

Unione Montana Valli Borbera e Spinti

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

Comune di Grondona

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



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

Piano degli interventi annualità 2014 – 2015

PROGETTO DEFINITIVO

COSTRUZIONE INVASO ARTIFICIALE LOC. TORRENTE SPINTI COMUNE DI GRONDONA

RELAZIONE DI VERIFICA IDRAULICA DI COLLASSO

Novi Ligure, Ottobre 2021

Il tecnico:

Ing. Enrico Vecchione

Il Presidente

Ing. Silvio Barbieri

INDICE

1	PREMESSA	2
2	LOCALIZZAZIONE DELLO SBARRAMENTO	2
3	CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO	2
4	CARATTERISTICHE DELL'INVASO	4
5	MODALITA' DI GESTIONE E SVUOTAMENTO DELL'INVASO	5
5.1	DIMENSIONAMENTO SCARICO DI FONDO	5
5.2	DIMENSIONAMENTO SCARICO DI SUPERFICIE	6
6	CALCOLO DELL'EFFETTO DI LAMINAZIONE	6
7	VERIFICA AL COLLASSO	9
8	CONCLUSIONI	13

1 PREMESSA

La presente Relazione la verifica idraulica per ipotetico collasso dello sbarramento relativa alla richiesta di costruzione e esercizio di un nuovo invaso da realizzarsi presso il Comune di Grondona nell'alveo del torrente Spinti, con funzione di bacino di accumulo, per sopperire alle carenze estive che negli ultimi anni hanno messo in grave difficoltà gli allevatori ed i contadini locali, e di laminazione della piena con tempo di ritorno 200 anni.

Il progetto prevede di realizzare un invaso parzialmente interrato in sponda destra del torrente Spinti a monte dell'abitato di Grondona completamente in area demaniale.

La presente relazione costituisce quindi la documentazione richiesta in ottemperanza al *Regolamento Regionale n°12/R "Norme in materia di sbarramenti fluviali di ritenuta e bacini di accumulo idrico di competenza regionale"*.

La struttura, costituita in parte in calcestruzzo ed in parte in massi ciclopici con nucleo di tenuta in argilla, crea un invaso di circa 14.000 metri cubi e raccoglie le acque del versante in sponda sinistra che insiste sull'invaso in progetto; in base agli art.8 "Autorizzazione per nuovi invasi" e art.10 "Documentazione progettuale" del citato Regolamento Regionale n°12/R, l'opera in progetto rientra nella **tipologia D (invasi e piccole dighe) categoria A2 (sbarramenti con altezza fino a dieci metri e con volume di invaso fino a trenta mila metri cubi)**.

L'opera rientra nella classe di rischio 9N in quanto, a seguito di collasso, le perdite, sia sotto l'aspetto ambientale che economico, sarebbero trascurabili e le perdite di vite umane improbabili.

La struttura che si prevede di realizzare ha un'altezza massima al di sopra del piano di campagna di circa 2,40 metri e altezza assoluta interna massima di 3,40 m. Al fine di incrementare il volume di invaso riducendo le dimensioni delle strutture e i volumi di materiali da movimentare, sono previsti, all'interno del bacino, due salti realizzati mediante setti in calcestruzzo armato.

2 LOCALIZZAZIONE DELLO SBARRAMENTO

Il nuovo invaso è localizzato sul torrente Spinti, circa 550 m a sud dell'abitato di Grondona.

La zona circostante l'area in cui si prevede di realizzare l'invaso presenta pendenza debole per circa 50-60 m oltre tale distanza dalla sponda destra la pendenza aumenta trattandosi di un'area collinare.

Per quanto riguarda la sismicità, in base alla OPCM 3274/2003 e al DGR 19.01.2010 n°11-13058 l'area è classificata in Zona Sismica 3.

Si sottolinea che a valle e nell'intorno dell'area di progetto, sia in sponda sinistra che in sponda destra, non vi sono abitazioni, ma aree agricole e boschive.

3 CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO

L'invaso in progetto consentirà di drenare il bacino imbrifero che insiste in sponda destra a monte dell'opera di contenimento in progetto.

VERIFICA IDRAULICA PER IPOTETICO COLLASSO DELLO SBARRAMENTO

Costruzione Invaso Artificiale – Progetto Definitivo

Tale bacino, riportato nella tavola di progetto n.1 “Corografia e bacino di drenaggio” ha una superficie di circa 0,86 km².

