Firmato digitalmente da:
SERRA LUCIANO
Firmato il 23/06/2023 12:01
Seriale Certificato: 1234627
Valido dal 04/03/2022 al 04/03/2025
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Green Power

IMPIANTO DI RIGOSO – DIGA DI LAGO BALLANO E LAGO VERDE: SERVIZI DI PROGETTAZIONE

RECUPERO DELLA DIGA DI LAGO BALLANO
PROGETTO DEFINITIVO

SPERI STRATEGIES FOR WATER FROSIO next

con la consulenza di WATERWAYS

TITOLO	CODICE OPERA
RELAZIONE IDRAULICA	**C732**
	CODICE ELABORATO **R103**

REVISIONE	DATA	NOTE
1	19/05/2023	Prima revisione in seguito all'Istruttoria della DGD del 15/09/2022.

Giorgio
Lupoi
23.06.2023
09:01:08
GMT+00:00

Contratto:	n° 1401366462
Oggetto:	**IMPIANTO DI RIGOSO - DIGA DI LAGO BALLANO E LAGO VERDE: SERVIZI DI PROGETTAZIONE**
Data contratto:	05 Giugno 2020
Durata:	36 mesi
Cliente:	**Enel Green Power S.p.A.**
Gestore del Contratto	Ing. Federica Cella
Gestione Tecnica	Ing. Luca Dal Canto
ATI:	STUDIO SPERI Società di ingegneria S.r.l. (Mandataria) Frosio Next S.r.l. (Mandante) Waterways S.r.l. (Consulente)
ATI PM:	Gianluca Gatto
ATI Staff	Federico Bisci, Gioele Filippi, Piero Civollani, Fabrizio Cassone, Simone Di Lorenzo, Alessandro Ferrera, Luciano Serra, Luigi Papetti, Matteo Rebuschi, Caterina Frosio

Storia del documento

Revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato	Note
1	19/05/2023	Matteo Rebuschi	Luciano Serra	Giorgio Lupoi	Prima revisione in seguito all'Istruttoria della DGD del 15/09/2022
0	28/04/2023	Matteo Rebuschi	Luciano Serra	Giorgio Lupoi	Prima emissione

STUDIO SPERI Società di ingegneria S.r.l. *e* ***Frosio Next S.r.l.*** *non si assumono alcuna responsabilità per l'utilizzo da parte di terzi di risultati o metodi presentati in questo rapporto.*

Le Società sottolineano inoltre che varie sezioni di questo rapporto si basano su dati forniti da o provenienti da fonti di terze parti. ***STUDIO SPERI Società di ingegneria S.r.l.*** *e* ***Frosio Next S.r.l.*** *non si assumono alcuna responsabilità per perdite o danni subiti dal cliente o da terzi a causa di errori o inesattezze in tali dati da terze parti*

INDICE

1. INTRODUZIONE 2
2. SERBATOIO 4
3. SFIORATORE DI SUPERFICIE 6
4. FRANCO 7
4.1 INTRODUZIONE 7
4.2 FETCH DEL BACINO DI BALLANO 7
4.3 VELOCITÀ DEL VENTO 7
4.4 AMPIEZZA D'ONDA 8
4.5 CALCOLO DEL FRANCO 8
4.6 CALCOLO DEL FRANCO NETTO 8
5. STIMA DEL TEMPO DI RITORNO DELLA PORTATA CHE ANNULLA IL FRANCO 10
6. CANALE FUGATORE DELLO SCARICO DI SUPERFICIE 11
6.1 DESCRIZIONE GENERALE 11
6.2 RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO CON LA PORTATA DI PIENA MILLENARIA 12
6.3 VERIFICA IDRAULICA DEL CANALE FUGATORE CON LE PORTATE DI PIENA AVENTI TEMPI DI RITORNO INFERIORE AI MILLE ANNI 15
6.4 RECAPITO IN ALVEO NATURALE 17
6.5 VERIFICA IDRAULICA DELLA RESTITUZIONE IN ALVEO 18
6.6 DISSIPAZIONE DELL'ENERGIA DELLA RAPIDA DELLO SFIORATORE. 37
7. SCARICO DI FONDO 38
7.1 DESCRIZIONE GENERALE 38
7.2 ORGANI DI INTERCETTAZIONE 40
7.3 CALCOLI IDRAULICI 41
8. SISTEMA DI AGGOTTAMENTO DEI DRENAGGI 43
8.1 DESCRIZIONE GENERALE 43
8.2 DIMENSIONAMENTO 44

1. INTRODUZIONE

Il presente rapporto ha lo scopo di illustrare e descrivere tutti le valutazioni idrauliche relative alla diga di Lago Ballano (PR) ed è parte integrante del progetto definitivo di miglioramento sismico e di recupero dello sbarramento, redatto ai sensi della normativa nazionale vigente (*MIT19-NTC18* e *NTD14*).

Questa versione del rapporto risulta essere la prima revisione del documento originario, effettuata in seguito all'Istruttoria della Direzione Generale Dighe (DGD) del 15/09/2022. Per semplicità di trattazione, le parti modificate rispetto alla prima emissione, sono riportate evidenziate in ciano.

Il progetto in esame è finalizzato al recupero parziale dell'invaso e al miglioramento sismico e idraulico della diga di Lago Ballano, attualmente messa sostanzialmente fuori esercizio, con limitazione del livello d'invaso alla 1330.00 m s.l.m., a seguito nota prot. n. 20484 del 09.10.2015, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano. L'intervento in progetto prevede la parziale demolizione e l'abbassamento della diga, riducendo in questo modo le sollecitazioni sul corpo diga e l'estensione degli interventi di manutenzione; inoltre verrà realizzato il nuovo scarico di superficie, l'impermeabilizzazione e il consolidamento del paramento di monte.

Lo sbarramento, costruito nel 1907-1908, attualmente è costituito da una diga a gravità con un'altezza di 20,00 m e volume di invaso di 1,27 Mm^3. Tali caratteristiche inquadrano la diga nella come "*diga di competenza del Servizio Nazionale Dighe*", ai sensi della normativa tecnica nazionale (*MinLLPP95*), e come "*grande diga*", conseguentemente l'opera ricade nella categoria delle "*dighe di importanza strategica*" (*NTD14, Par. C.7.7.2*). Lo sbarramento è attualmente sostanzialmente fuori servizio, a causa della limitazione del livello d'invaso imposta con nota prot. n. 20484 del 09/10/2015, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano. L'intervento oggetto del presente progetto definitivo prevede il parziale recupero della capacità d'invaso dello sbarramento, tramite demolizione di parte della diga esistente e interventi di ristrutturazione della restante parte di opera. In seguito agli interventi previsti dal presente progetto definitivo, la diga risulterà avere un'altezza pari a 9,70 m e un volume d'invasi pari a 0,60 Mm^3. Tali caratteristiche comporteranno il declassamento dell'opera a "*diga di competenza regionale*" (*MinLLPP95*) e a "*diga di dimensioni contenute*". Lo sbarramento ricadrà ancora nella categoria delle "*dighe di importanza strategica*" in virtù del suo utilizzo idroelettrico prevalente (*NTD14, Par. C.7.7.2*).

Le quote e la larghezza dello sfioratore sono dati di progetto e sono stati considerati per il calcolo e la verifica del franco di sicurezza e la relativa quota di massimo invaso. Il canale di scarico viene demolito e rifatto; qui ne è stata verificata la conformità idraulica dal punto di vista dei tiranti e delle velocità massime. Gli organi di intercettazione dello scarico di fondo sono stati rivisti e nel relativo capitolo viene descritto il nuovo sistema. E' stato previsto un impianto di aggrottamento connesso alle modifiche del sistema di raccolta dei drenaggi al fine di scaricare esternamente al corpo diga le infiltrazioni.

L'attività di redigere il presente progetto definitivo fa parte di quelle indicate nel contratto di servizi n. 1401366462, tra il gestore dell'impianto, Enel Green Power Italia Srl, e l'Associazione Temporanea d'Impresa (di seguito ATI), composta dalla società mandataria STUDIO SPERI Società di Ingegneria S.r.l e dalla società mandante FROSIO NEXT S.r.l. La progettazione delle opere oggetto del contratto è stata eseguita con il contributo all'ATI della società Waterways S.r.l.

Sono parte integrante della presente relazione i seguenti rapporti:

C732-R005 Studio sismotettonico e analisi della pericolosità sismica

C732-R101 Relazione generale

C732-R102 Relazione idrologica

C732-R103 Relazione idraulica

C732-R104 Relazione geologica e geomorfologica

C732-R105 Relazione geotecnica e geomeccanica

C732-R106 Relazione di calcolo

C732-D101 Corografia

C732-D102 Stato attuale – Planimetria diga 1:250

C732-D103 Stato attuale – Vista da monte e sezioni diga

C732-D104 Stato attuale – Scarico di superficie

C732-D105 Geologica – Planimetria 1:1000

C732-D111 Stato finale – Planimetria generale

C732-D112 Stato finale – Planimetria diga

C732-D113 Stato finale – Vista da monte e da valle diga

C732-D114 Stato finale – Sezioni trasversali diga 1/2

C732-D115 Stato finale – Sezioni trasversali diga 2/2

C732-D116 Stato finale – Scarico di superficie planimetria e profilo

C732-D117 Stato finale – Scarico di superficie sezioni

C732-D137 Paramento di monte e galleria di ispezione e drenaggio – Schermo di drenaggio

C732-D138 Paramento di monte e galleria di ispezione e drenaggio – Schermo di iniezioni

C732-D144 Scarico di fondo e galleria di accesso – Ricostruzioni – profilo e Sezioni

C732-D191 Strumentazione di monitoraggio – Planimetria

C732-D192 Strumentazione di monitoraggio – Sezioni

2. SERBATOIO

Il bacino imbrifero che alimenta direttamente il Lago Ballano è ubicato presso lo spartiacque tra i bacini dell'Enza e del Magra ed ha una superficie di 0,85 km² (Figura 2.1).

Figura 2.1 Ortofoto invaso di Ballano allo stato attuale

Il serbatoio è originato dal sopralzo di un lago naturale di origine glaciale, da cui ha origine il Rio della Barca, che aveva soglia naturale circa a quota 1.337 m s.l.m. con una superficie di 74.000 m² ed un invaso di circa 400.000 m³ tra la 1.337 e la 1.330 m s.l.m.

