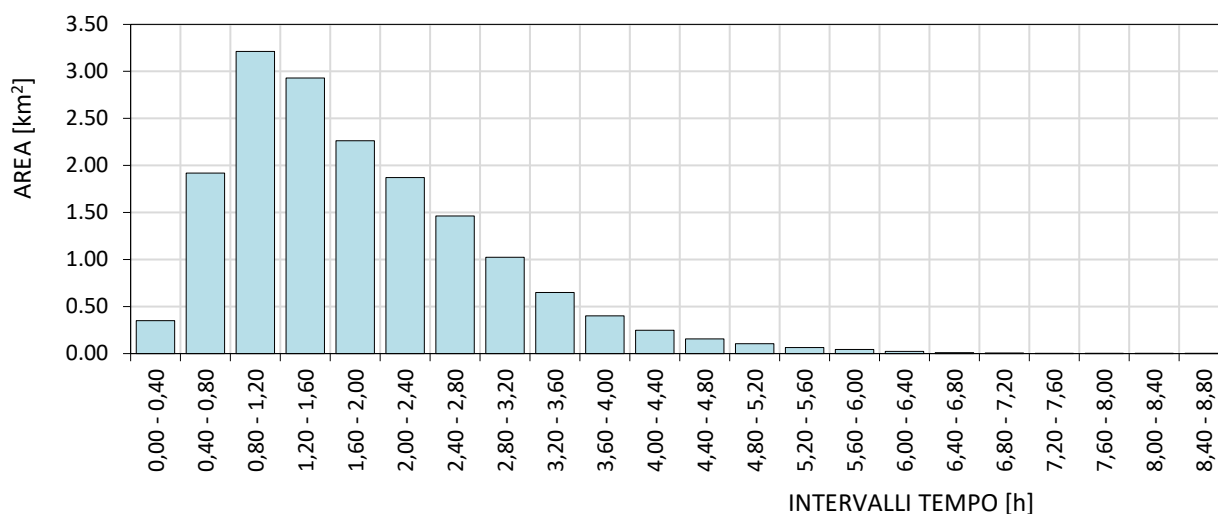


Figura 2-5: Grafico dei tempi di corrivazione del bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura.

2.2 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

Per la stima dei parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica si è fatto riferimento allo studio “Analisi del regime delle piogge intense per la Provincia Autonoma di Trento” eseguito dall’Associazione Italiana di idronomia e PAT per l’Ufficio Pianificazione e Rilevazioni Idriche della Provincia Autonoma di Trento, redatto nell’Aprile 2011. Lo studio è stato eseguito al fine di pervenire, tramite l’analisi statistica dei valori massimi annuali di precipitazione di diversa durata, alla valutazione su base regionale delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per il territorio della Provincia Autonoma di Trento. Le procedure di analisi sono state applicate sulla base dei valori massimi annuali di precipitazione di breve durata registrati tra il 1923 ed il 2011 in 62 stazioni pluviografiche ubicate nel territorio provinciale. Dette 62 stazioni sono quelle caratterizzate da numerosità campionaria almeno pari a 15 anni per tutte le durate comprese nell’intervallo 1h-24h, onde garantire una buona robustezza delle stime.

I prodotti dell’elaborazione sono stati resi disponibili agli utenti tramite supporto informatico georeferenziato informatico. La disponibilità delle stime spazialmente distribuite dei parametri costituenti le linee segnalatrici consente il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica rappresentative valide per un assegnato bacino idrografico, tramite il calcolo delle medie areali dei tre parametri necessario per la costruzione delle linee segnalatrici.

Il modello AdB-Toolbox, una volta estratta la sezione di chiusura, ricava automaticamente i valori dei parametri a e n delle linee di possibilità pluviometrica per il bacino idrografico sotteso, rappresentate secondo la classica relazione

$$h = a t^n \quad (2.1)$$

in cui h è l’altezza di precipitazione (in millimetri) e t è la durata dell’evento di precipitazione (in ore); i valori ottenuti sono riportati di seguito nella Tabella 2-2 e nella Tabella 2-3 e rappresentati graficamente nella Figura 2-6.

Tabella 2-2: Parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica relativi al bacino del torrente Albola.

Parametro <i>a</i>									Parametro <i>n</i>	
Tempo di ritorno [anni]									Durata precipitazione	
2	5	10	20	30	50	100	200	300	< 1h	> 1h
21,1	26,7	30,4	33,9	36,0	38,5	42,0	45,4	47,4	0,37	0,36

Tabella 2-3: Altezze di precipitazione (in mm) per eventi di diversa durata e tempo di ritorno.

Durata [h]	Tempo di ritorno [anni]								
	2	5	10	20	30	50	100	200	300
0,25	12,7	16,1	18,3	20,4	21,7	23,2	25,3	27,3	28,6
0,50	16,4	20,7	23,6	26,3	27,9	29,9	32,6	35,2	36,8
0,75	19,0	24,0	27,4	30,5	32,4	34,7	37,8	40,9	42,7
1,00	21,1	26,7	30,4	33,9	36,0	38,5	42,0	45,4	47,4
2,00	27,0	34,1	38,9	43,4	46,0	49,3	53,7	58,1	60,7
3,00	31,2	39,4	44,9	50,2	53,2	56,9	62,0	67,1	70,1
4,00	34,5	43,7	49,7	55,6	58,9	63,1	68,7	74,3	77,6
5,00	37,4	47,3	53,8	60,1	63,8	68,3	74,4	80,5	84,0
6,00	39,9	50,4	57,4	64,2	68,0	72,9	79,4	85,9	89,6
7,00	42,1	53,3	60,7	67,8	71,9	77,0	83,8	90,7	94,7
8,00	44,2	55,9	63,6	71,1	75,3	80,7	87,9	95,1	99,3
9,00	46,1	58,3	66,4	74,1	78,6	84,1	91,7	99,2	103,5
10,00	47,8	60,5	68,9	76,9	81,6	87,4	95,2	103,0	107,5
11,00	49,5	62,6	71,3	79,6	84,4	90,4	98,4	106,5	111,2
12,00	51,0	64,5	73,5	82,1	87,0	93,2	101,5	109,8	114,7
13,00	52,5	66,4	75,6	84,5	89,5	95,9	104,5	113,0	118,0
14,00	53,9	68,2	77,6	86,7	91,9	98,5	107,3	116,0	121,2
15,00	55,2	69,9	79,6	88,9	94,2	100,9	109,9	118,9	124,2
16,00	56,5	71,5	81,4	90,9	96,4	103,2	112,5	121,7	127,0
17,00	57,7	73,0	83,2	92,9	98,5	105,5	114,9	124,3	129,8
18,00	58,9	74,5	84,9	94,8	100,5	107,7	117,3	126,9	132,5
19,00	60,1	76,0	86,5	96,6	102,5	109,7	119,6	129,3	135,0
20,00	61,2	77,4	88,1	98,4	104,4	111,8	121,8	131,7	137,5
21,00	62,2	78,7	89,7	100,1	106,2	113,7	123,9	134,0	139,9
22,00	63,3	80,1	91,2	101,8	108,0	115,6	126,0	136,3	142,3
23,00	64,3	81,3	92,6	103,4	109,7	117,5	128,0	138,4	144,5
24,00	65,3	82,6	94,0	105,0	111,3	119,2	129,9	140,5	146,7

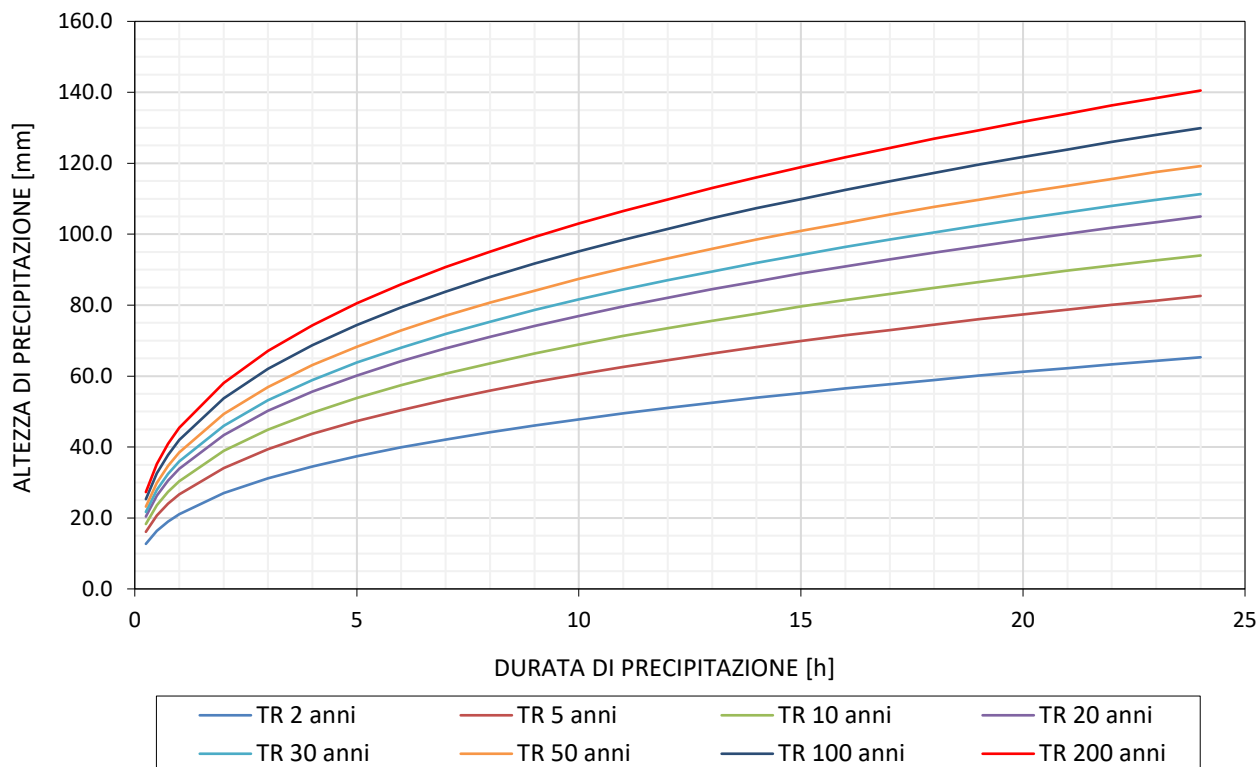


Figura 2-6: Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per il bacino idrografico del torrente Albola.

2.3 Modellazione idrologica

La risposta idrologica del bacino e la conseguente portata di progetto sono stati determinati tramite l'applicazione del modello afflussi-deflussi implementato nel programma AdB-ToolBox, basato sull'applicazione del metodo SCS distribuito.

Il metodo consiste nell'applicazione di un'equazione per il calcolo della pioggia efficace (corrispondente al volume di deflusso diretto) di tipo non lineare, che poi viene applicata in modo distribuito sul bacino; in tal modo si riesce a riprodurre la realtà più da vicino, in quanto si tiene conto della possibilità che vi siano alcune zone del bacino con valori elevati del CN (ad esempio rocce affioranti, aree urbanizzate, ...) che producono deflusso elevato anche per valori molto piccoli della precipitazione.

La propagazione del deflusso originato su ogni singola areola del bacino (nel caso in esame, una cella raster di dimensioni 10 × 10 m) avviene in modo cinematico, sulla base dei percorsi ricavati dalla mappa dell'area drenata di derivazione morfologica. È evidente che il tempo di propagazione è funzione sia della distanza che della velocità. Fissata la prima dalla geometria del bacino e dei percorsi, la seconda potrebbe essere influenzata da numerosi fattori quali il tipo di moto, la pendenza del tirante idrico, la scabrezza. I parametri cinematici che regolano il fenomeno di propagazione sono rappresentati dalla velocità media di deflusso nella rete e dalla velocità media di deflusso sul versante.