Il bacino imbrifero ha una lunghezza di 610 m ed interessa il versante in sponda destra adiacente all'invaso di progetto. La larghezza massima del bacino imbrifero è di 220 m, mentre la media è pari a circa 192 m.

La quota minima è di 313.50 m s.l.m. corrispondente alla quota minima dell'opera in progetto, mentre la quota massima del bacino è posta a circa 440 m s.l.m.

Il bacino imbrifero drenato dall'invaso in progetto non contiene affluenti diretti del torrente Spinti. In sponda destra, a circa 120 m a monte dell'invaso, non captato, è presente il rio Sambuseigo, mentre circa 170 m a valle della sezione di chiusura dell'invaso è presente un fosso senza nome.

Dal punto di vista dell'uso del suolo il bacino drenato risulta in massima parte ricoperto da bosco e solo la parte di valle, adiacente all'area di progetto, risulta coltivata prevalentemente ad orti.

Nel bacino non sono presenti stazioni pluviometriche, le stazioni pluviometriche più vicine all'area di progetto sono quella di Roccaforte Ligure a quota 770 m s.l.m. e quella di Arquata Scrivia a quota 325 m s.l.m.

L'area di progetto è coperta dalla stazione pluviometrica di Roccaforte Ligure, come mostrato dall'immagine seguente.

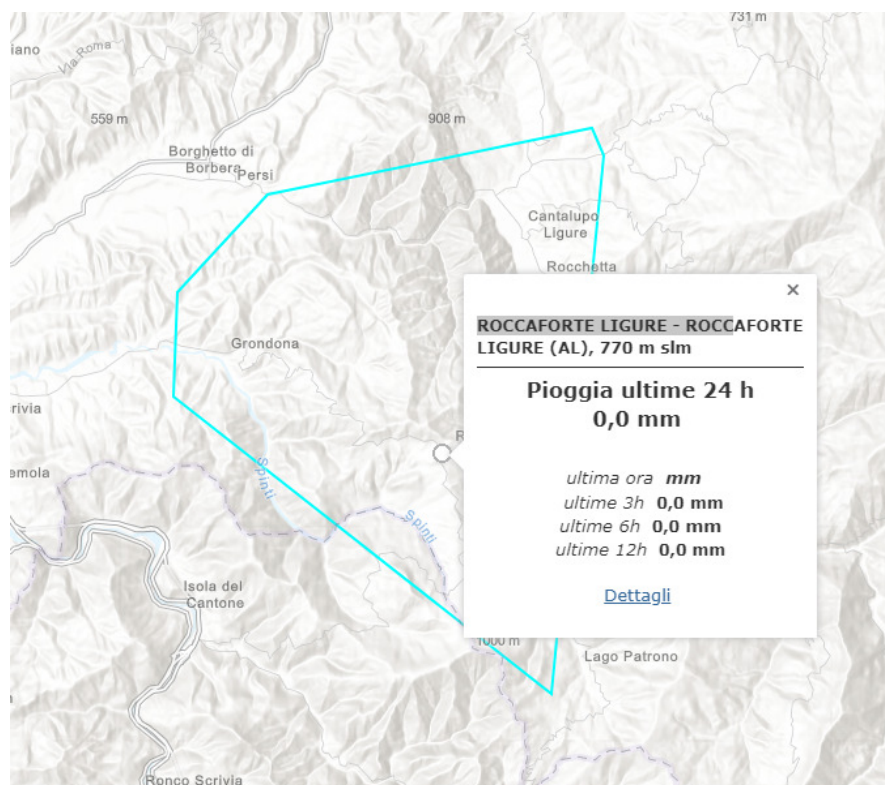


Figura 1: Area interessata dalla stazione pluviometrica di Roccaforte Ligure.

4 CARATTERISTICHE DELL'INVASO

L'invaso in progetto, come descritto nella relazione Tecnica allegata al Progetto Definitivo avrà una lunghezza totale di circa 265 m e superficie pari a circa 8900 m².

Il volume massimo di regolazione, corrispondente all'incipiente sfioro sarà pari a 14.029 mc e corrisponde alla quota del bacino di valle pari a 313.50 m s.l.m., mentre il volume massimo di invaso sarà pari a 15.736 mc, che corrisponde alla quota 313.90 m s.l.m. del bacino di valle.