Dal 1994 il serbatoio è stato soggetto ad una limitazione di invaso alla quota 1.338 m s.l.m., che rendeva disponibili per la regolazione poco più di 400.000 m³; dal 09.10.2015 l'invaso è limitato alla quota 1.330 m s.l.m. (soglia scarico di fondo/derivazione).

Il progetto prevede il recupero dell'invaso fino a quota 1.340 m s.l.m. corrispondente ad un volume regolabile di circa 600.000 m³ (Figura 2.2 e Tabella 2.1).

Tabella 2.1 Valori della curva quote aree volume regolati

Quota	Aree	Volumi regolati
[m s.l.m.]	[m² 10³]	[m³ 10³]
1.340	86	600
1.339	83	530
1.338	79	460
1.337	74	400
1.336	69	330
1.335	64	270
1.334	59	210
1.333	55	155
1.332	51	100
1.331	47	50
1.330	44	0

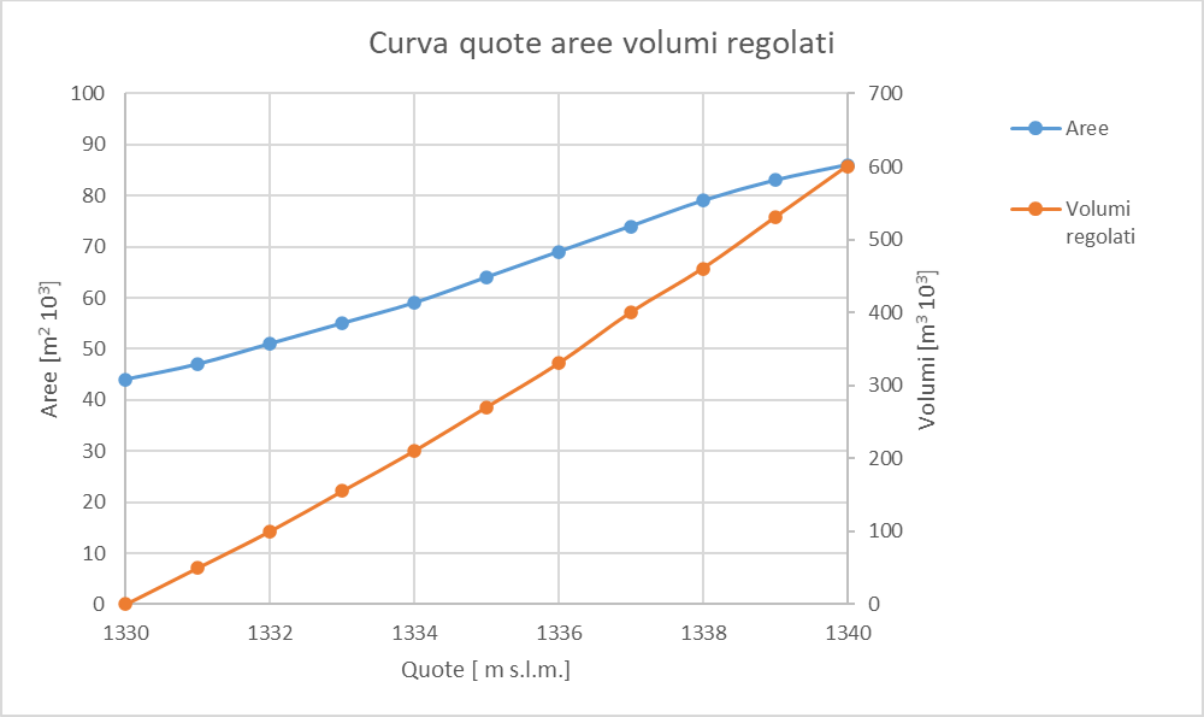


Figura 2.2 - Curva quote aree volumi regolati

3. SFIORATORE DI SUPERFICIE

È previsto uno sfioratore di superficie con profilo sviluppato da Creager e Scimemi; la legge di efflusso considerata è la seguente:

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

Dove L è la larghezza della luce sfiorante, pari a 20 m, μ il coefficiente di efflusso cautelativamente ridotto a 0.43; la portata Q di piena millenaria è quella determinata nella Relazione Idrologica ed è pari a 50 m^3/s.

Con semplici passaggi matematici si calcola il tirante idrico di piena millenaria h che determina la portata considerata.

h = 1,2 m

La quota di massimo invaso è pari alla quota di massima regolazione, pari alla quota della soglia dello sfioratore in quanto non si prevedono organi elettromeccanici di regolazione, maggiorata del tirante di piena millenaria.

Quota massima regolazione (soglia dello sfioratore) = 1.340 m s.l.m.

Quota massimo invaso = 1.340 + 1,2 = 1.341,2 m s.l.m.

Il volume di laminazione dell'invaso è pari alla differenza tra quello che si avrebbe in concomitanza della quota di massima regolazione e della quota di massimo invaso.

Volume alla quota di massima regolazione = 600 m^3 10^3

Volume alla quota di massimo invaso = 710 m^3 10^3

Volume di laminazione = 110 m^3 10^3

4. FRANCO

4.1 Introduzione

Il franco di sicurezza è stato determinato in modo conforme al DM 16 giugno 2014 "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)".

Nel presente capitolo si è verificato solamente il franco netto e non si sono apportate modifiche alle quote caratteristiche di progetto.

La quota del coronamento dello sbarramento q_c è pari a 1.343,2 m s.l.m..

Il franco f è pari alla quota del coronamento meno la quota di massimo invaso.

Per il calcolo del franco netto si devono considerare le onde da vento e da sisma nel serbatoio (Figura 4.1).

Velocità vento [km/h]	Ampiezza d'onda [m]									
	Fetch [km]									
	1	2	4	6	8	10	11	20	40	50
100	0,27	0,38	0,53	0,65	0,75	0,84	0,88	1,18	1,67	1,87
80	0,20	0,29	0,40	0,49	0,57	0,64	0,67	0,90	1,27	1,42
60	0,14	0,20	0,29	0,35	0,41	0,45	0,48	0,64	0,90	1,01
40	0,09	0,13	0,18	0,22	0,26	0,29	0,30	0,40	0,57	0,63

run-up [m]									
0,033	0,063	0,12	0,17	0,223	0,273	0,298	0,518	0,973	1,188

Figura 4.1 Ampiezza d'onda e run-up in funzione della velocità del vento e del fetch (capitolo C.2 delle Norme Tecniche del 2014)

4.2 Fetch del bacino di Ballano

Il fetch del bacino di Ballano è meno di 300 metri.

4.3 Velocità del vento

La velocità del vento è stata calcolata con le assunzioni e le formule riportate nei capitoli 3.3.1 e 3.3.2 delle NTC 2018.

Rimandando alle NTC 2018 per maggiori informazioni, di seguito si riportano i valori dei parametri calcolati ed i risultati ottenuti.

Tabella 4.1 Velocità del vento ai sensi delle NTC 2018

Grandezza	Abbreviazione	Valore	unità di misura
Velocità base di riferimento al livello del mare	$V_{b,0}$	25	m/s
Coefficiente di altitudine	C_a	1,35	-
Altitudine di riferimento regionale	a_0	750	m
Parametro funzione NTC 2018	k_s	0,45	-
Altitudine sito di riferimento (soglia sfioratore)	a_s	1.340	m s.l.m.
Velocità base di riferimento	V_b	33,85	m/s
Tempo di ritorno vento	T_r	1000	anni
Coefficiente di ritorno	c_r	1,16	-
Velocità di riferimento	V_r	39,18	m/s
Velocità di riferimento	V_r	141,04	km/h

Si precisa che è molto improbabile che si abbia, contemporaneamente, una precipitazione che formi una portata avente un tempo di ritorno di 1000 anni ed un vento avente lo stesso tempo di ritorno.

4.4 Ampiezza d'onda

Per il calcolo della massima ampiezza delle onde generate dal vento si è ricavata la funzione che interpola la curva avente come ascisse la velocità del vento e come ordinate l'ampiezza delle onde, a fetch costante; tale curva è stata presa dalla tabella riportata in Figura 4.1, avendo considerato il fetch del bacino pari a 1 km.

Come funzione di interpolazione si è considerata una polinomiale del terzo ordine:

Ampiezza onda = -1,0842021725/10^19 * Vr^3 + 1,25/10^5 * Vr^2 + 1,25/10^3 * Vr + 2/100

La velocità del vento è stata considerata pari a 141 km/h. Pertanto, l'ampiezza d'onda ed il run up sono pari a:

- 0,445 m – ampiezza onda
- 0,033 m – run up

Inoltre, è usuale l'assunzione che la ampiezza definita in tabella nella norma sia in realtà la semi ampiezza.

4.5 Calcolo del franco

Conseguentemente, il franco minimo dovrebbe quindi essere assunto per le NTD 2014 come 1 + 0,445 + 0,033 = 1,478 m, sopra il livello di massimo invaso.

4.6 Calcolo del franco netto

Il franco netto f_n, che deve essere maggiore del franco minimo, sarà pari al franco f meno l'ampiezza dell'onda ed il run up: $f_n = f – (0,445 + 0,033)$

Si allegano i risultati ottenuti (Tabella 4.2).

Tabella 4.2 Franco netto in funzione delle due portate considerate

Quota coronamento	1.343,2	m s.l.m.
Quota massimo invaso	1.341,2	m s.l.m.
Franco	2	m
Semionda	0,445	m
Run up	0,033	m
Franco netto	1,523	m

Il franco netto è quindi 1,523 m, superiore al minimo prescritto, sia pure calcolato mediante un procedimento cautelativo. Si è convenuto di non apportare modifiche alla quota del coronamento o alla soglia dello sfioratore.

5. STIMA DEL TEMPO DI RITORNO DELLA PORTATA CHE ANNULLA IL FRANCO

Ai sensi delle disposizioni di cui al p.to C.1 delle NTD si deve calcolare anche il tempo di ritorno dell'evento di piena che annulla il franco.

Di seguito si descrive il processo che ha portato al calcolo di tale tempo di ritorno.