Di seguito si riportano idrogramma di piena e ietogramma relativi al bacino idrografico del torrente Albola per un evento di precipitazione con tempo di ritorno pari a 200 anni.

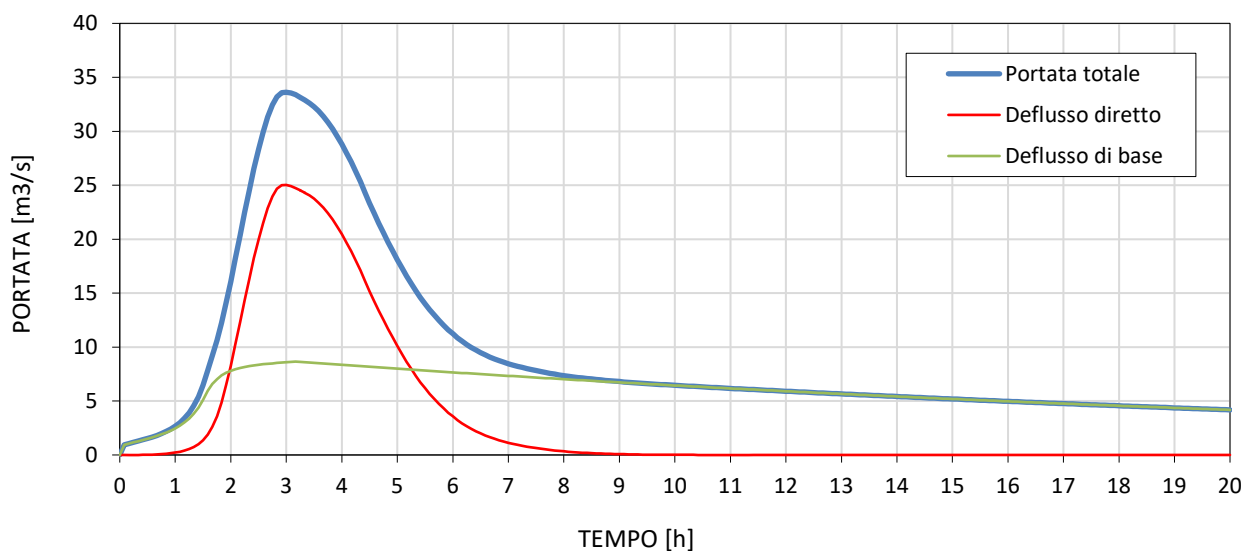


Figura 2-7: Idrogramma di piena alla sezione di chiusura del bacino del torrente Albola (tempo di ritorno 200 anni).

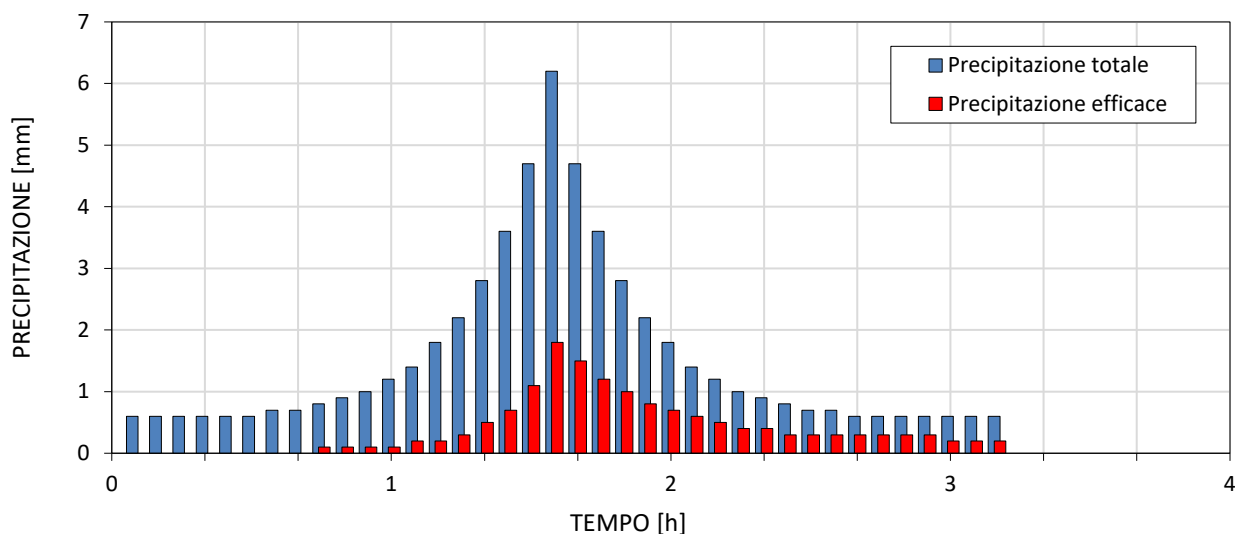


Figura 2-8: Ietogramma di progetto relativo al bacino del torrente Albola (tempo di ritorno 200 anni).

2.4 Valutazione della portata di piena

Per la definizione del valore della portata di progetto (associata ad un evento con tempo di ritorno pari a 200 anni) viene considerato il valore di picco individuato nell'idrogramma di piena fornito in output dal software per la modellazione idrologica, pari a 33,62 m³/s.

Per tenere in conto della componente aggiuntiva di trasporto solido, nella modellazione idraulica viene considerata cautelativamente una portata maggiorata del 10%, vale a dire pari a 36,98 m³/s. Tale aumento della

portata in arrivo (associato alla presenza di trasporto solido) appare ragionevole in relazione alla presenza di una piazza di deposito, realizzata nell'anno 2009 e avente volume di invaso stimato pari a 3'000 m³, ubicata circa 100 m a monte della sezione di chiusura utilizzata per l'analisi idrologica. Ipotizzando una condizione di perfetta manutenzione di tale manufatto idraulico, si può assumere che i sedimenti più grossolani vengano intercettati dalla piazza di deposito e che nel tratto del torrente Albola oggetto dell'analisi idraulica transitino solamente i sedimenti più fini.

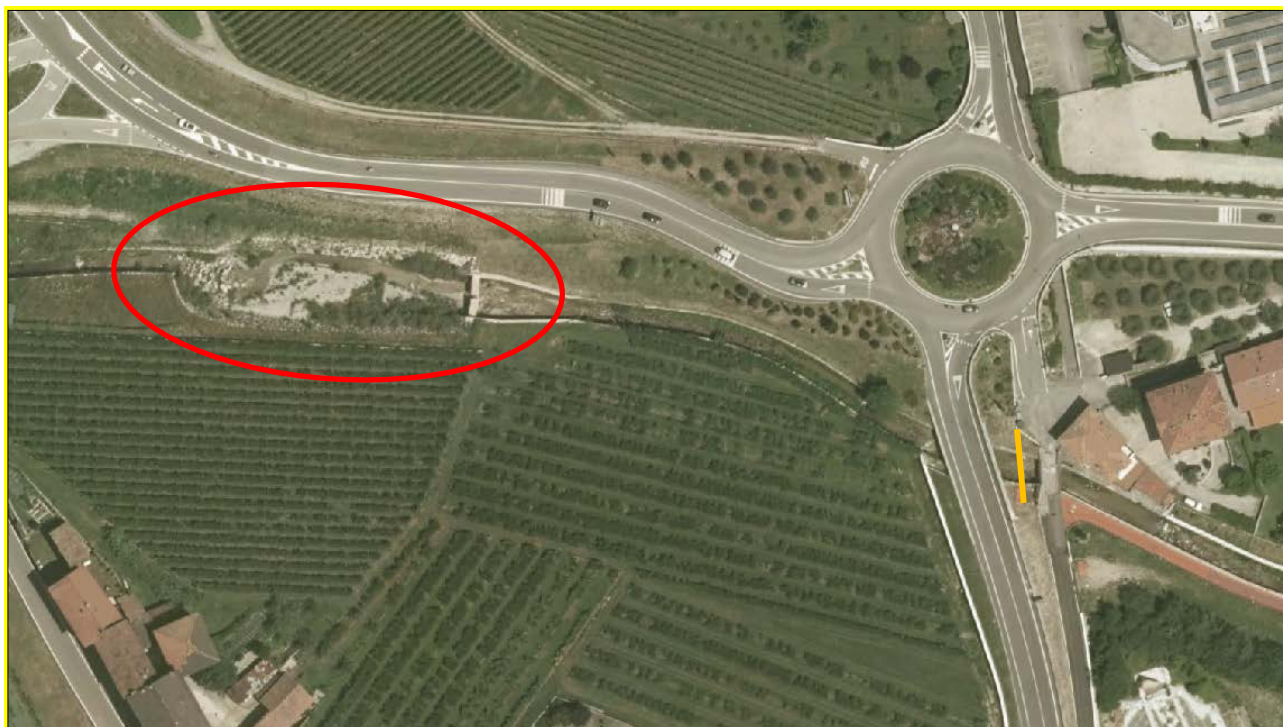


Figura 2-9: Ortofoto con indicazione della localizzazione della sezione di chiusura del bacino idrografico del torrente Albola utilizzata per la stima della portata di progetto per la verifica di compatibilità dell'area San Cassiano (in arancio) e della piazza di deposito presente immediatamente a monte (in rosso).

3 MODELLAZIONE IDRAULICA

3.1 Metodo di calcolo

La verifica idraulica del tratto del torrente Albola in corrispondenza dell'area denominata "San Cassiano" è stata condotta attraverso il calcolo dei profili di moto stazionario monodimensionale, con portata costante e geometria dell'alveo variabile, eseguito con l'ausilio del programma di calcolo numerico HEC-RAS (versione 6,3,1), sviluppato dall'*Hydrologic Engineering Center* dell'*U.S. Army Corps of Engineers*. L'utilizzo di questo modello prevede l'inserimento della portata di piena di progetto associata al tempo di ritorno di 200 anni $Q_{200} = 36,98 \text{ m}^3/\text{s}$ nella sezione più a monte (sezione 19) per tutta la durata della simulazione. Come già riportato in precedenza, tale valore fa riferimento alla portata di picco individuata nell'idrogramma di piena associato ad un evento con T_R 200 anni, maggiorata del 10% per tenere in considerazione il trasporto solido.