La profondità minima dell'invaso si ha nel bacino di valle ed è pari a 2.60 m, mentre la profondità massima si ha nel bacino di monte ed è pari a 3.40 m.

Il volume di invaso di regolazione è stato calcolato utilizzando le sezioni riportate nelle tavole di progetto e risulta pari a 14.029 mc come riportato nella tabella seguente:

VOLUMI INVASO di regolazione

	Area	lunghezza	Area media	Volume
sez.3.9	57			
		7.5	70	525
sez.4	83			
		30	97	2910
sez.5	111			
		46.3	106	4907.8
sez.6	101			
		66	69	4554
sez.6.5	37			
		37	21	777
sez.6.8	5			
		71	5	355
SEZ.7	5			
TOTALE				14029

Tabella 1: Valutazione del Volume d'Invaso con il metodo delle sezioni ragguagliate.

La figura seguente, estratta dalla tavola di progetto n. 1 "Corografia e bacino di drenaggio", riporta l'area dell'invaso in progetto.

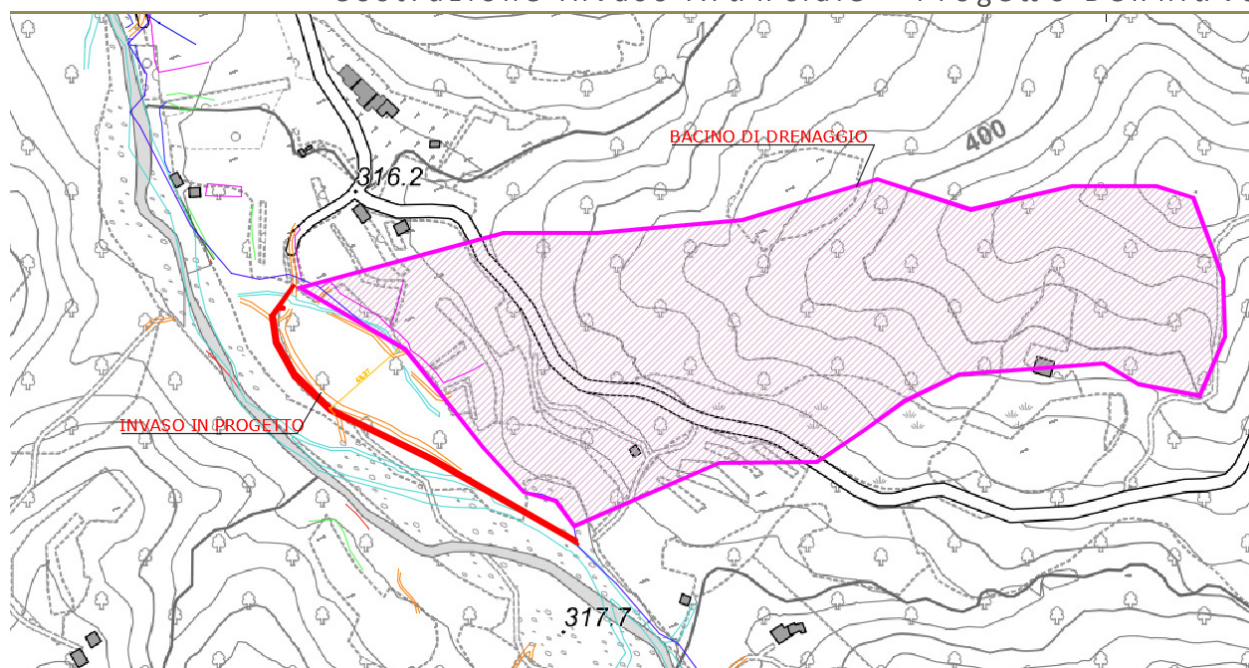


Figura 2: planimetria su CTR invaso in progetto e bacino di drenaggio.

5 MODALITA' DI GESTIONE E SVUOTAMENTO DELL'INVASO

1.1 DIMENSIONAMENTO SCARICO DI FONDO

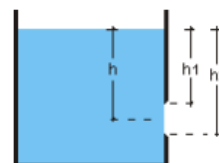
Si prevede di inserire una paratoia nel paramento di valle in calcestruzzo dell'invaso con funzione discarico di fondo.

La paratoia avrà dimensione 1,00 x 1,00 m e sarà munita a monte di griglia ad ampia superficie per impedirne l'intasamento.