Per prima cosa si è calcolato il tirante che annulla il franco, pari alla quota del coronamento meno la quota della soglia dello sfioratore: 1.343,2 – 1.340 = 3,2 m.

Con questo tirante, i dati geometrici e la formula riportata nel capitolo precedente si è calcolata la portata che annulla il franco, pari a 218,6 m^3/s.

Successivamente si è calcolata una portata fittizia a partire dai parametri della funzione di probabilità della log-normale riportata nella Relazione idrologica, avendo impostato un tempo di ritorno arbitrario.

Si calcola la differenza tra le due portate, quella che annulla il franco e quella determinata a partire dalla log-normale avendo impostato un tempo di ritorno arbitrario.

Con l'ausilio della funzione "risolutore" del software "excel", si annulla tale differenza, modificando il tempo di ritorno, scelto inizialmente in maniera arbitraria.

Così facendo, il risolutore calcola il tempo di ritorno della portata che annulla il franco dello sbarramento.

Questo tempo di ritorno è dell'ordine dei 34,9 miliardi di anni.

Il risultato ha un significato eminentemente numerico. In pratica basta affermare che l'evento che determinerebbe l'annullamento del franco è pressoché impossibile.

6. CANALE FUGATORE DELLO SCARICO DI SUPERFICIE

6.1 Descrizione generale

Il nuovo canale fugatore è previsto nella posizione planimetrica approssimativamente coincidente con quella esistente (Figura 6.1).

Il suo sviluppo fino al sottopasso è di circa 80 m; esso è suddiviso in due tratte larghe 5 m, la prima a minore pendenza (6%), lunga circa 40 m, ed una seconda a forte pendenza (41%), lunga circa 20 m.

I muri di sponda del canale hanno un'altezza di 3 m, costante lungo tutto lo sviluppo.

A valle della rapida c'è un tratto a minore pendenza, circa 9%, lungo circa 20 m, che approccia il sottopasso del piazzale sovrastante; è previsto uno scatolare in calcestruzzo armato di circa 20 m di lunghezza. La sezione è di 3 m di larghezza per 3 m di altezza e sfocia nell'alveo alla quota di 1.322,4 m s.l.m. La geometria del tratto a monte del sottopasso è convergente con quest'ultimo, in modo da evitare bruschi cambi di larghezza del canale.

A valle del sottopasso è prevista la restituzione al drenaggio naturale (Rio della Barca) protetta con un tratto di raccordo rivestito in gabbioni e materassi riempiti di materiale della demolizione. Il tratto protetto di raccordo è lungo circa 30 m.

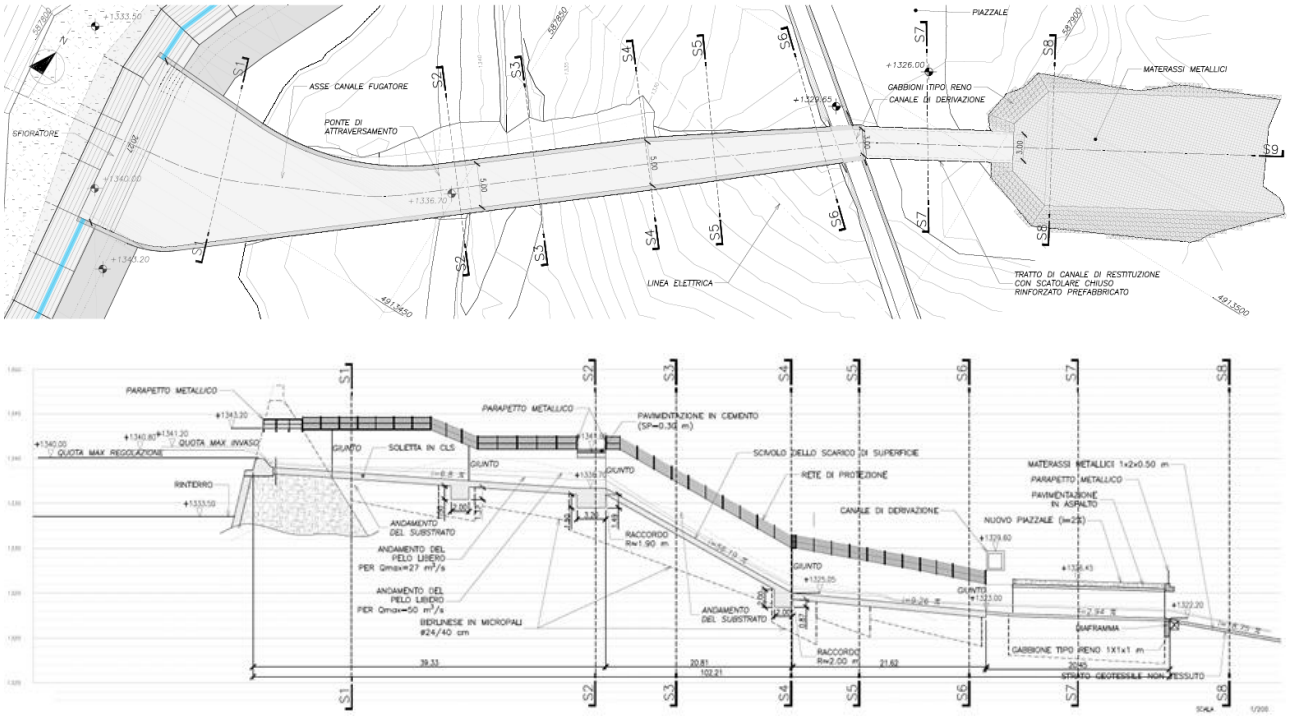


Figura 6.1 Planimetria e profilo longitudinale

6.2 Risultati del modello idraulico con la portata di piena millenaria

I calcoli idraulici sono stati eseguiti per tutta l'opera di scarico (sfioratore, canale fugatore, ex vasca di dissipazione, scatolare chiuso e recapito all'alveo naturale) per mezzo del codice di calcolo Hec-Ras (Figura 6.1, Figura 6.2, Tabella 6.1 e Tabella 6.2). Le altezze idrauliche si mantengono sempre entro i limiti di altezza del canale di scarico e garantiscono un idoneo franco all'interno dello scatolare.

I risultati sono in linea con le assunzioni teoriche con le quali è stata prevista la sistemazione della ex vasca di dissipazione:

- la corrente viene rallentata (da 15,84 m/s passa a 10,23 m/s) ed il numero di Froude risulta contenuto (da 6,36 passa a 2,56)
- il risalto idraulico non si instaura all'interno della vasca

Il modello idraulico è stato così costruito:

- altezza critica nella prima sezione di monte, rappresentata dal ciglio dello sfioratore di superficie
- altezza di moto uniforme nella sezione di valle dell'alveo naturale
- un valore del coefficiente di Strickler di 70 $m^{1/3}/s$ lungo tutto il canale fugatore, tranne le sezioni dell'ex vasca di dissipazione e del canale protetto in gabbioni di raccordo con l'alveo naturale
- un valore del coefficiente di Strickler di 30 $m^{1/3}/s$ lungo le sezioni dell'ex vasca di dissipazione e del canale protetto in gabbioni di raccordo con l'alveo naturale
- stato di moto permanente

La corrente percorre il ciglio dello sfioratore nello stato critico, subisce un'accelerazione causata dal primo tratto di pendenza contenuta, con una successiva decelerazione indotta da un tratto semi orizzontale a monte della rapida.

Lungo la rapida la corrente aumenta in maniera significativa la propria velocità, sino all'imbocco della vasca di dissipazione dove il brusco cambio di pendenza riduce, di un terzo, la velocità stessa; per ridurre ulteriormente la velocità si è previsto di rivestire il tratto dell'ex vasca di dissipazione con massi annegati nel calcestruzzo.

Nel sottopasso la corrente tende ad accelerare leggermente ma prosegue ancora pressoché indisturbata; il franco massimo della corrente è pari a circa 1,4 m. A valle del sottopasso si ha lo sfocio nell'alveo naturale, dove la larghezza del fondo aumenta così come la scabrezza, con una riduzione significativa della velocità.