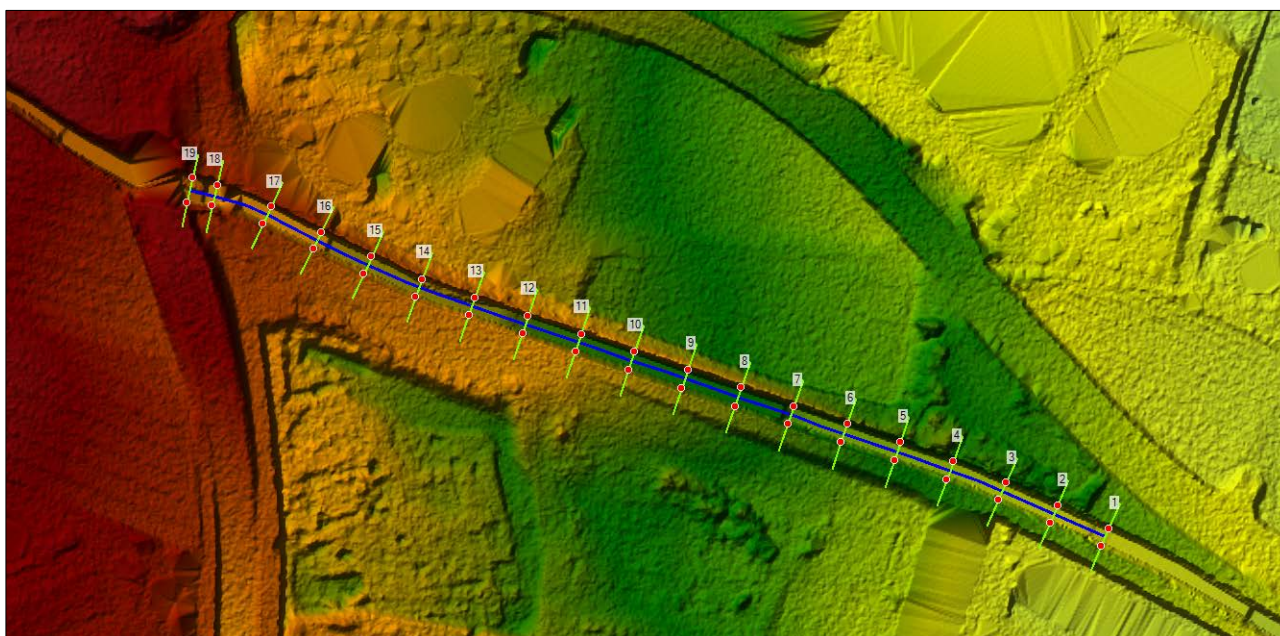


Figura 3-1: Rappresentazione planimetrica del tratto di torrente Albola oggetto della modellazione idraulica.

Tale programma richiede l'elaborazione di un modello del tratto di fiume oggetto di studio; nel caso in esame il tratto considerato nella modellazione idraulica del torrente Albola si estende per una lunghezza complessiva di circa 260 m nel tratto adiacente all'area denominata "San Cassiano", immediatamente a valle del ponte sulla pista ciclabile in prossimità della rotatoria tra la SS 240, via Marone e la bretella per l'accesso alla galleria "Monte Elvo". Dal punto di vista morfologico, il tratto presenta alcuni tratti a pendenza circa uniforme intervallati da alcune briglie ed è caratterizzato da una geometria piuttosto omogenea per la presenza di arginature verticali in muratura.

I dati necessari per lo sviluppo della modellazione idraulica del corso d'acqua con HEC-RAS sono:

- caratteristiche geometriche ed idrauliche delle sezioni trasversali (forma e dimensioni, interasse tra due sezioni successive, coefficienti di scabrezza, ...);

- valore della portata di progetto;
- condizioni al contorno.

Nella Figura 3-1 è riportata la rappresentazione del tratto di torrente Albola oggetto di studio nella configurazione attuale, con la definizione delle sezioni trasversali.

3.2 Sezioni trasversali

Le caratteristiche geometriche delle sezioni trasversali utilizzate per il calcolo dei profili di moto permanente in condizione post intervento sono state ricavate a partire da un rilievo topografico effettuato nel torrente Albola nel mese di maggio 2024 nel tratto di interesse presso l'area "San Cassiano".

In totale sono state individuate n. 19 sezioni trasversali lungo il corso d'acqua. La distanza interasse tra sezioni trasversali successive del modello nel tratto di interesse è stata definita pari a 15 m. Le distanze progressive e parziali associate a ciascuna sezione sono riportate nella Tabella 3-1.

Tabella 3-1: Distanze parziali e progressive (rispetto alla sezione di valle) utilizzate nella modellazione.

SEZIONE	PROGRESSIVA	DISTANZE PARZIALI
1	0,00 m	-
2	15,00 m	15,00 m
3	30,00 m	15,00 m
4	45,00 m	15,00 m
5	60,00 m	15,00 m
6	75,00 m	15,00 m
7	90,00 m	15,00 m
8	105,00 m	15,00 m
9	120,00 m	15,00 m
10	135,00 m	15,00 m
11	150,00 m	15,00 m
12	165,00 m	15,00 m
13	180,00 m	15,00 m
14	195,00 m	15,00 m
15	210,00 m	15,00 m
16	225,00 m	15,00 m
17	240,00 m	15,00 m
18	255,00 m	15,00 m
19	261,70 m	6,70 m

Per quanto riguarda le caratteristiche idrauliche delle sezioni, esse presentano una scabrezza uniforme sull'intera sezione; per il calcolo dei profili di moto permanente è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza con riferimento ai valori dei coefficienti di Gauckler-Strickler K_s proposti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche della Provincia Autonoma di Trento, riportati in Tabella 3-2.

Tabella 3-2: Valori del coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler per diverse tipologie di corsi d'acqua. Tabella V.3.9, Parte V del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche della Provincia Autonoma di Trento.

Tipologia del corso d'acqua	$k_s = 1/n \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$
Corsi d'acqua minori (raggio idraulico ≈ 2 m; larghezza in piena < 30 m)	
Corsi d'acqua di pianura	
• alvei con fondo compatto, senza irregolarità	45 ÷ 40
• alvei regolari con vegetazione erbacea	30 ÷ 35
• alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25 ÷ 30
• alvei fortemente irregolari	25 ÷ 15
Torrenti montani	
• fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi	30 ÷ 25
• alveo in roccia regolare	30 ÷ 25
• fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	20 ÷ 15
• alveo in roccia irregolare	20 ÷ 15
Corsi d'acqua maggiori (raggio idraulico ≈ 4 m; larghezza in piena > 30 m)	
• sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	45 ÷ 40
• sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	25 ÷ 30
• sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	35
• in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20 ÷ 25
Aree golenali (raggio idraulico ≈ 1 m)	
• a pascolo, senza vegetazione arbustiva	40 ÷ 20
• coltivate	50 ÷ 20
• con vegetazione arbustiva spontanea	25 ÷ 10
• con vegetazione arborea coltivata	30 ÷ 20
Alveo in terra	
• materiale compatto, liscio	60
• sabbia compatta, con argilla o pietrisco	50
• sabbia e ghiaia, scarpata lastricata	50 ÷ 45
• ghiaietto 10-30 mm	45
• ghiaia media 20-60 mm	40
• ghiaia grossa 50-150 mm	35
• limo in zolle	30
• grosse pietre	30 ÷ 25
• sabbia, limo o ghiaia, con forte rivestimento	25 ÷ 20
• con lavorazione media	25 ÷ 20
• con lavorazione grossolana	20 ÷ 15
Alveo in muratura	
• muratura in pietra da taglio	80 ÷ 70
• muratura accurata in pietra da cava	70
• muratura normale in pietra da cava	60
• pietre grossolanamente squadrate	50
• scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia	50 ÷ 45
Alveo in calcestruzzo	
• pavimentazione in cemento	100
• calcestruzzo con casseforme metalliche	100 ÷ 90
• calcestruzzo con intonaco	95 ÷ 90
• calcestruzzo liscio	90
• intonaco di cemento intatto	90 ÷ 80
• calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco	70 ÷ 65
• calcestruzzo costipato, superficie liscia	65 ÷ 60
• calcestruzzo vecchio, superficie pulita	60
• rivestimento in calcestruzzo ruvido	55
• superfici irregolari in calcestruzzo	50

In particolare, è stato considerato un coefficiente K_s pari a $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (a cui corrisponde un coefficiente di Manning pari a $0,020 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$), valore tipico per alvei in muratura caratterizzati da scarpate lastricate e fondo in sabbia e ghiaia. Di seguito si riporta una fotografia dell'alveo del torrente Albola nel tratto oggetto della modellazione.



Figura 3-2: Alveo del torrente Albola in corrispondenza del ponte sulla pista ciclabile (fotografia 20 maggio 2024).

Le variazioni geometriche delle sezioni del corso d'acqua lungo il suo asse vengono tenute in conto all'interno del modello HEC-RAS con l'inserimento di opportuni valori dei coefficienti di contrazione e di espansione nelle sezioni trasversali.

3.3 Condizioni iniziali

Per quanto riguarda le condizioni iniziali, esse consistono nel valore della portata in ingresso. La portata di riferimento avente tempo di ritorno di 200 anni viene considerata pari a $36,98 \text{ m}^3/\text{s}$ per la sezione di ingresso alla zona di interesse.

3.4 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno di monte e valle sono state poste pari all'altezza di moto uniforme, considerando la pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo dell'alveo nel tratto di monte (definita pari al 5,5%) e nel tratto di valle (2,5%). Il modello è stato esteso a monte e a valle in modo sufficiente da ridurre al minimo gli effetti delle condizioni al contorno imposte.

3.5 Risultati del modello idraulico

In Figura 3-3 è riportata l'ortofoto del tratto di torrente Albola interessato dalla modellazione idraulica all'interno del programma di calcolo dei profili di moto, con l'indicazione delle sezioni trasversali inserite in HEC-RAS.

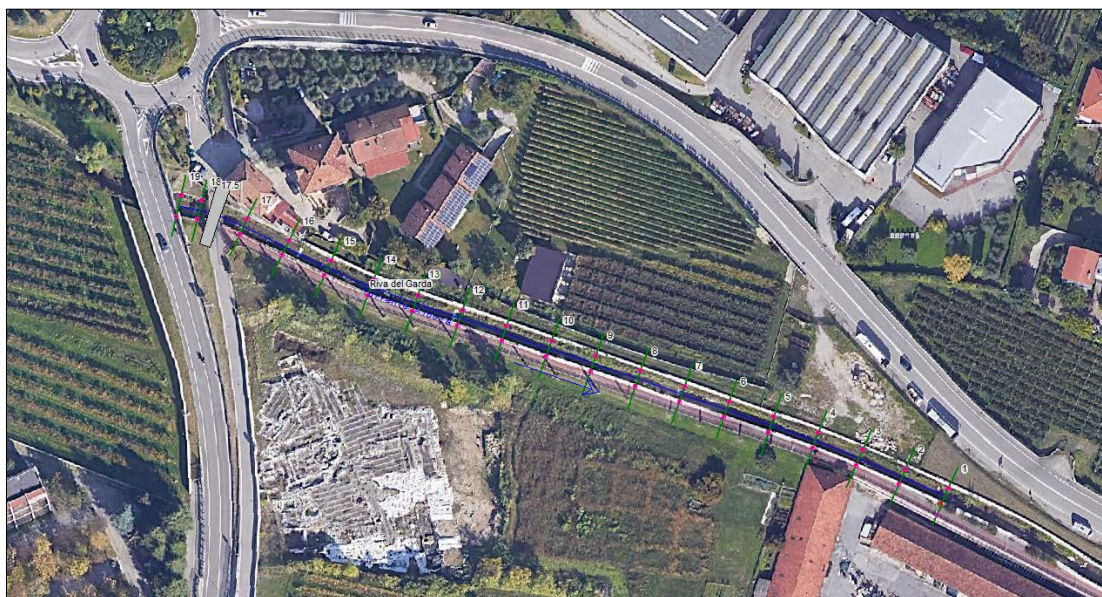


Figura 3-3: Rappresentazione planimetrica con sovrapposizione all'ortofoto, con indicazione delle sezioni trasversali utilizzate dal modello di calcolo per la definizione dei profili di moto.

In Figura 3-4 viene riportata una rappresentazione tridimensionale del tratto modellato al passaggio della piena di progetto (simulazione con tempo di ritorno pari a 200 anni).

In Figura 3-5 si può osservare il profilo di moto ottenuto dalla simulazione, con l'indicazione dei livelli del pelo libero (*WS*, linea blu), dell'altezza critica (*Crit*, linea rossa), della linea dell'energia (*EG*, linea verde) e dei livelli delle sponde destra (*Right Levee*, in viola) e sinistra (*Left Levee*, in fucsia).