La paratoia permetterà lo svuotamento dell'invaso e consentirà a pieno carico il deflusso di una portata pari a 4.25 mc/s.

Il calcolo è stato effettuato mediante la formula per le luci a battente a sezione rettangolare

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} (h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}})$$



Nei 2 setti intermedi saranno posizionate due paratoie di dimensioni 0,50x0,50 m per svuotare completamente in serbatoi di monte.

1.2 DIMENSIONAMENTO SCARICO DI SUPERFICIE

Lo scarico di superficie realizzato in corrispondenza del paramento di valle del serbatoio sarà costituito da un ciglio tracimante rettilineo seguito da scivolo in massi cementati.

Lo sfioratore avrà lunghezza 7,00 m e altezza 0,40 m e permetterà lo smaltimento di una portata massima di circa 3,00 mc/s superiore alla portata con periodo di ritorno 200 anni (pari a 2,58 mc/s).

$$Q=0,385*b*\sqrt{2gh}^{3/2}$$

Dove:

b=7.00 m; h=0.40 m

6 CALCOLO DELL'EFFETTO DI LAMINAZIONE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Delta Q = C_{da} \sqrt{2 * g * (h_0 - w_a)^3} * \Delta L$$

VERIFICA IDRAULICA PER IPOTETICO COLLASSO DELLO SBARRAMENTO

Costruzione Invaso Artificiale – Progetto Definitivo

Dove:

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

h_0 = battente d'acqua sulla soglia dello sfioratore

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

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

$q [m^3/s]$	$h_0 [m]$	$\Delta Q [mc/s]$
317.75	0.15	4.43
317.85	0.25	9.54
317.95	0.35	15.80
318.00	0.40	19.30

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

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

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

VOLUME DI LAMINAZIONE PER T=200 ANNI

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

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

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

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

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

Q max	206 mc/s
--------------	-----------------

VERIFICA IDRAULICA PER IPOTETICO COLLASSO DELLO SBARRAMENTO
Costruzione Invaso Artificiale – Progetto Definitivo

Tempo di ritorno	200 anni
Tempo [ore]	Portata [mc/s]
0.00	0.00
0.15	14.59
0.30	29.17
0.45	43.76
0.60	58.35
0.75	72.93
0.90	87.52
1.05	102.10
1.20	116.69
1.35	131.28
1.50	145.86
1.65	160.45
1.80	175.04
1.92	186.70
2.00	194.48
2.05	199.35
2.10	204.21
2.12	205.96
2.20	198.07
2.25	193.21
2.32	186.40
2.35	183.48
2.50	168.99
2.65	154.31
2.80	139.72
2.95	125.14
3.10	110.55
3.25	95.96
3.40	81.38
3.55	66.79
3.70	52.20
3.85	37.62
4.00	23.03
4.15	8.44
4.20	3.58
4.25	0.00