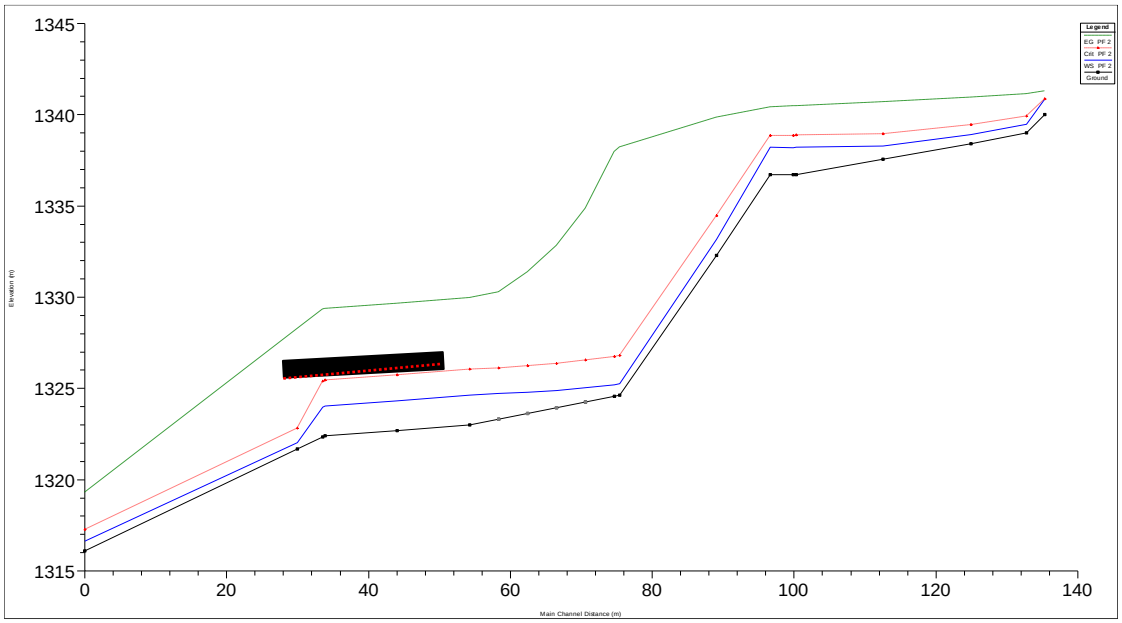


Figura 6.2 Profilo idraulico

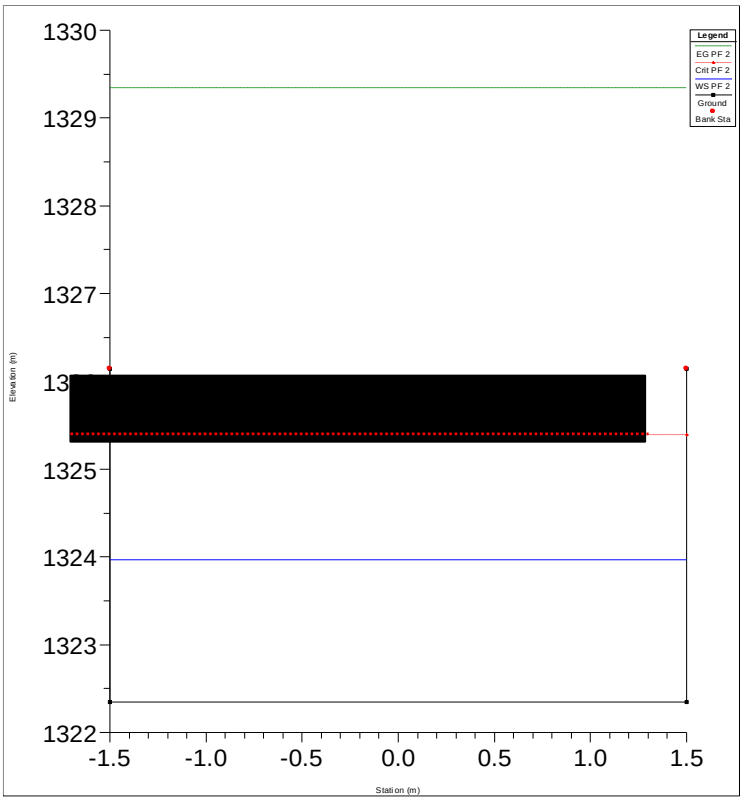


Figura 6.3 Sezione trasversale del sottopasso

Tabella 6.1 Legenda sezioni Hec-Ras

Legenda	
Profilo del terreno	Spezzata nera
Profilo della corrente	Spezzata blu
Profilo delle altezze critiche	Spezzata rossa
Profilo dell'energia specifica della corrente	Spezzata verde
Rettangolo nero pieno	Scatolare
Asse delle ordinate	Quote di riferimento
Asse delle ascisse	Progressiva del profilo longitudinale Progressiva della sezione trasversale

Tabella 6.2 Risultati ottenuti col modello di calcolo Hec – Ras

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	10	PF 2	50.00	1340.00	1340.86	1340.86	1341.29	0.002332	2.91	17.19	20.00	1.00
1	9.5	PF 2	50.00	1339.00	1339.49	1339.92	1341.15	0.018556	5.72	8.74	18.00	2.62
1	9	PF 2	50.00	1338.40	1338.92	1339.44	1340.96	0.020899	6.32	7.91	15.10	2.79
1	8	PF 2	50.00	1337.56	1338.29	1338.93	1340.69	0.017326	6.86	7.29	10.00	2.56
1	7	PF 2	50.00	1336.73	1338.23	1338.89	1340.50	0.009758	6.66	7.50	5.00	1.74
1	6	PF 2	50.00	1336.70	1338.19	1338.86	1340.49	0.009945	6.71	7.45	5.00	1.75
1	5.5	PF 2	50.00	1336.70	1338.22	1338.86	1340.43	0.009432	6.58	7.59	5.00	1.71
1	5	PF 2	50.00	1332.30	1333.17	1334.46	1339.85	0.047080	11.44	4.37	5.00	3.91
1	4	PF 2	50.00	1324.63	1325.26	1326.79	1338.22	0.128707	15.95	3.14	5.00	6.43
1	3.5	PF 2	50.00	1324.56	1325.19	1326.72	1337.98	0.693083	15.84	3.16	5.00	6.36
1	2	PF 2	50.00	1323.00	1324.63	1326.05	1329.97	0.029359	10.23	4.89	3.00	2.56
1	1	PF 2	50.00	1322.70	1324.33	1325.75	1329.67	0.029359	10.23	4.89	3.00	2.56
1	0.5	PF 2	50.00	1322.40	1324.03	1325.45	1329.37	0.029338	10.23	4.89	3.00	2.56
1	0.4	PF 2	50.00	1322.34	1323.97	1325.39	1329.34	0.162983	10.27	4.87	3.00	2.57
1	0.25	PF 2	50.00	1321.68	1322.03	1322.83	1328.26	0.593461	11.05	4.52	13.00	5.98
1	0.1	PF 2	50.00	1316.10	1316.64	1317.25	1319.29	0.148065	7.21	6.93	13.00	3.15

6.3 Verifica idraulica del canale fugatore con le portate di piena aventi tempi di ritorno inferiore ai mille anni

Il canale fugatore dello scarico di superficie è stato verificato, per mezzo del codice di calcolo Hec-Ras, anche con le seguenti portate, il cui procedimento di calcolo è stato descritto nella Relazione idrologica:

Tabella 6.3 Parametri curve di possibilità pluviometrica e relative portate aventi tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni

Tempo di ritorno [anni]	Q [m³/s]
50	28
100	31,5
200	35
500	41

Si riportano di seguito i profili idraulici ottenuti ed i dati caratteristici della corrente.

Importante da segnalare la ridotta differenza di velocità tra i vari profili idraulici al variare della portata di riferimento; questo implica che la velocità è molto più dipendente dai fattori geometrici (pendenza) del canale fugatore che dal valore di portata in senso stretto.