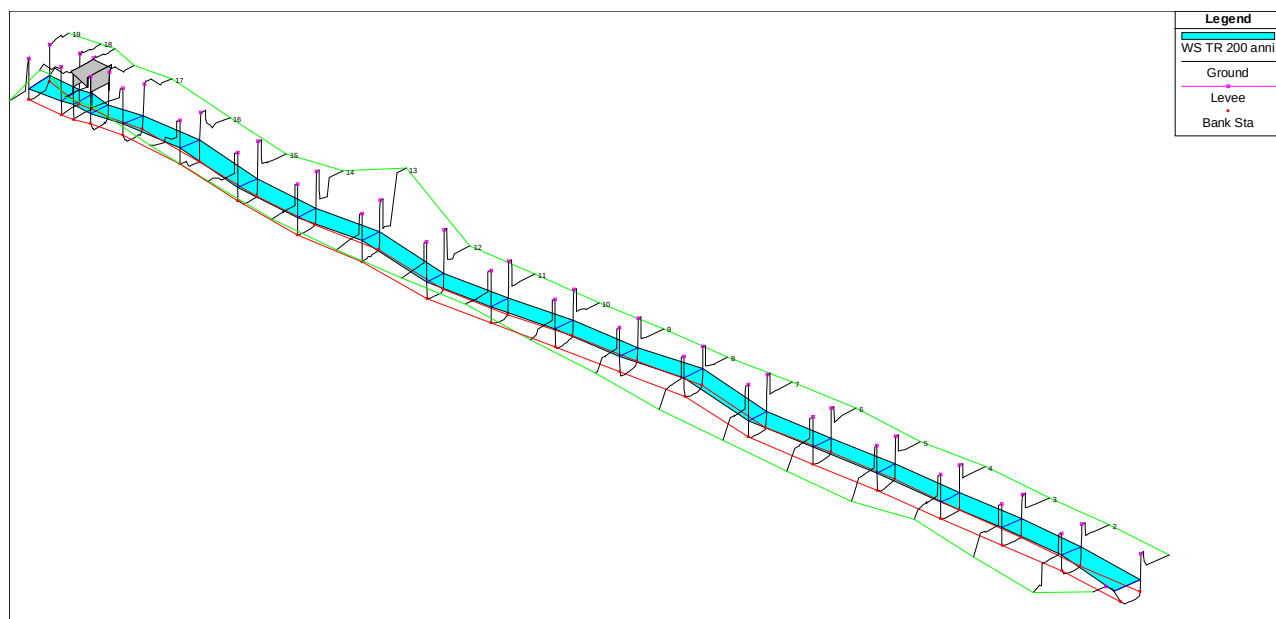


Figura 3-4: Rappresentazione tridimensionale del tratto di torrente Albola oggetto di studio al passaggio della piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

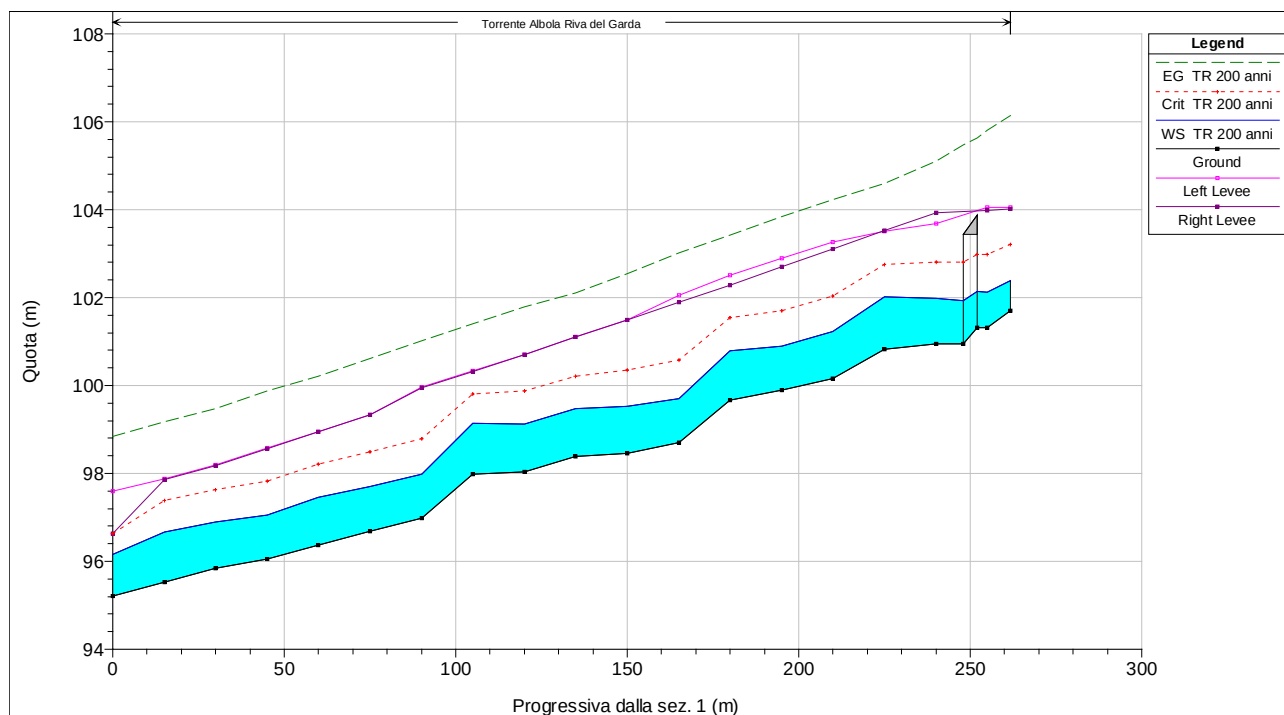


Figura 3-5: Profilo di moto nel tratto del torrente Albola oggetto della modellazione idraulica al passaggio della piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Tabella 3-3: Risultati della simulazione HEC-RAS al passaggio della piena di progetto.

River Station	Q Total [m³/s]	Min. Elev. [m s.l.m.]	W.S. Elev. [m s.l.m.]	Crit. W.S. [m s.l.m.]	E.G. Elev. [m s.l.m.]	E.G. Slope [m/m]	Vel. Chan. [m/s]	N. Froude [-]
19	36,98	101,70	102,39	103,20	106,14	0,055013	8,58	3,45
18	36,98	101,32	102,12	102,98	105,80	0,041828	8,50	3,12
17.5	Ponte pista ciclabile							
17	36,98	100,94	101,98	102,81	105,10	0,027468	7,82	2,56
16	36,98	100,82	102,02	102,76	104,60	0,018897	7,12	2,20
15	36,98	100,15	101,22	102,03	104,23	0,024854	7,70	2,49
14	36,98	99,90	100,90	101,70	103,85	0,024412	7,62	2,48
13	36,98	99,66	100,79	101,54	103,43	0,019379	7,20	2,24
12	36,98	98,71	99,71	100,58	103,02	0,027068	8,07	2,61
11	36,98	98,46	99,52	100,34	102,55	0,023960	7,73	2,47
10	36,98	98,39	99,47	100,21	102,10	0,020236	7,20	2,27
9	36,98	98,03	99,13	99,88	101,79	0,021152	7,25	2,28
8	36,98	97,99	99,14	99,80	101,40	0,015883	6,70	2,04
7	36,98	96,99	97,99	98,80	101,02	0,025192	7,77	2,51
6	36,98	96,69	97,70	98,49	100,61	0,024294	7,56	2,47
5	36,98	96,37	97,45	98,22	100,22	0,022560	7,38	2,38
4	36,98	96,06	97,06	97,83	99,87	0,023301	7,44	2,42
3	36,98	95,85	96,90	97,63	99,48	0,019637	7,14	2,25
2	36,98	95,53	96,66	97,39	99,18	0,018119	7,06	2,17
1	36,98	95,21	96,16	96,63	98,84	0,026009	7,45	2,49

Di seguito si riportano le sezioni trasversali estratte da HEC-RAS nella configurazione esistente, con il corso d'acqua interessato dal transito dell'evento di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

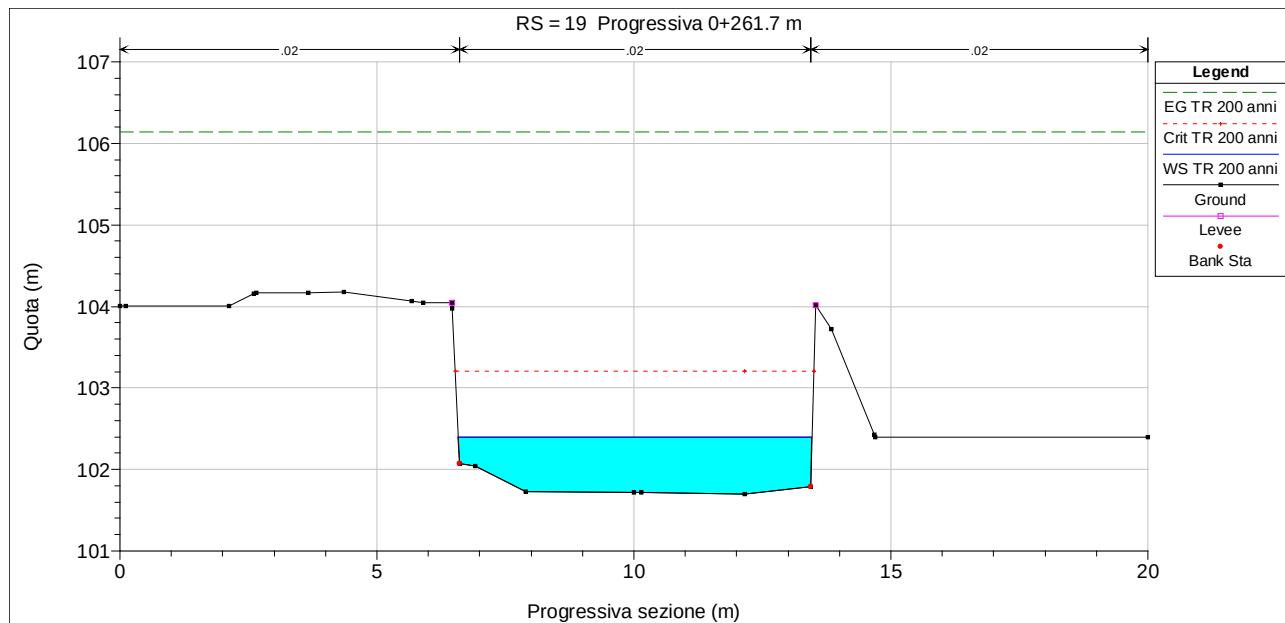


Figura 3-6: Sezione trasversale HEC-RAS n. 19.