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

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

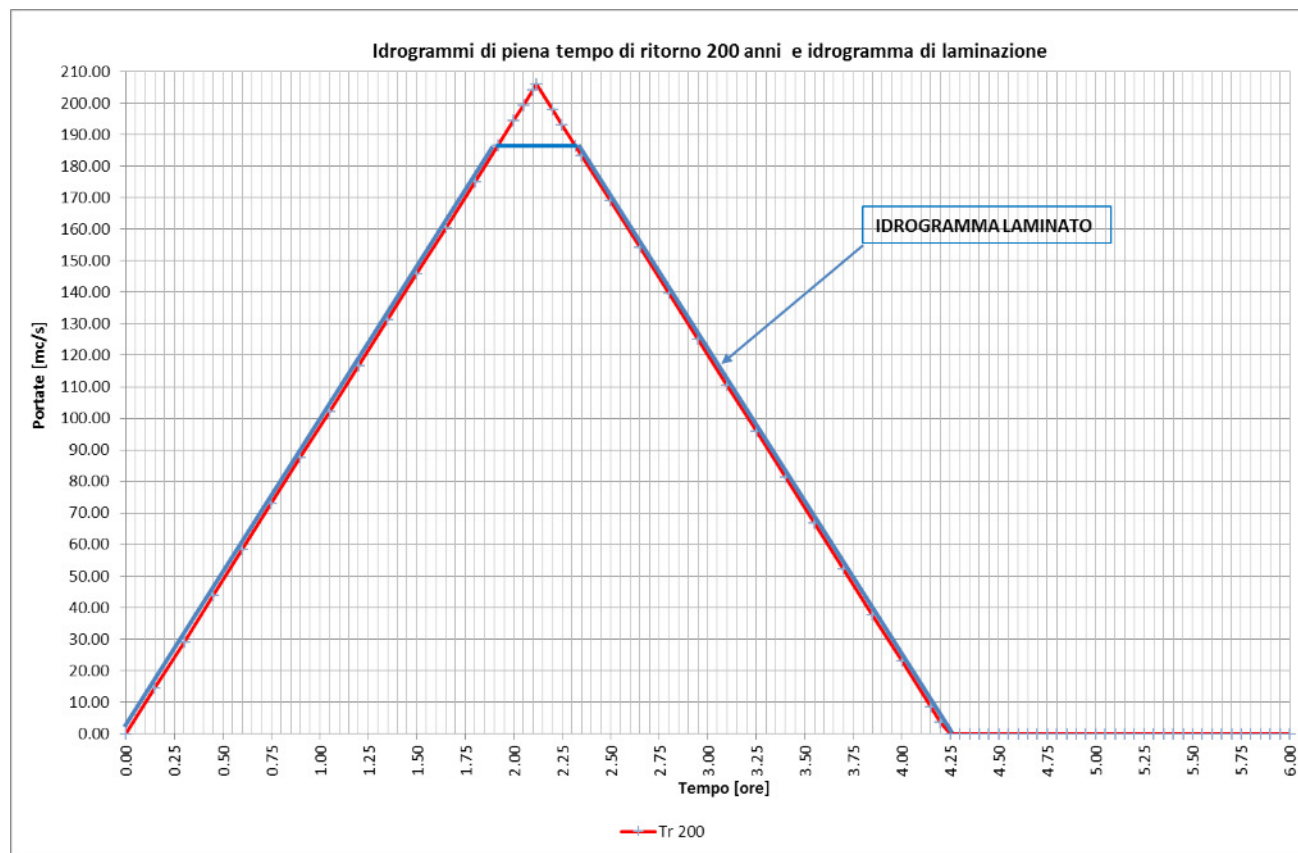
Da cui si ottiene il volume minimo di laminazione per la portata con tempo di ritorno 50 anni (V_{lam50}):

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

VERIFICA IDRAULICA PER IPOTETICO COLLASSO DELLO SBARRAMENTO

Costruzione Invaso Artificiale – Progetto Definitivo

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



7 VERIFICA AL COLLASSO

Il presente paragrafo contiene la verifica idraulica a valle dell'invaso a seguito di ipotetico collasso dello sbarramento.

Dal momento che l'invaso verrà realizzato a cascata su 3 livelli si è ipotizzata la rottura improvvisa di un concio del paramento di valle. Il tratto finale dell'invaso a una capacità di accumulo di circa 6.000 mc ipotizzando che il livello dell'acqua sia quello massimo di regolazione pari a 313.50 m s.l.m.

Pertanto si ipotizza che il paramento di valle si rompa improvvisamente per un tratto di 10,00 m nel caso in cui il livello dell'acqua a monte dello sbarramento sia quello massimo di regolazione, (313.50 m s.l.m.), 2,60 m al di sopra del fondo dell'invaso.

La condizione presa in considerazione è stata ritenuta la più gravosa per persone o cose a valle dell'opera.

La portata che si riverserebbe verso valle a causa della rottura istantanea dello sbarramento è stata calcolata attraverso la formula dello stramazzo in parete grossa, rettangolare, non rigurgitato, di tipo Bélanger, pertanto si è utilizzata la formula:

$$Q = \mu L h \sqrt{2 g h}$$

con:

VERIFICA IDRAULICA PER IPOTETICO COLLASSO DELLO SBARRAMENTO

Costruzione Invaso Artificiale – Progetto Definitivo

- μ = coefficiente di efflusso, pari a 0,38;
- L = larghezza dello stramazzo, pari a 10 m;
- h = altezza (in metri) del carico idraulico tra la quota del pelo libero della corrente ed il fondo dell'invaso.
- g = accelerazione di gravità = 9,81 in m/s²

la porta defluente a valle, in caso di collasso istantaneo, risulterebbe:

$$Q = 0,38 \cdot 10 \cdot 2,60 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2,60} = 71 \text{ mc/s}$$

Per verificare i livelli idrici raggiunti a valle in caso di rottura istantanea dello sbarramento è stata effettuata la simulazione idraulica con il programma HEC-RAS, considerando in corrispondenza della sezione n. 3.9 della simulazione idraulica l'immissione di una portata pari a 71 m³/s.