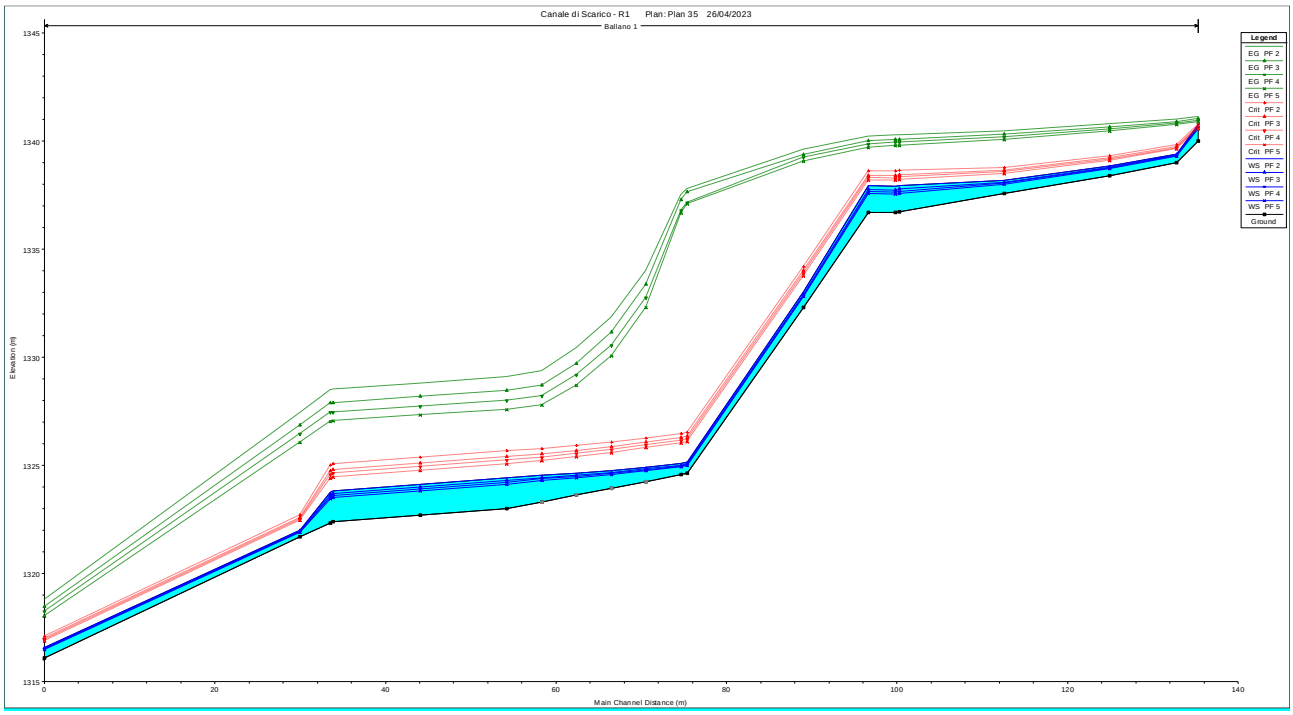


Figura 6.4 Profili idraulici sul canale fugatore delle portate aventi tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	10	PF 2	41.00	1340.00	1340.75	1340.75	1341.13	0.002423	2.73	15.02	20.00	1.01
1	10	PF 3	35.00	1340.00	1340.68	1340.68	1341.02	0.002496	2.59	13.50	20.00	1.01
1	10	PF 4	31.50	1340.00	1340.63	1340.63	1340.95	0.002536	2.50	12.59	20.00	1.01
1	10	PF 5	28.00	1340.00	1340.58	1340.58	1340.88	0.002599	2.41	11.63	20.00	1.01
1	9.5	PF 2	41.00	1339.00	1339.41	1339.81	1341.00	0.022070	5.59	7.34	18.00	2.79
1	9.5	PF 3	35.00	1339.00	1339.36	1339.73	1340.88	0.025315	5.48	6.39	18.00	2.93
1	9.5	PF 4	31.50	1339.00	1339.32	1339.68	1340.82	0.027878	5.41	5.82	18.00	3.04
1	9.5	PF 5	28.00	1339.00	1339.29	1339.62	1340.75	0.031135	5.34	5.24	18.00	3.16
1	9	PF 2	41.00	1338.40	1338.84	1339.31	1340.78	0.024675	6.17	6.65	15.10	2.97
1	9	PF 3	35.00	1338.40	1338.78	1339.21	1340.64	0.028128	6.04	5.80	15.10	3.11
1	9	PF 4	31.50	1338.40	1338.75	1339.16	1340.56	0.030753	5.95	5.29	15.10	3.21
1	9	PF 5	28.00	1338.40	1338.72	1339.10	1340.47	0.033824	5.86	4.78	15.10	3.32
1	8	PF 2	41.00	1337.56	1338.18	1338.76	1340.47	0.020350	6.70	6.12	10.00	2.74
1	8	PF 3	35.00	1337.56	1338.10	1338.64	1340.29	0.022954	6.56	5.34	10.00	2.87
1	8	PF 4	31.50	1337.56	1338.05	1338.56	1340.18	0.024880	6.46	4.87	10.00	2.96
1	8	PF 5	28.00	1337.56	1338.01	1338.49	1340.06	0.027051	6.35	4.41	10.00	3.05
1	7	PF 2	41.00	1336.73	1337.94	1338.63	1340.27	0.012068	6.76	6.07	5.00	1.96
1	7	PF 3	35.00	1336.73	1337.78	1338.44	1340.07	0.013647	6.71	5.22	5.00	2.10
1	7	PF 4	31.50	1336.73	1337.68	1338.32	1339.94	0.014775	6.66	4.73	5.00	2.19
1	7	PF 5	28.00	1336.73	1337.58	1338.20	1339.79	0.016036	6.59	4.25	5.00	2.28
1	6	PF 2	41.00	1336.70	1337.91	1338.60	1340.27	0.012298	6.80	6.03	5.00	1.98
1	6	PF 3	35.00	1336.70	1337.74	1338.41	1340.06	0.013902	6.75	5.19	5.00	2.12
1	6	PF 4	31.50	1336.70	1337.64	1338.29	1339.93	0.015055	6.70	4.70	5.00	2.21
1	6	PF 5	28.00	1336.70	1337.55	1338.17	1339.78	0.016342	6.63	4.23	5.00	2.30
1	5.5	PF 2	41.00	1336.70	1337.93	1338.60	1340.20	0.011645	6.68	6.14	5.00	1.92
1	5.5	PF 3	35.00	1336.70	1337.76	1338.41	1339.99	0.013107	6.62	5.29	5.00	2.05
1	5.5	PF 4	31.50	1336.70	1337.66	1338.29	1339.86	0.014139	6.56	4.80	5.00	2.14
1	5.5	PF 5	28.00	1336.70	1337.57	1338.17	1339.70	0.015264	6.48	4.32	5.00	2.22
1	5	PF 2	41.00	1332.30	1333.02	1334.19	1339.60	0.056365	11.36	3.61	5.00	4.27
1	5	PF 3	35.00	1332.30	1332.92	1334.01	1339.38	0.064653	11.25	3.11	5.00	4.56
1	5	PF 4	31.50	1332.30	1332.86	1333.89	1339.23	0.070968	11.18	2.82	5.00	4.75
1	5	PF 5	28.00	1332.30	1332.81	1333.77	1339.07	0.078669	11.08	2.53	5.00	4.98
1	4	PF 2	41.00	1324.63	1325.15	1326.52	1337.80	0.153722	15.75	2.60	5.00	6.97
1	4	PF 3	35.00	1324.63	1325.08	1326.34	1337.63	0.181199	15.69	2.23	5.00	7.50
1	4	PF 4	31.50	1324.63	1325.04	1326.22	1337.16	0.193342	15.42	2.04	5.00	7.70
1	4	PF 5	28.00	1324.63	1324.99	1326.10	1337.10	0.221203	15.41	1.82	5.00	8.16
1	3.5	PF 2	41.00	1324.56	1325.09	1326.46	1337.51	0.821823	15.61	2.63	5.00	6.88
1	3.5	PF 3	35.00	1324.56	1325.01	1326.27	1337.27	0.960920	15.51	2.26	5.00	7.37
1	3.5	PF 4	31.50	1324.56	1324.98	1326.15	1336.78	1.020580	15.22	2.07	5.00	7.55
1	3.5	PF 5	28.00	1324.56	1324.93	1326.03	1336.67	1.158491	15.17	1.85	5.00	7.97
1	2	PF 2	41.00	1323.00	1324.43	1325.66	1329.09	0.027905	9.56	4.29	3.00	2.55
1	2	PF 3	35.00	1323.00	1324.29	1325.40	1328.45	0.026707	9.02	3.88	3.00	2.53
1	2	PF 4	31.50	1323.00	1324.22	1325.23	1328.00	0.025325	8.61	3.66	3.00	2.49
1	2	PF 5	28.00	1323.00	1324.14	1325.07	1327.58	0.024355	8.22	3.41	3.00	2.46
1	1	PF 2	41.00	1322.70	1324.13	1325.36	1328.80	0.028030	9.57	4.28	3.00	2.56
1	1	PF 3	35.00	1322.70	1323.99	1325.10	1328.17	0.026951	9.05	3.87	3.00	2.55
1	1	PF 4	31.50	1322.70	1323.91	1324.93	1327.73	0.025709	8.65	3.64	3.00	2.51
1	1	PF 5	28.00	1322.70	1323.83	1324.77	1327.32	0.024864	8.28	3.38	3.00	2.49
1	0.5	PF 2	41.00	1322.40	1323.83	1325.06	1328.51	0.028140	9.59	4.28	3.00	2.56
1	0.5	PF 3	35.00	1322.40	1323.68	1324.80	1327.89	0.027189	9.08	3.85	3.00	2.56
1	0.5	PF 4	31.50	1322.40	1323.61	1324.63	1327.46	0.026058	8.70	3.62	3.00	2.53
1	0.5	PF 5	28.00	1322.40	1323.52	1324.47	1327.06	0.025323	8.33	3.36	3.00	2.51
1	0.4	PF 2	41.00	1322.34	1323.76	1325.01	1328.49	0.156589	9.63	4.26	3.00	2.58
1	0.4	PF 3	35.00	1322.34	1323.62	1324.74	1327.87	0.151567	9.13	3.83	3.00	2.58
1	0.4	PF 4	31.50	1322.34	1323.55	1324.58	1327.44	0.145501	8.74	3.60	3.00	2.55
1	0.4	PF 5	28.00	1322.34	1323.46	1324.41	1327.04	0.141638	8.38	3.34	3.00	2.54
1	0.25	PF 2	41.00	1321.68	1321.99	1322.69	1327.44	0.613319	10.34	3.97	13.00	5.98
1	0.25	PF 3	35.00	1321.68	1321.96	1322.59	1326.84	0.626748	9.78	3.58	13.00	5.96
1	0.25	PF 4	31.50	1321.68	1321.94	1322.53	1326.44	0.627907	9.39	3.35	13.00	5.91
1	0.25	PF 5	28.00	1321.68	1321.92	1322.46	1326.06	0.635707	9.01	3.11	13.00	5.88
1	0.1	PF 2	41.00	1316.10	1316.58	1317.11	1318.78	0.139685	6.56	6.25	13.00	3.02
1	0.1	PF 3	35.00	1316.10	1316.55	1317.01	1318.44	0.133680	6.10	5.74	13.00	2.93
1	0.1	PF 4	31.50	1316.10	1316.52	1316.94	1318.24	0.129954	5.80	5.43	13.00	2.87
1	0.1	PF 5	28.00	1316.10	1316.50	1316.88	1318.04	0.126157	5.49	5.10	13.00	2.80

Figura 6.5 Risultati ottenuti col modello di calcolo Hec – Ras per portate inferiori a quella millenaria

6.4 Recapito in alveo naturale

La velocità di deflusso allo sbocco del sottopasso è di 11,05 m/s e quindi si richiede una protezione importante per poter rilasciare il flusso in caso di piena e proteggere l'opera da erosioni regressive.

La protezione si compone di:

- Subito a valle del sottopasso verranno realizzati dei diaframmi, larghi 0,5 m e profondi 2 m nel terreno, che svolgeranno la funzione di taglione; lateralmente, divergenti rispetto all'asse del canale, sono previsti i muri d'ala di contenimento del terrapieno a valle del sottopasso
- Subito a valle della fascia di diaframmi verrà prevista una fila di gabbioni, ortogonale all'asse del canale; i gabbioni verranno posati seguendo la pendenza dell'alveo naturale
- Dopo la fila di gabbioni saranno previsti diversi materassi metallici, aventi dimensioni 1 x 2 x 0,5 m, che seguiranno la pendenza naturale dell'alveo
- Lateralmente e in continuità dei muri d'ala, verranno previsti due gabbioni sovrapposti di protezione spondale

La lunghezza totale della sistemazione è di circa 30 m.

I gabbioni ed i materassi metallici saranno riempiti con pietrame recuperato in situ; queste strutture aumentano in maniera significativa la scabrezza di un fondo naturale, quindi, oltre a proteggere l'alveo da erosioni localizzate o retrograde, contribuiscono al rallentamento della corrente.

I gabbioni ed i materassi verranno posati su uno strato di geotessile non tessuto, tranne la zona terminale dell'intervento di sistemazione dell'alveo naturale, cioè tranne gli ultimi 10 m di sistemazione dell'alveo. Questa soluzione indurrà alle strutture prive di TNT una leggera inflessione verso il basso, con il successivo consolidamento dell'intero alveo sistemato.

L'inflessione arresta l'erosione regressiva.

6.5 Verifica idraulica della restituzione in alveo

La verifica idraulica della restituzione in alveo naturale è stata effettuata analizzando per circa 1,5 km l'interazione della corrente in uscita dal canale fugatore (si è considerato tutto il canale così come descritto nei capitoli precedenti con l'alveo di valle; la geometria delle sezioni trasversali ed il profilo longitudinale sono stati acquisiti dal DTM a passo 5x5 messo a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna, ricavato dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5000.