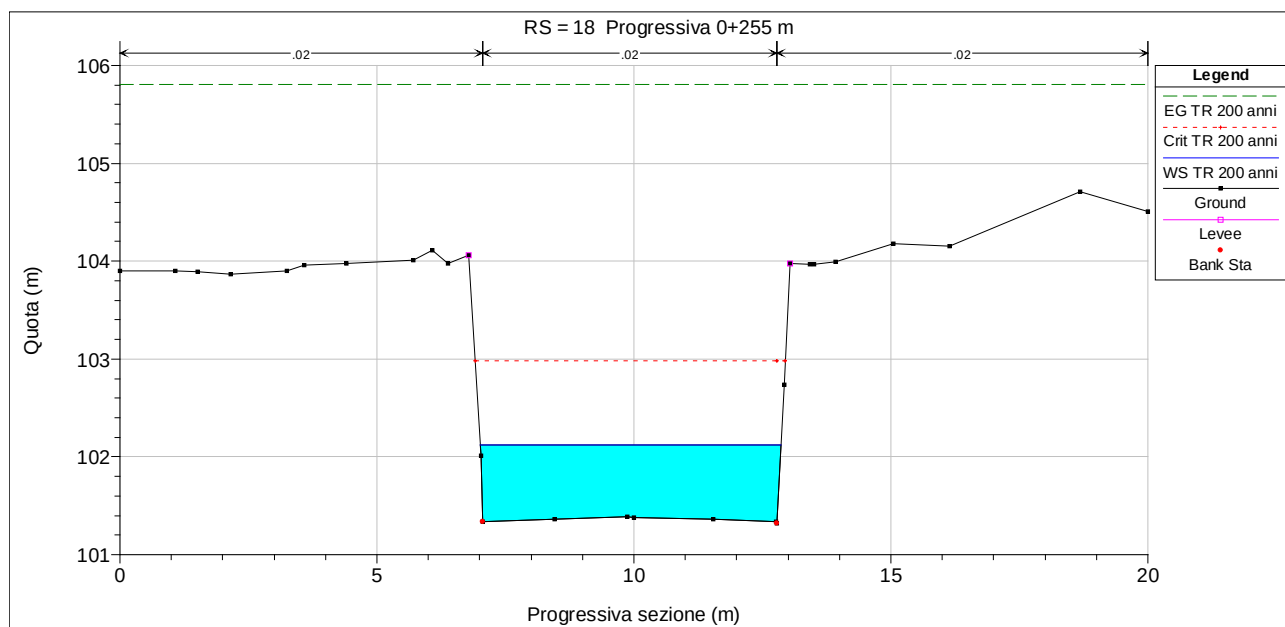


Figura 3-7: Sezione trasversale HEC-RAS n. 18.

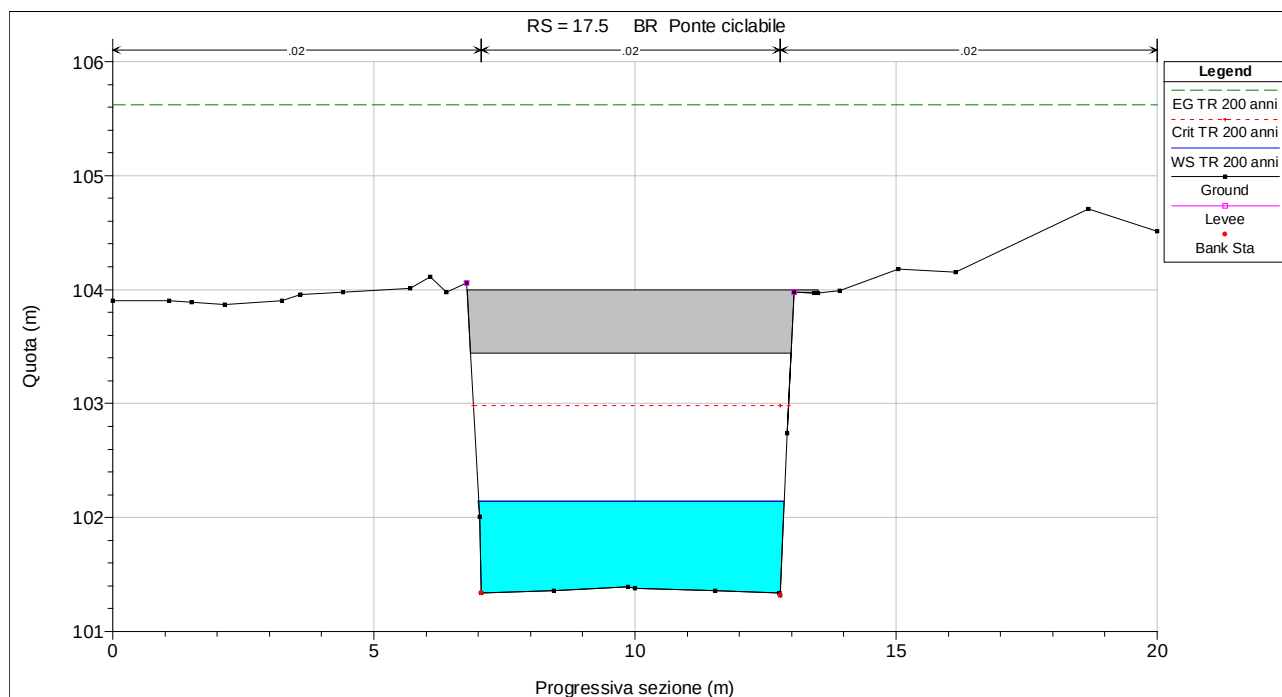


Figura 3-8: Sezione trasversale HEC-RAS n. 17.5 in corrispondenza del ponte della pista ciclabile esistente.

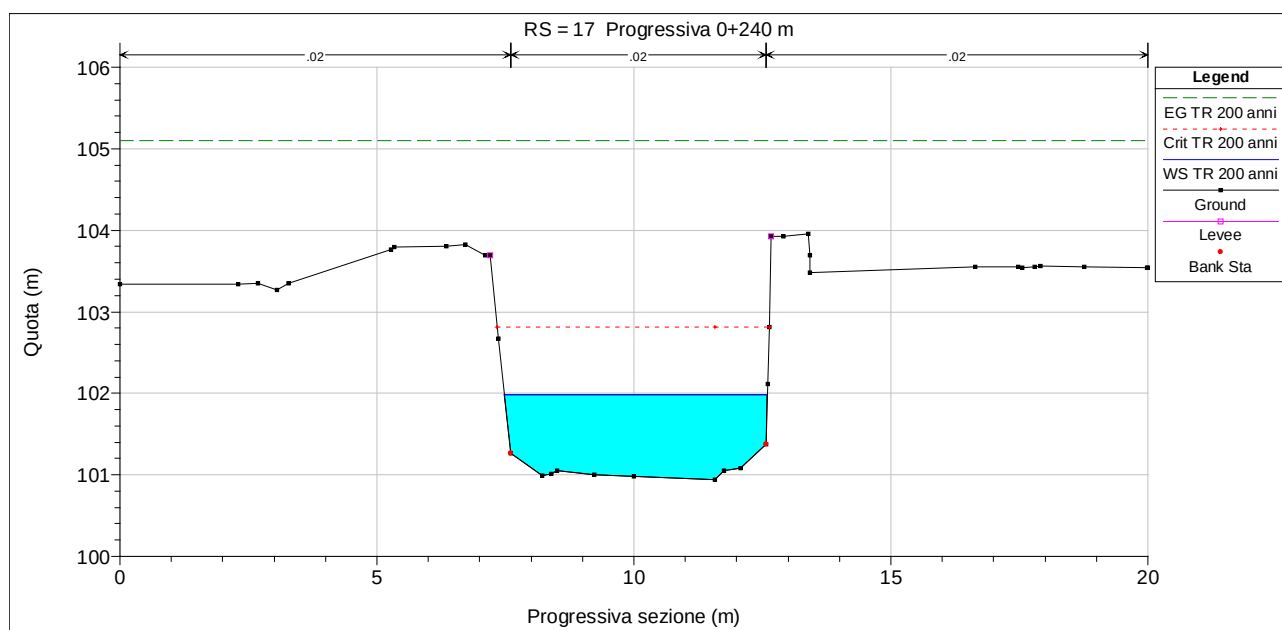
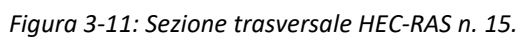
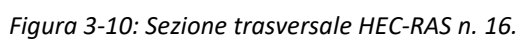


Figura 3-9: Sezione trasversale HEC-RAS n. 17.



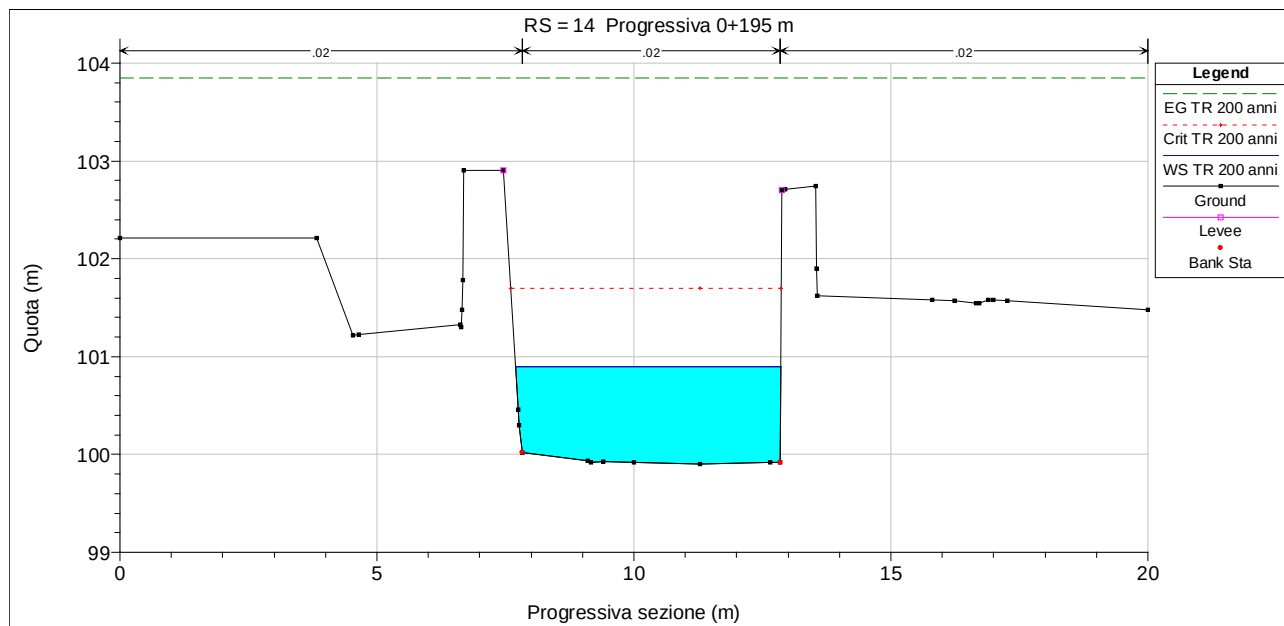


Figura 3-12: Sezione trasversale HEC-RAS n. 14.

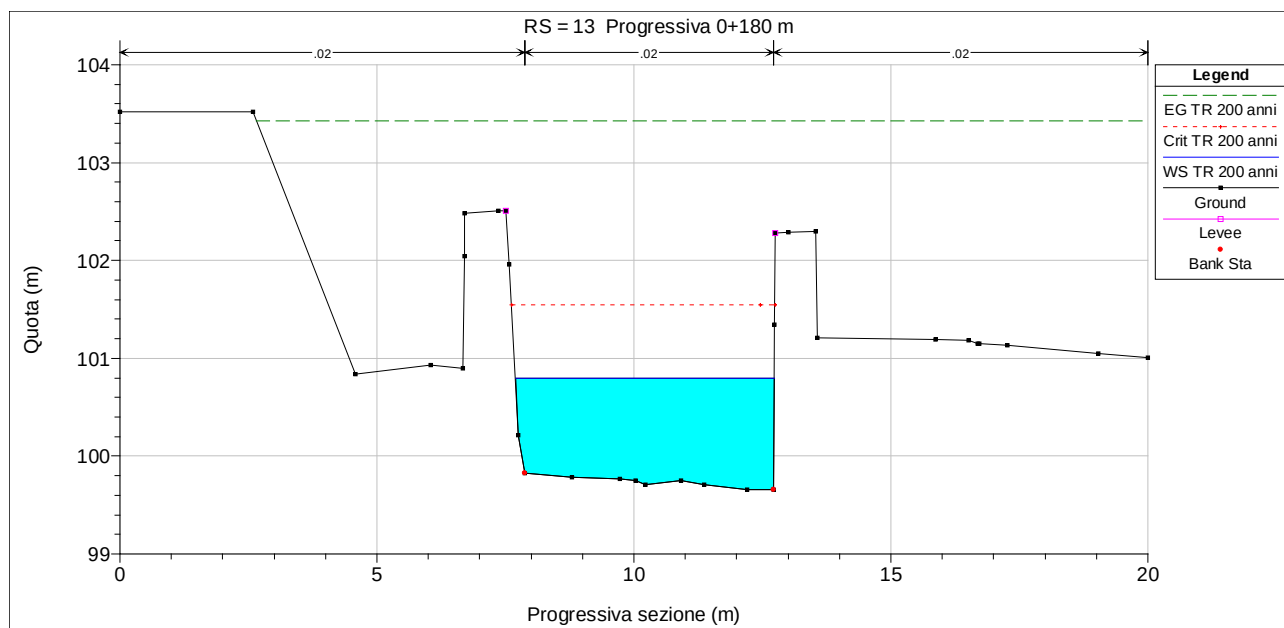


Figura 3-13: Sezione trasversale HEC-RAS n. 13.