Cautelativamente è stata considerata una portata naturale del torrente Spinti pari a 10 mc/s corrispondente ad una morbida.

Alla sezione 3.9, sezione in cui è localizzato il paramento di valle dello sbarramento, è stato inserito un cambio di portata sommando la portata naturale ipotizzata del torrente Spinti (10 mc/s) alla portata per ipotetico collasso dello sbarramento (71 mc/s) ottenendo quindi una portata a valle di 81 mc/s.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti e le sezioni a valle dello sbarramento.

HEC-RAS Plan: COLLASSO River: SPINTI Reach: SPINTI Profile: Qcollasso												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
SPINTI	11	Qcollasso	10.00	323.87	324.63	324.71	324.96	0.030026	2.57	3.89	10.30	1.33
SPINTI	10	Qcollasso	10.00	322.34	322.81	322.67	322.85	0.003768	0.83	12.12	37.69	0.46
SPINTI	9	Qcollasso	10.00	319.60	320.55	320.47	320.62	0.010203	1.13	8.92	35.86	0.73
SPINTI	8	Qcollasso	10.00	318.15	318.64	318.64	318.78	0.018150	1.66	6.13	23.52	0.99
SPINTI	7	Qcollasso	10.00	316.51	317.22	317.23	317.35	0.020818	1.64	6.20	26.19	1.04
SPINTI	6.5	Qcollasso	10.00	314.07	314.33	314.38	314.49	0.046360	1.74	5.76	38.40	1.43
SPINTI	6	Qcollasso	10.00	312.86	313.62	313.50	313.69	0.007076	1.19	8.38	23.85	0.64
SPINTI	5	Qcollasso	10.00	312.38	313.00	313.00	313.15	0.018068	1.75	5.73	18.60	1.01
SPINTI	4	Qcollasso	10.00	310.77	312.41	311.32	312.42	0.000073	0.24	43.89	49.70	0.08
SPINTI	3.9	Qcollasso	81.00	310.38	311.88	311.88	312.35	0.011943	3.04	26.93	29.87	0.99
SPINTI	3	Qcollasso	81.00	307.39	308.43	308.75	309.46	0.061229	4.55	18.12	35.03	2.02
SPINTI	2	Qcollasso	81.00	305.32	306.54	306.60	306.97	0.018520	2.89	28.09	44.79	1.15
SPINTI	1	Qcollasso	81.00	304.59	305.62	305.62	306.04	0.013261	2.88	28.10	33.78	1.01
SPINTI	0.5	Qcollasso	81.00	302.81	303.80	303.99	304.45	0.027328	3.58	23.21	41.33	1.41
SPINTI	0	Qcollasso	81.00	300.35	301.67	301.68	302.05	0.013816	2.72	29.73	40.59	1.02

Figura 3: Risultati della simulazione nel caso in cui si verificasse il collasso del paramento di valle dell'invaso.

Dalla tabella riportata si può osservare che a causa del collasso di parte dello sbarramento la corrente defluisce tutta in moto veloce. Il livello idrico immediatamente a valle dell'invaso è alla quota 308.43 m s.l.m., con un battente d'acqua di 1.04 m rispetto alla quota del fondo, e la portata è ampiamente contenuta all'interno delle sponde in tutto il tratto di valle, come si può vedere dalle immagini seguenti.

Il volume di invasore del bacino di valle è pari a circa 6.000 mc. Lo svuotamento dell'invaso a seguito del collasso di una porzione dello sbarramento è stimabile in circa 10/15 minuti.

Le aree esondabili sono riportate nella tav.10 "Planimetria aree esondabili collasso invasore".