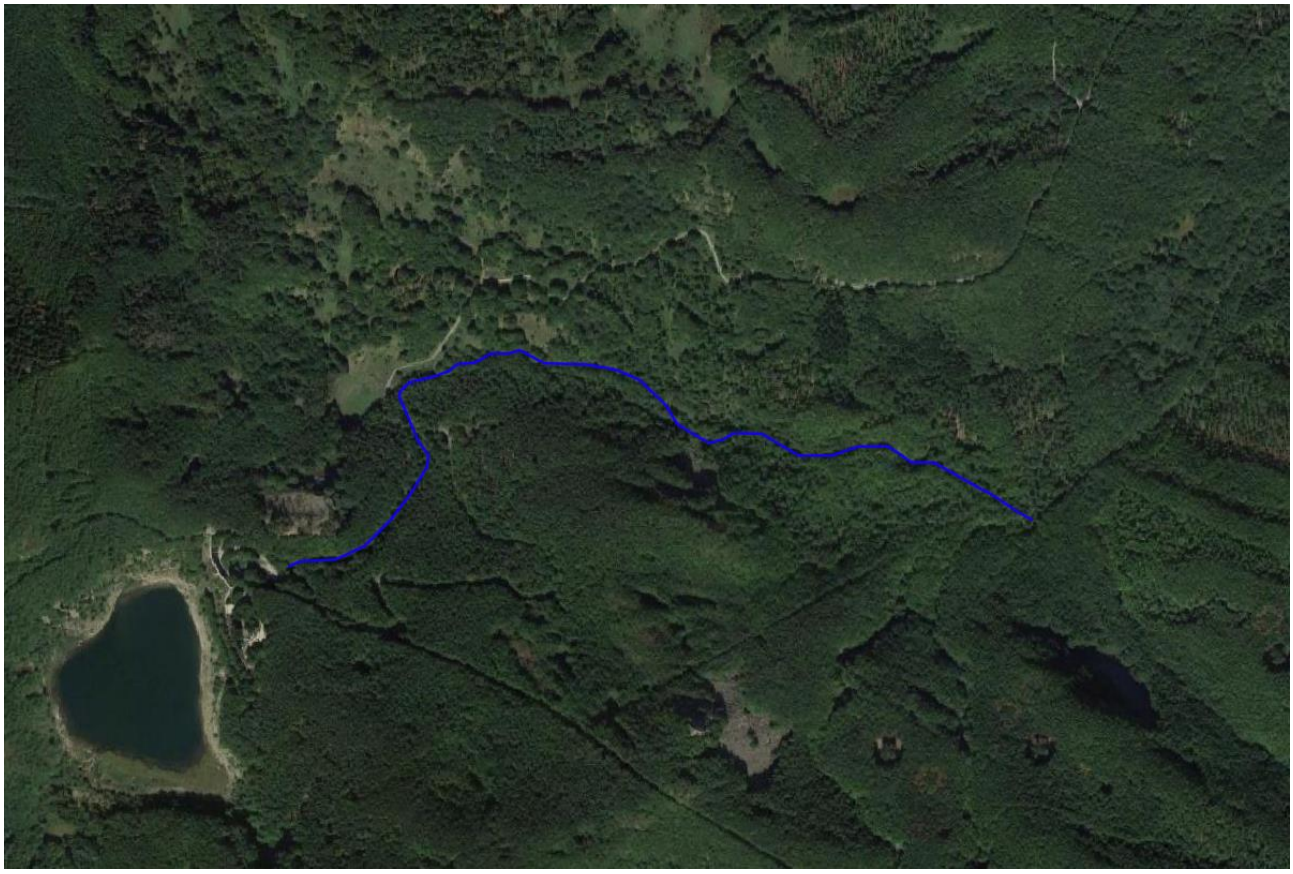


Figura 6.6 - Alveo di valle verificato - inquadramento su ortofoto

La verifica è stata effettuata con le portate aventi tempo di ritorno di 1000, 500, 200, 100 e 50 anni; si è eseguita una modellazione monodimensionale con il software open source hec-ras.

Il modello idraulico è stato così costruito:

- altezza critica nella prima sezione di monte, rappresentata dal ciglio dello sfioratore di superficie
- altezza di moto uniforme nella sezione di valle dell'alveo naturale
- un valore del coefficiente di Strickler di 70 $m^{1/3}/s$ lungo tutto il canale fugatore, tranne le sezioni dell'ex vasca di dissipazione e del canale protetto in gabbioni di raccordo con l'alveo naturale
- un valore del coefficiente di Strickler di 30 $m^{1/3}/s$ lungo le sezioni dell'ex vasca di dissipazione e del canale protetto in gabbioni di raccordo con l'alveo naturale
- stato di moto permanente

Si segnala che l'alveo di valle analizzato presenta una pendenza media del 18%; invece, nei primi 360 m circa di alveo la pendenza media si attesta intorno al 30%.

Si riporta di seguito il profilo idraulico della portata millenaria; i profili di corrente delle portate aventi tempo di ritorno inferiore ai mille anni non vengono allegati.

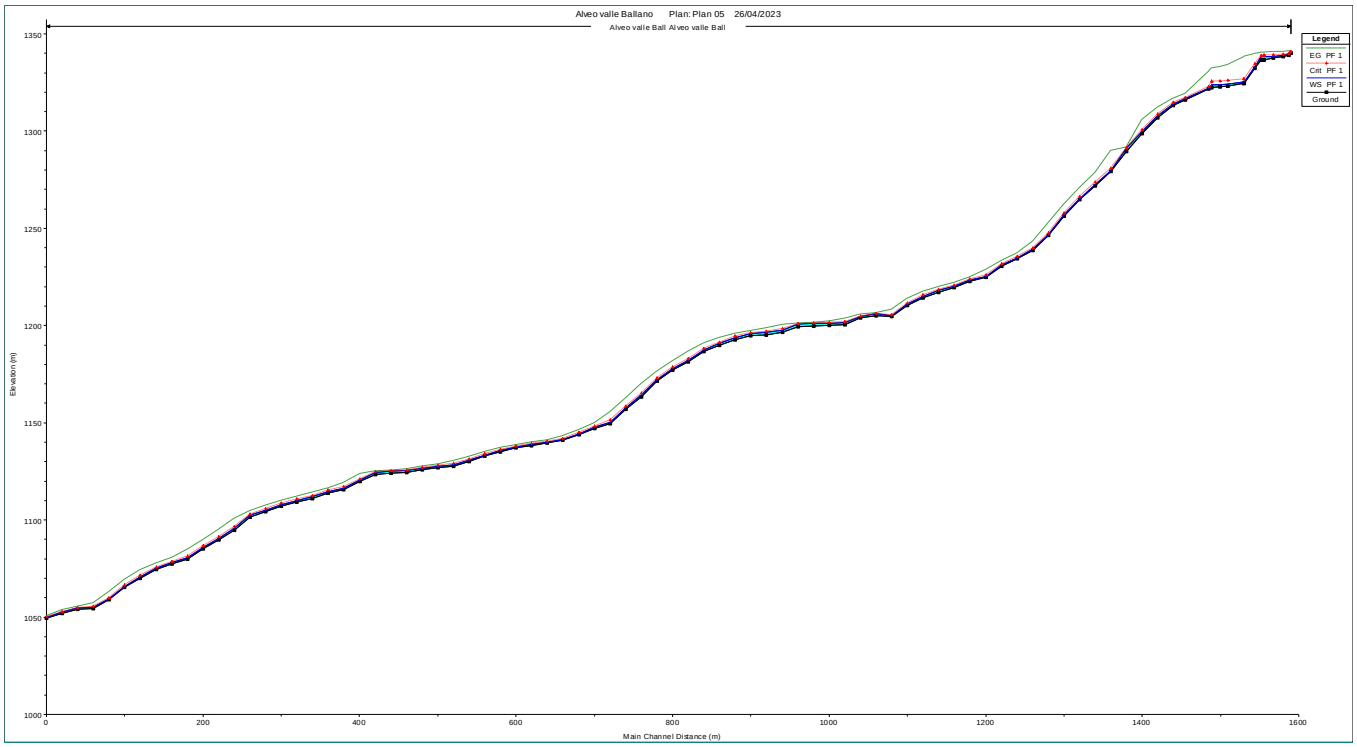


Figura 6.7 Profilo completo alveo di valle analizzato

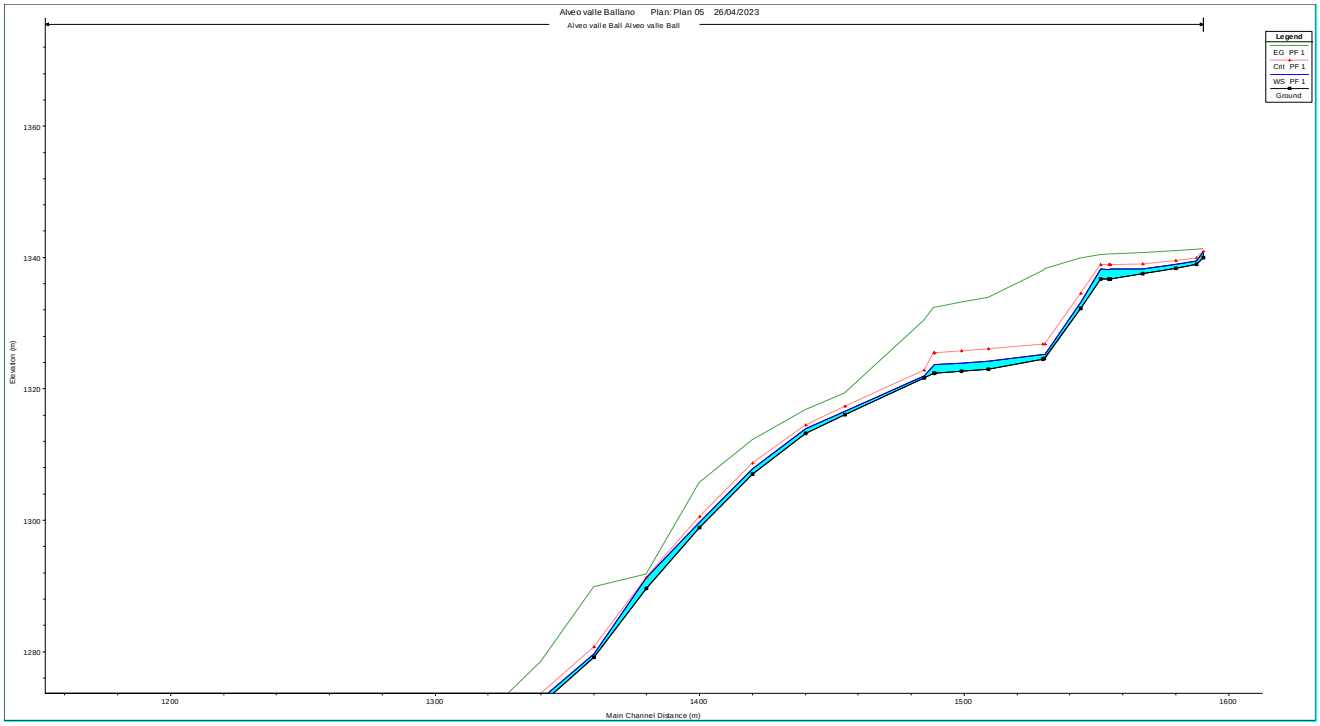


Figura 6.8 Profilo idraulico alveo di valle (1)