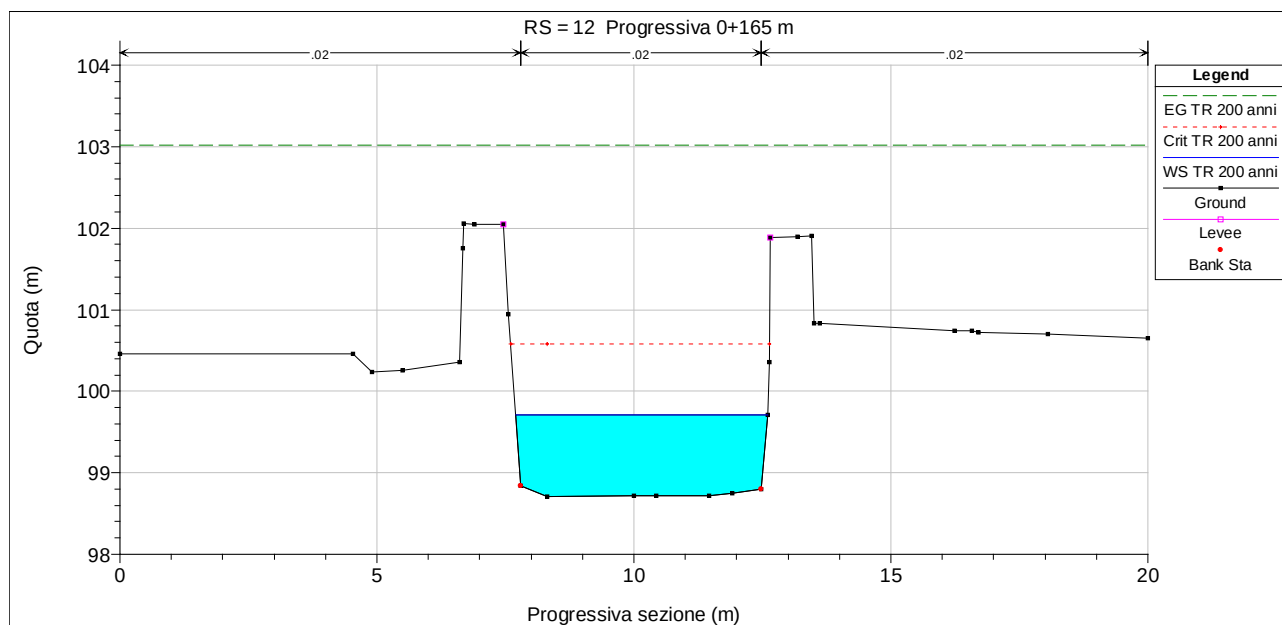


Figura 3-14: Sezione trasversale HEC-RAS n. 12.

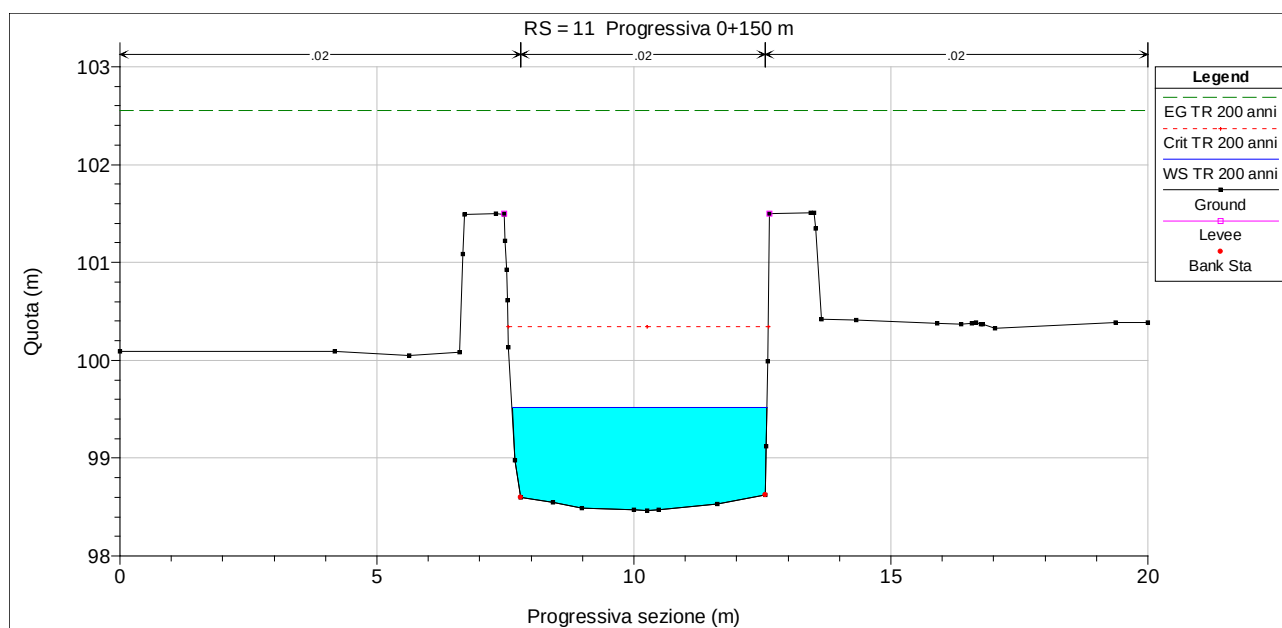


Figura 3-15: Sezione trasversale HEC-RAS n. 11.

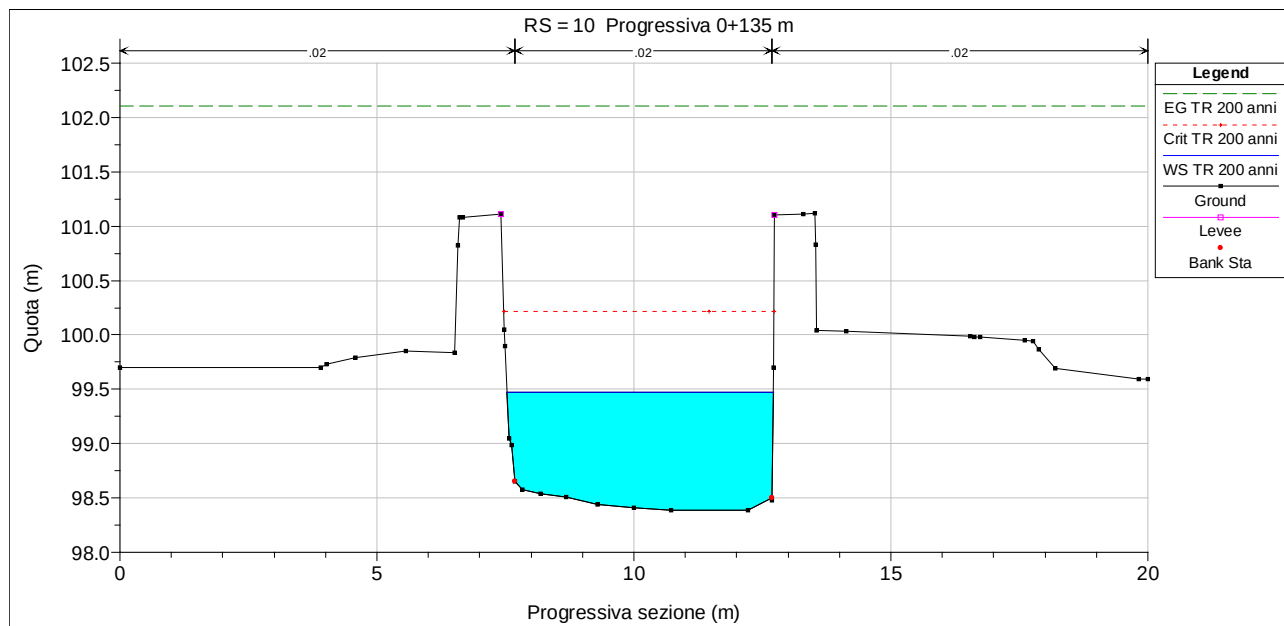


Figura 3-16: Sezione trasversale HEC-RAS n. 10.

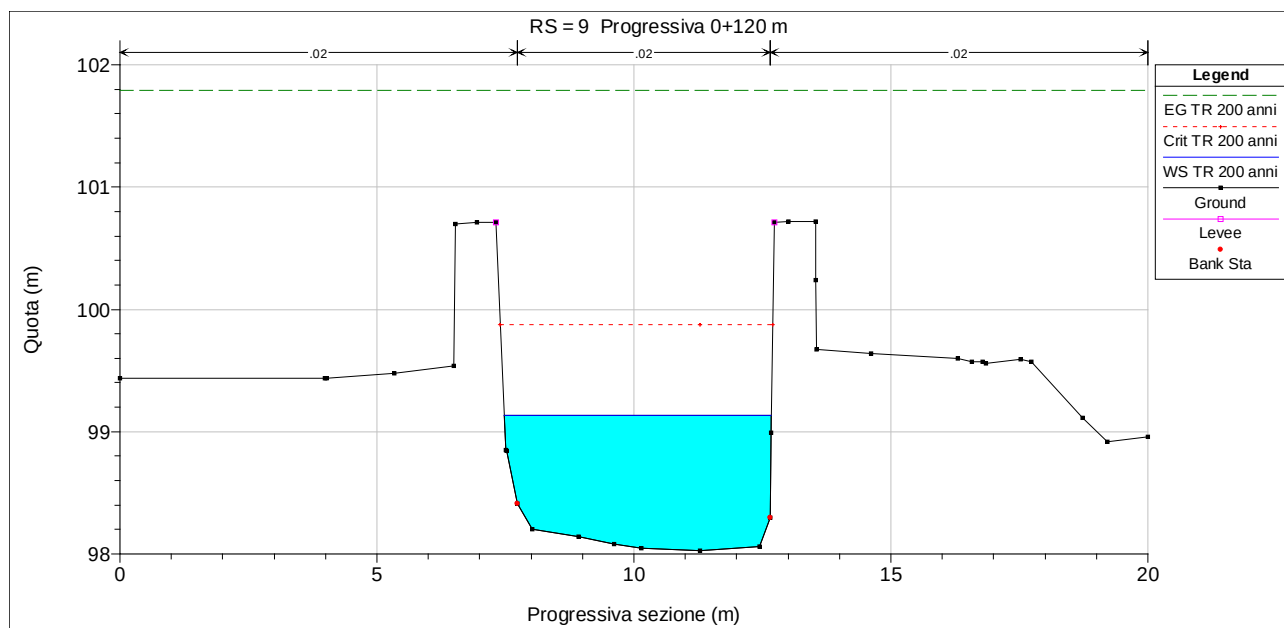


Figura 3-17: Sezione trasversale HEC-RAS n. 9.