VERIFICA IDRAULICA PER IPOTETICO COLLASSO DELLO SBARRAMENTO

Costruzione Invaso Artificiale – Progetto Definitivo

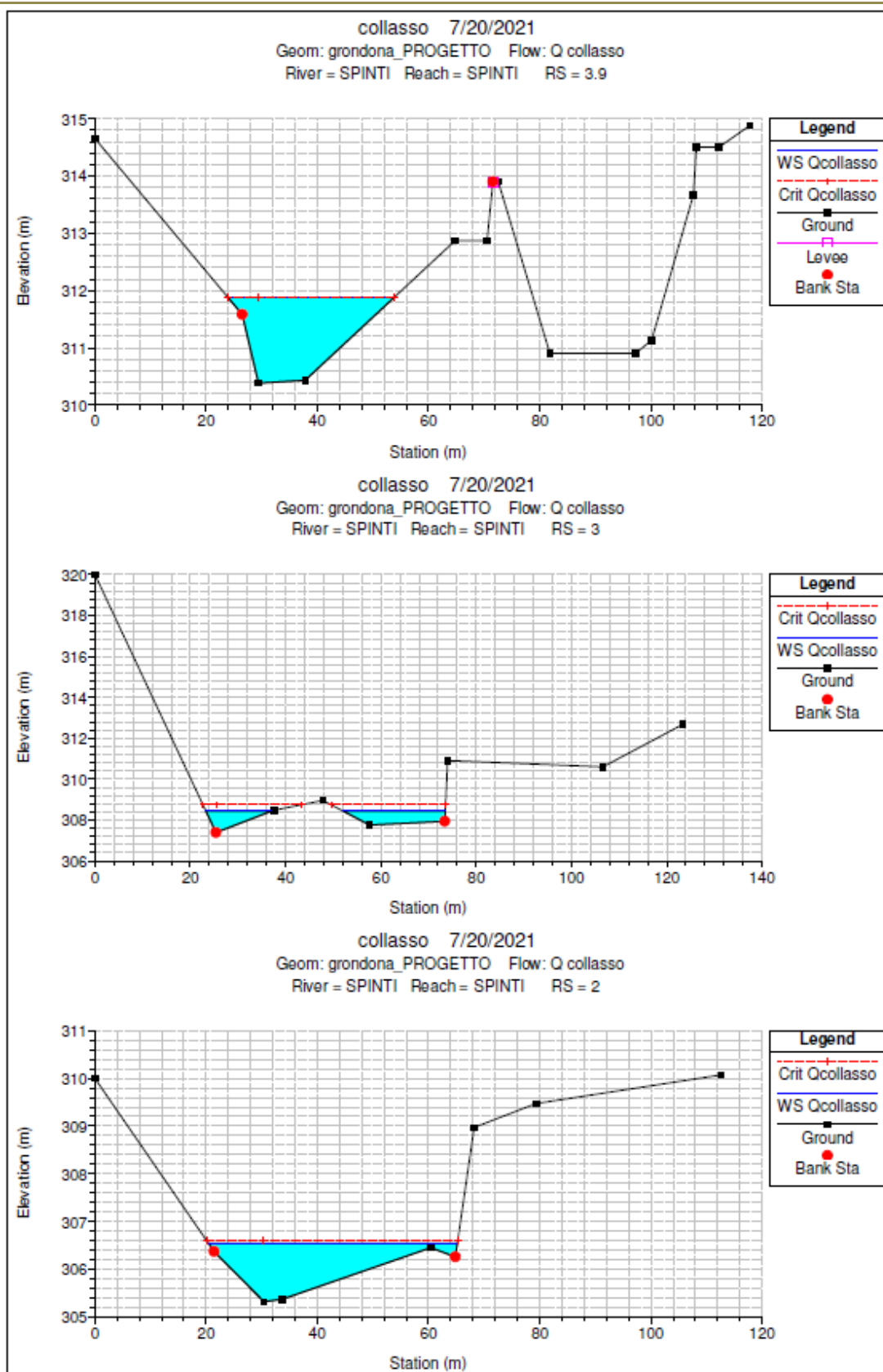


Figura 4: Sezioni a valle dell'alveo in caso di collasso dello sbarramento.