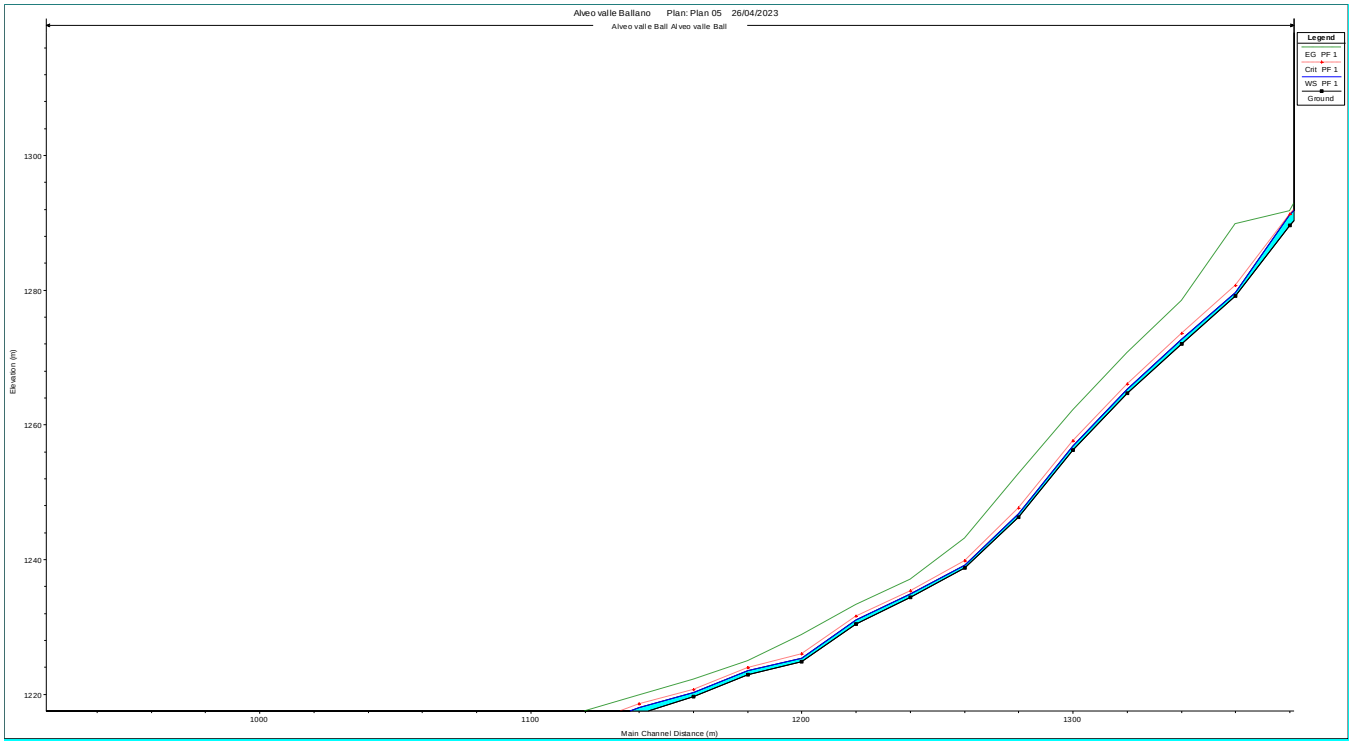


Figura 6.9 Profilo idraulico alveo di valle (2)

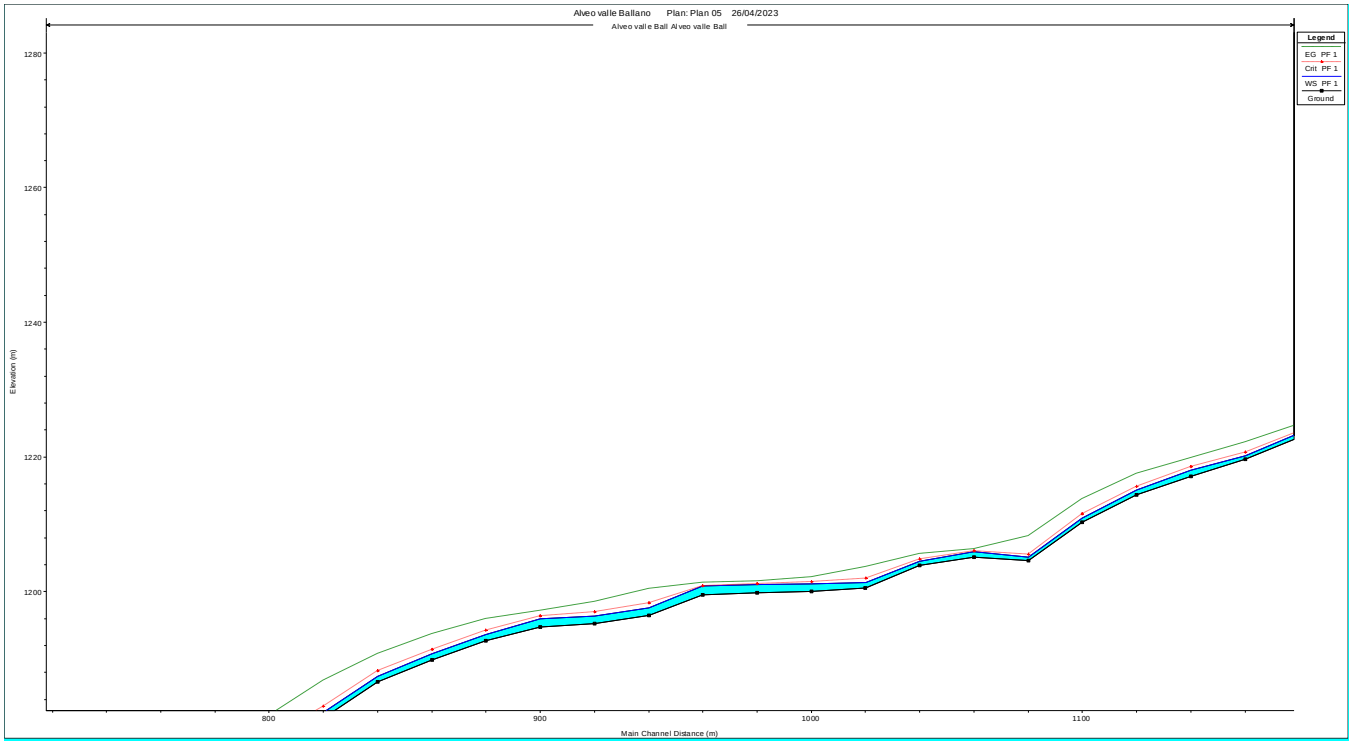


Figura 6.10 Profilo idraulico alveo di valle (3)

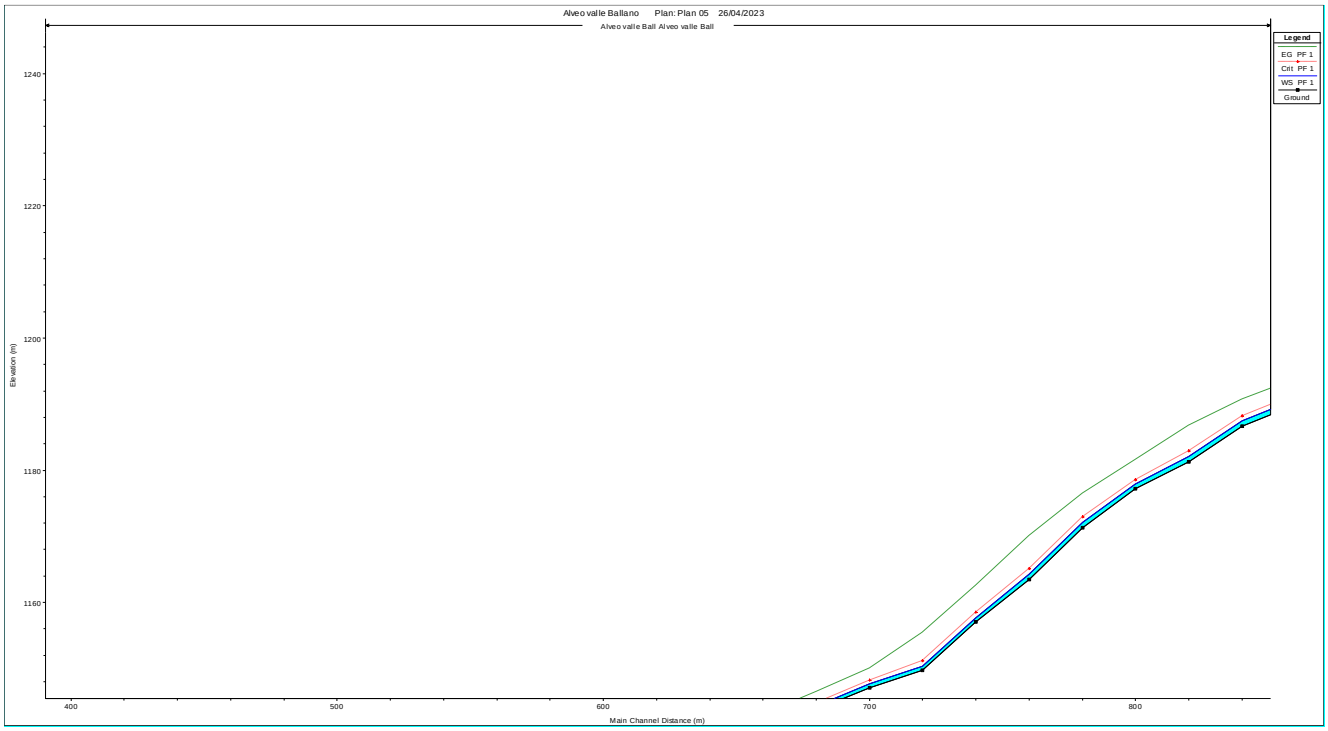


Figura 6.11 Profilo idraulico alveo di valle (4)