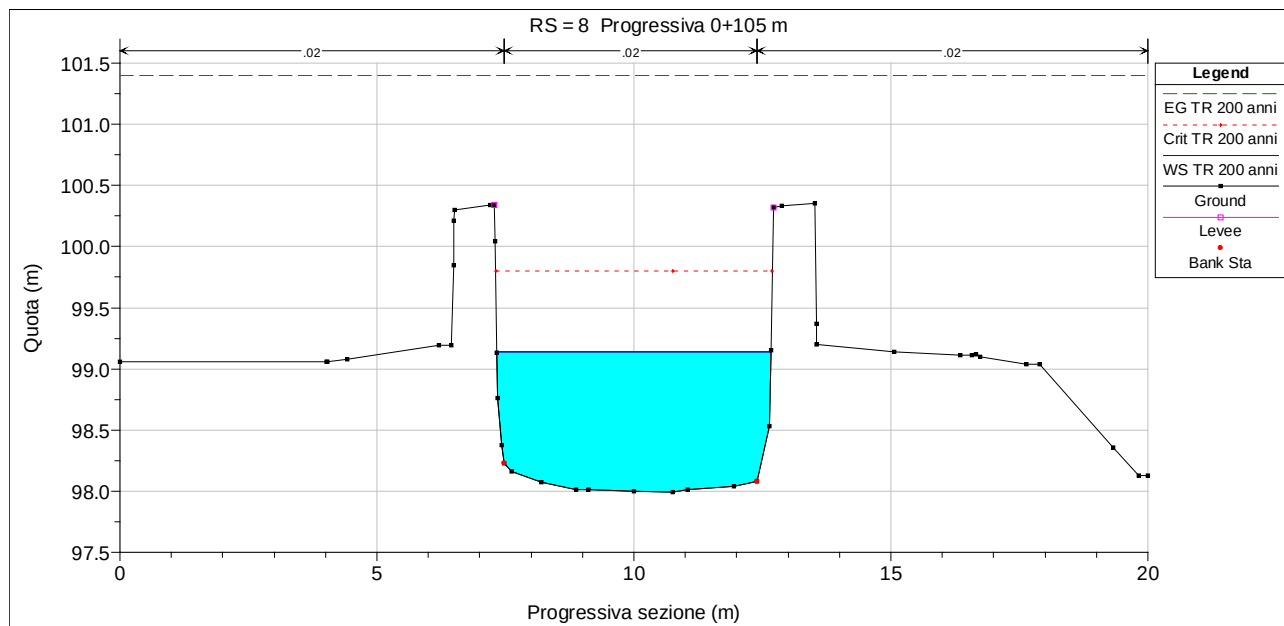


Figura 3-18: Sezione trasversale HEC-RAS n. 8.

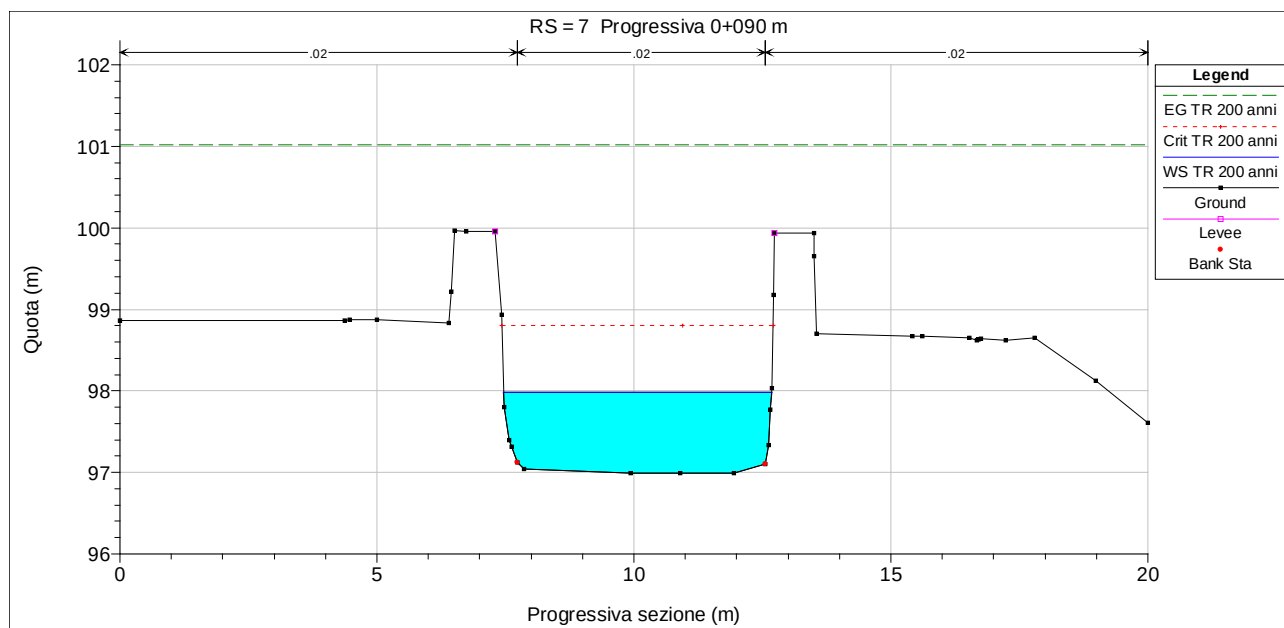


Figura 3-19: Sezione trasversale HEC-RAS n. 7.

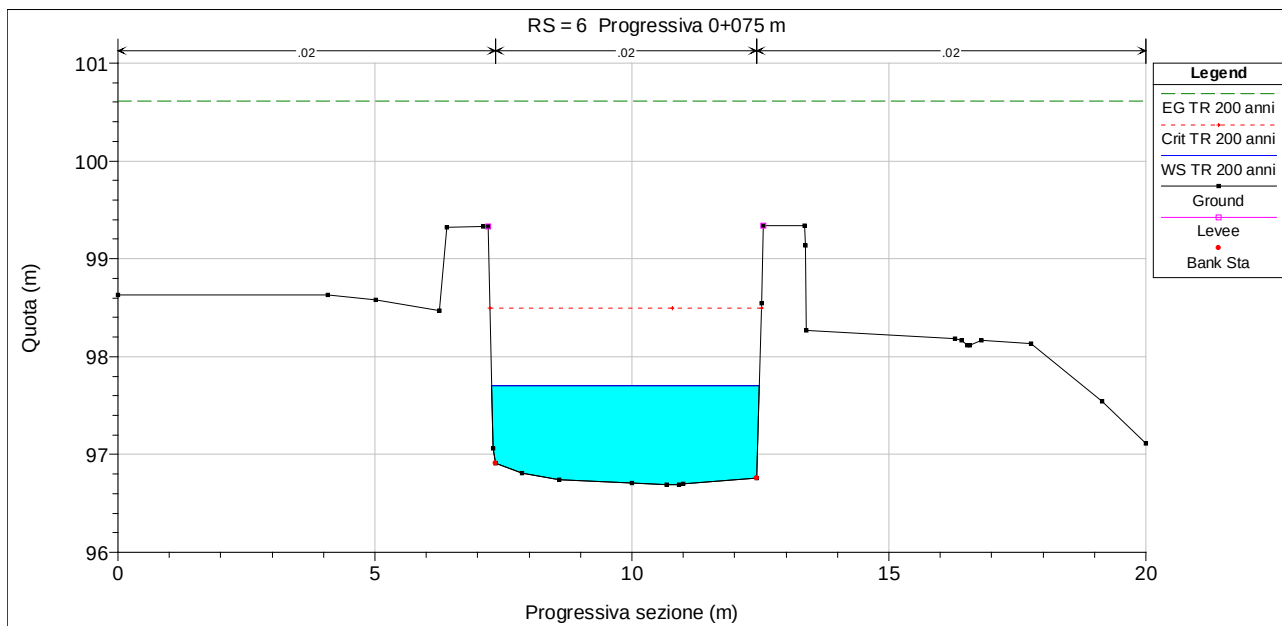


Figura 3-20: Sezione trasversale HEC-RAS n. 6.

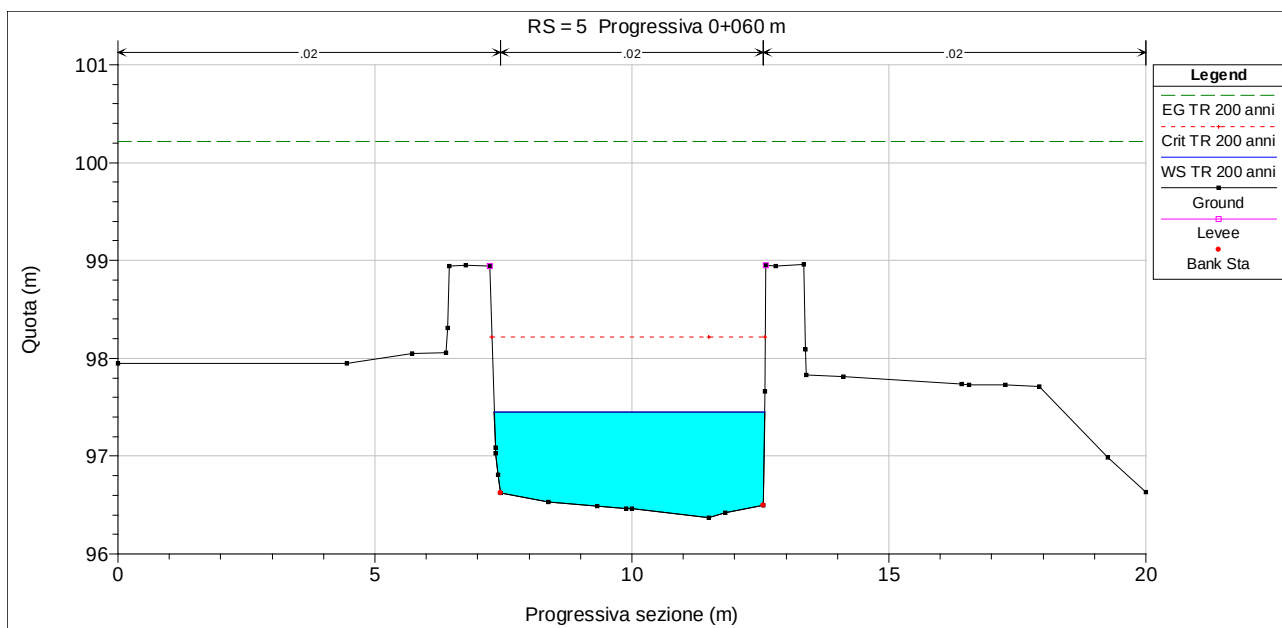


Figura 3-21: Sezione trasversale HEC-RAS n. 5.