VERIFICA IDRAULICA PER IPOTETICO COLLASSO DELLO SBARRAMENTO

Costruzione Invaso Artificiale – Progetto Definitivo

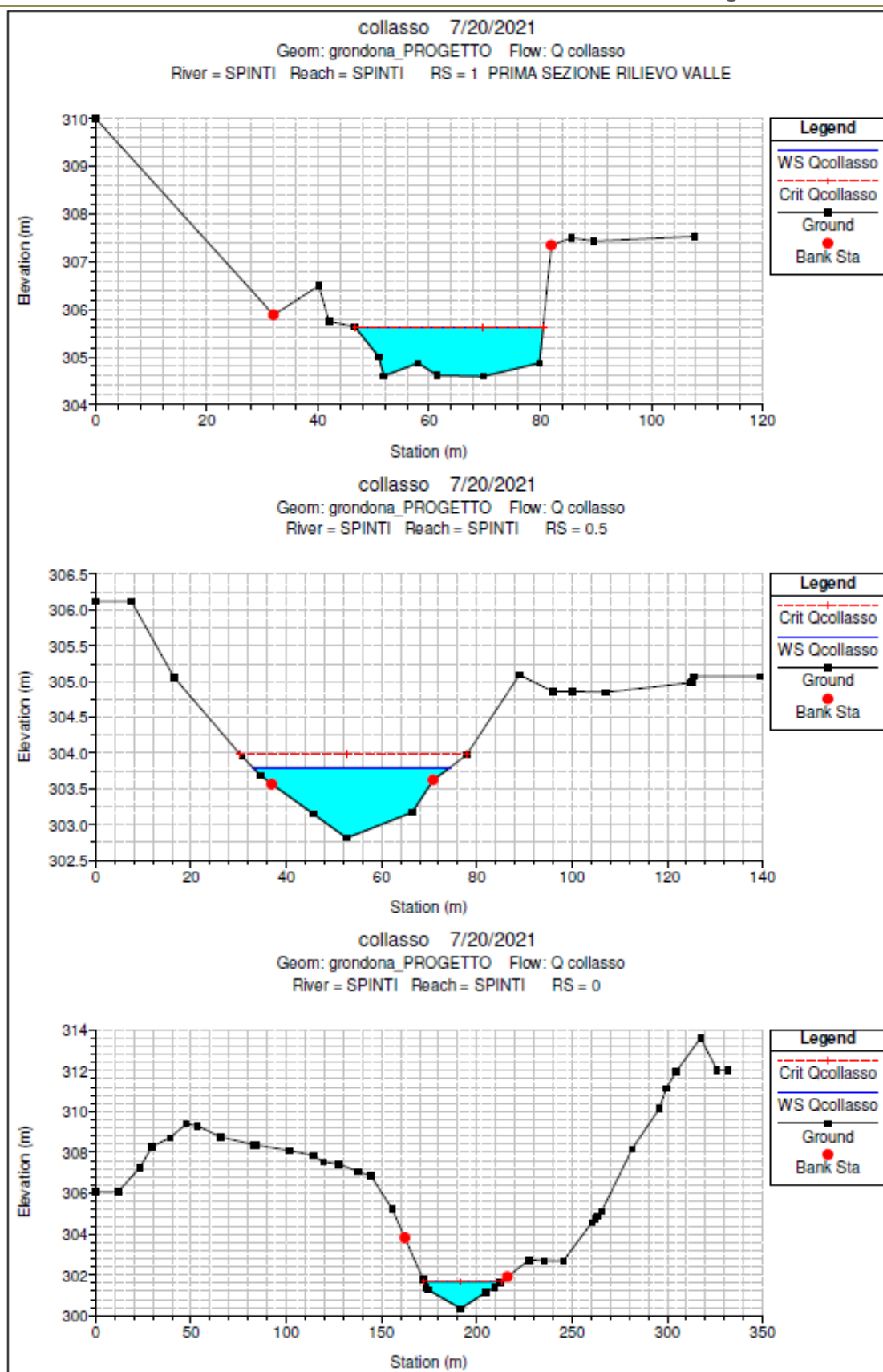


Figura 5 Sezioni a valle dell'alveo in caso di collasso dello sbarramento.

8 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state descritte le caratteristiche dell'invaso in progetto e sono stati valutati gli effetti indotti dalla presenza di tale opera, che produce un invaso di circa 14.000 m³.

Le dimensioni ridotte, le caratteristiche delle opere (parzialmente interrate) e l'assenza di abitazioni e/o concentrici a valle, permette di garantire un elevato grado di sicurezza, evitando situazioni di criticità.

Le verifiche di stabilità condotte hanno dato esito positivo.

In situazione di esercizio si sono valutati gli effetti di un ipotetico collasso dello sbarramento; dalla simulazione idraulica effettuata, è emerso che la portata di 71 mc/s stramazza dalla breccia ipotizzata defluisce a valle rimanendo all'interno delle sponde.

Non sono state riscontrate situazioni che possono compromettere la sicurezza delle persone e dei luoghi.