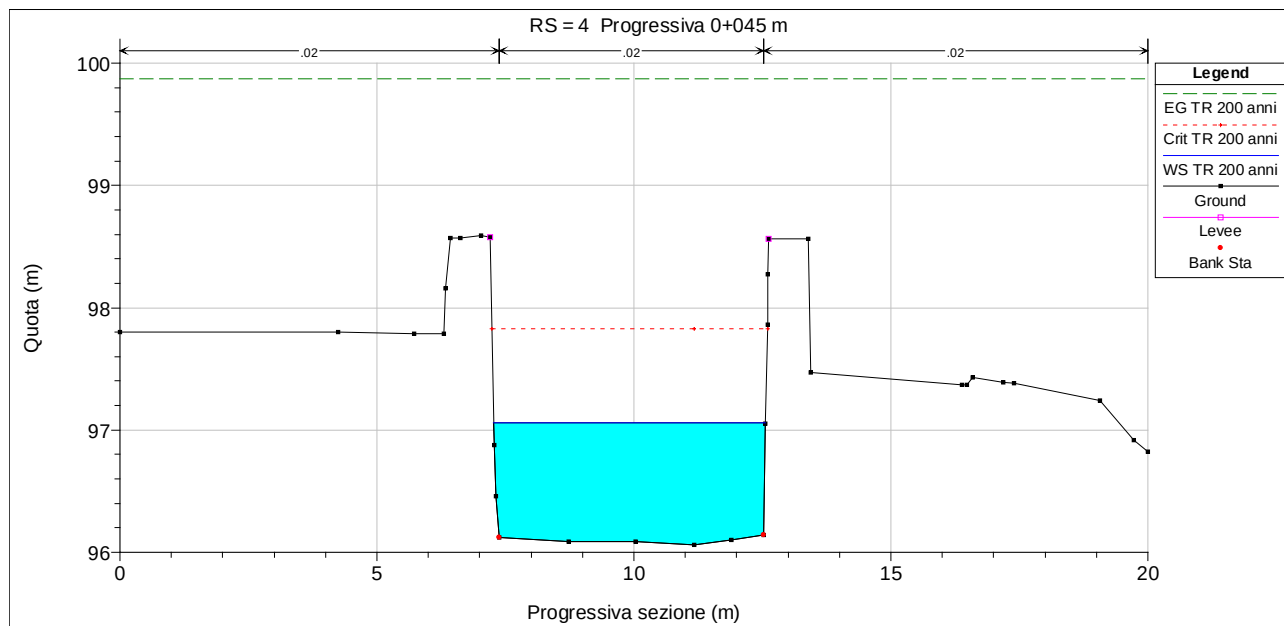


Figura 3-22: Sezione trasversale HEC-RAS n. 4.

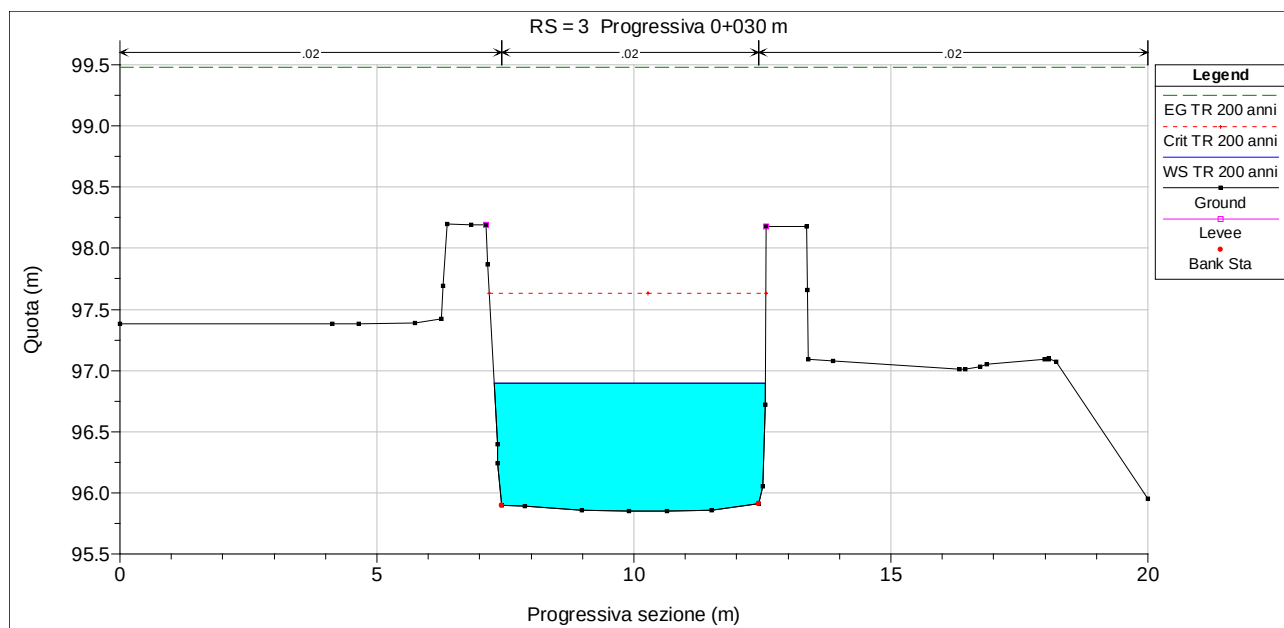


Figura 3-23: Sezione trasversale HEC-RAS n. 3.

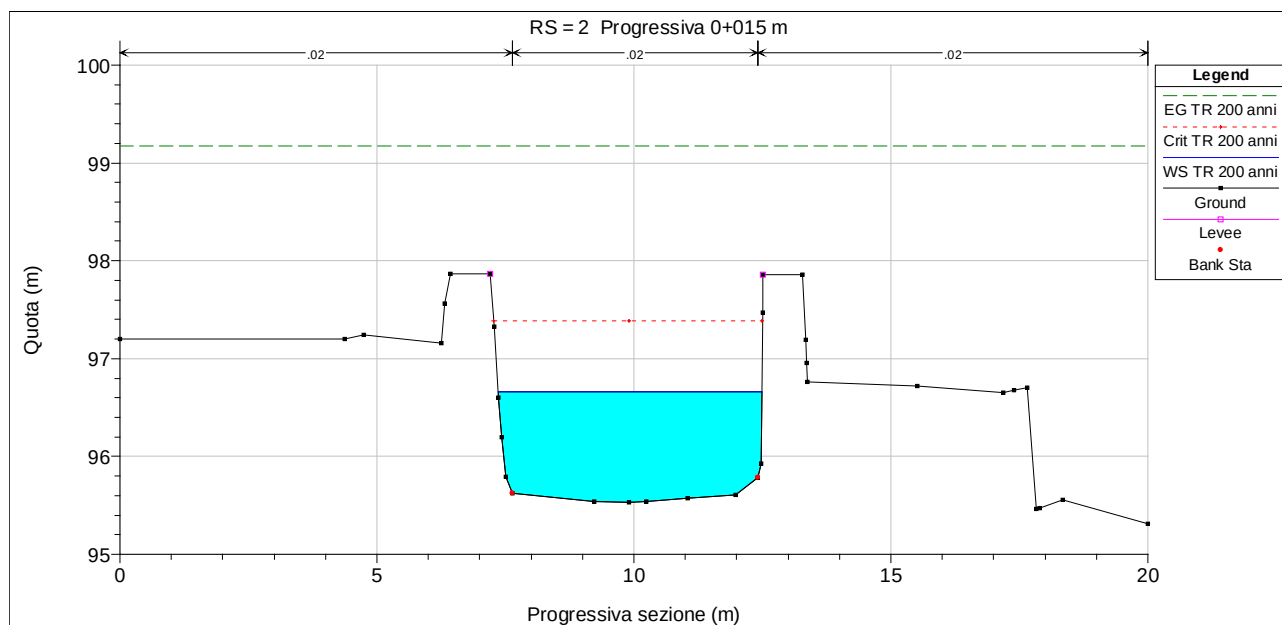


Figura 3-24: Sezione trasversale HEC-RAS n. 2.

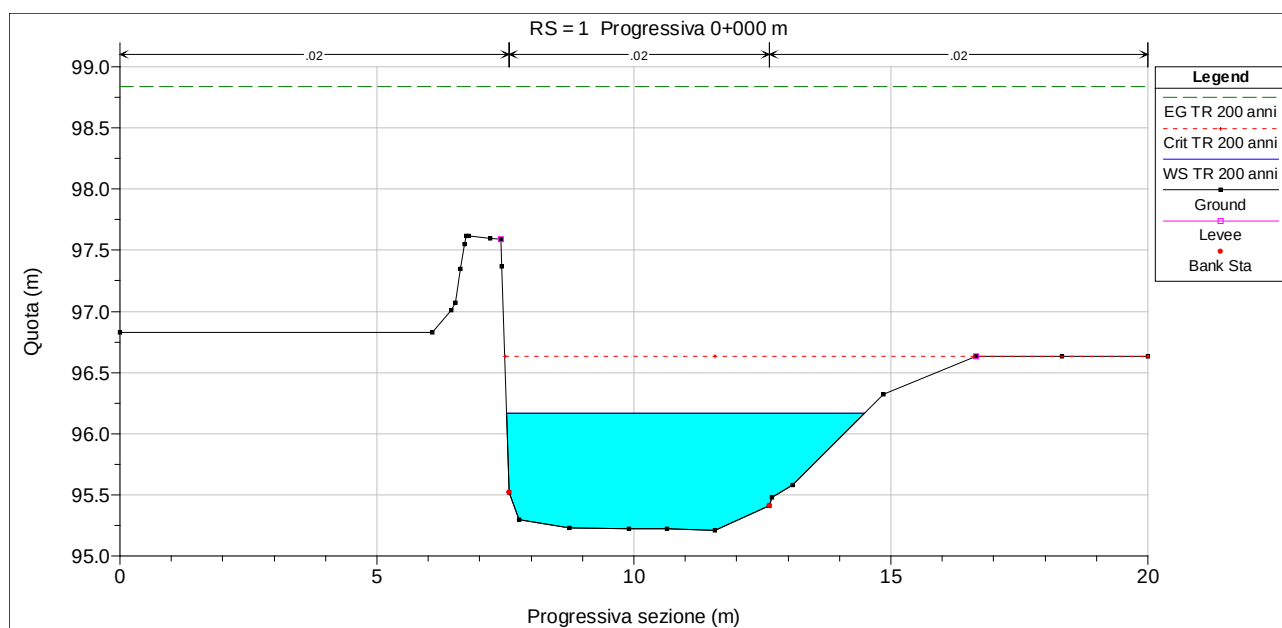


Figura 3-25: Sezione trasversale HEC-RAS n. 1.

4 CONCLUSIONI

L'analisi idrologica sul torrente Albola alla sezione di chiusura del bacino a monte dell'area indagata è stata condotta utilizzando metodi, dati e modelli provenienti da fonti ufficiali della Provincia di Trento. Il valore stimato della piena bicentenaria è stato incrementato del 10% per tener conto del trasporto solido.

La verifica idraulica in regime di moto permanente condotta con il software HEC-RAS relativamente al transito della portata di picco associata ad un tempo di ritorno di 200 anni nella condizione esistente nel tratto del torrente Albola adiacente all'area denominata "San Cassiano" ha consentito di valutare le aree interessate dal deflusso della piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Dai risultati ottenuti attraverso il modello monodimensionale HEC-RAS emerge che il passaggio della piena bicentenaria interessa esclusivamente l'alveo del torrente Albola senza fuoriuscire dalle arginature in muratura. Pertanto, l'area San Cassiano non risulta interessata da allagamenti.

Tale condizione è garantita se il regime di moto si mantiene ovunque rapido e non si determinano ostruzioni e/o ostacoli al deflusso tali da determinare un risalto. In tal caso i livelli della piena supererebbero la quota arginale: risulta quindi fondamentale garantire lo stato di buona manutenzione del torrente, che in questo tratto è completamente artificializzato.

In relazione ai contenuti della Carta di Sintesi della Pericolosità, la parte di variante in località San Cassiano che ricade in aree a penalità P3 - media e P2 - bassa, appare quindi compatibile relativamente agli aspetti di interferenza idraulica.

Trento, 29 maggio 2024

Il tecnico

Ing. Raffaele Ferrari



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
dott. Ing. RAFFAELE FERRARI
SCRIZIONE ALBO N° 1114