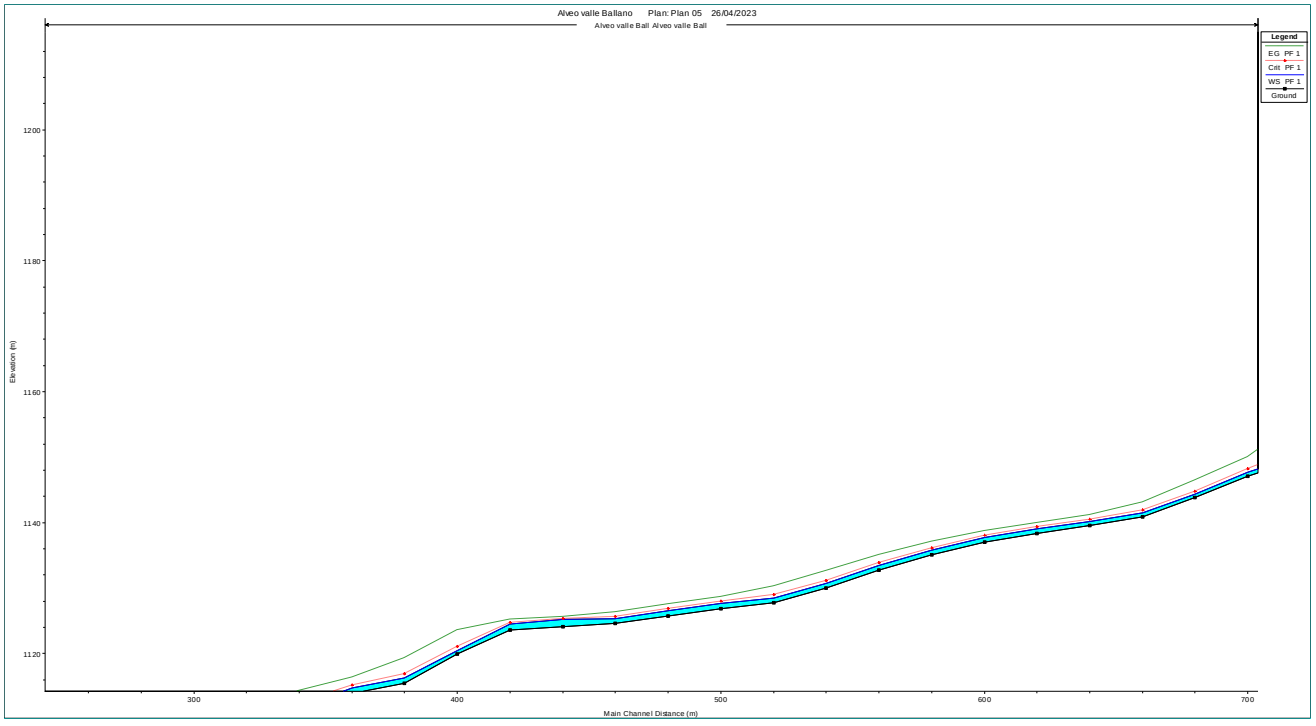


Figura 6.12 Profilo idraulico alveo di valle (5)

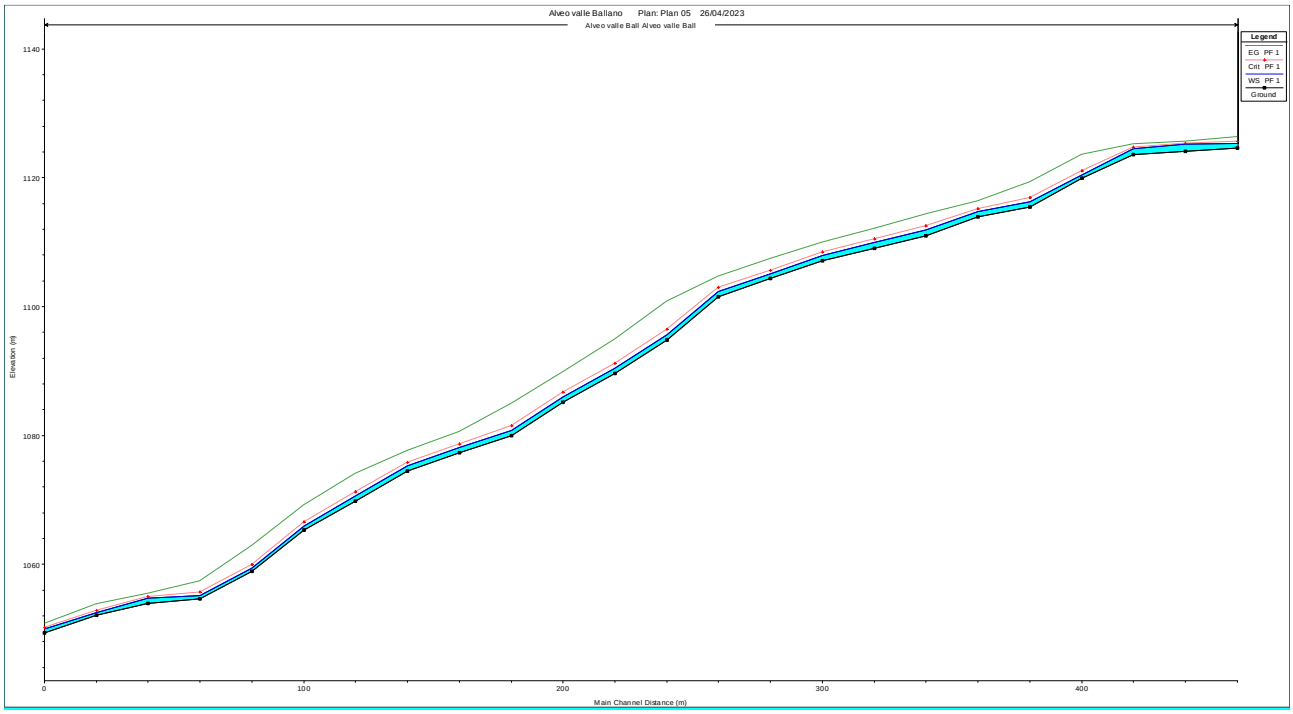


Figura 6.13 Profilo idraulico alveo di valle (6)

Di seguito si riportano i principali dati caratteristici della corrente lungo l'alveo di valle, al variare della portata considerata (la formattazione dei dati è americana, quindi il punto rappresenta il separatore dei decimali).

Tabella 6.4 Dati caratteristici della corrente lungo la restituzione di valle

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
1510	50	1340	1340.86	1340.86	1341.29	2.92	17.14	20	1.01
1510	41	1340	1340.75	1340.75	1341.13	2.73	15.02	20	1.01
1510	35	1340	1340.68	1340.68	1341.02	2.59	13.52	20	1.01
1510	31.5	1340	1340.63	1340.63	1340.95	2.5	12.59	20	1.01
1510	28	1340	1340.58	1340.58	1340.88	2.41	11.63	20	1.01
1509.5	50	1339	1339.49	1339.92	1341.15	5.72	8.74	18	2.62
1509.5	41	1339	1339.41	1339.81	1341	5.59	7.34	18	2.79
1509.5	35	1339	1339.36	1339.73	1340.88	5.48	6.39	18	2.93
1509.5	31.5	1339	1339.32	1339.68	1340.82	5.41	5.82	18	3.04
1509.5	28	1339	1339.29	1339.62	1340.75	5.34	5.24	18	3.16
1509	50	1338.4	1338.92	1339.44	1340.96	6.32	7.91	15.1	2.79
1509	41	1338.4	1338.84	1339.31	1340.78	6.17	6.65	15.1	2.97

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
1509	35	1338.4	1338.78	1339.21	1340.64	6.04	5.8	15.1	3.11
1509	31.5	1338.4	1338.75	1339.16	1340.56	5.95	5.29	15.1	3.21
1509	28	1338.4	1338.72	1339.1	1340.47	5.86	4.78	15.1	3.32
1508	50	1337.56	1338.29	1338.93	1340.69	6.86	7.29	10	2.56
1508	41	1337.56	1338.18	1338.76	1340.47	6.7	6.12	10	2.74
1508	35	1337.56	1338.1	1338.64	1340.29	6.56	5.34	10	2.87
1508	31.5	1337.56	1338.05	1338.56	1340.18	6.46	4.87	10	2.96
1508	28	1337.56	1338.01	1338.49	1340.06	6.35	4.41	10	3.05
1507	50	1336.73	1338.23	1338.89	1340.5	6.66	7.5	5	1.74
1507	41	1336.73	1337.94	1338.63	1340.27	6.76	6.07	5	1.96
1507	35	1336.73	1337.78	1338.44	1340.07	6.71	5.22	5	2.1
1507	31.5	1336.73	1337.68	1338.32	1339.94	6.66	4.73	5	2.19
1507	28	1336.73	1337.58	1338.2	1339.79	6.59	4.25	5	2.28
1506	50	1336.7	1338.19	1338.86	1340.49	6.71	7.45	5	1.75
1506	41	1336.7	1337.91	1338.6	1340.27	6.8	6.03	5	1.98
1506	35	1336.7	1337.74	1338.41	1340.06	6.75	5.19	5	2.12
1506	31.5	1336.7	1337.64	1338.29	1339.93	6.7	4.7	5	2.21
1506	28	1336.7	1337.55	1338.17	1339.78	6.63	4.23	5	2.3
1505.5	50	1336.7	1338.22	1338.86	1340.43	6.58	7.59	5	1.71
1505.5	41	1336.7	1337.93	1338.6	1340.2	6.68	6.14	5	1.92
1505.5	35	1336.7	1337.76	1338.41	1339.99	6.62	5.29	5	2.05
1505.5	31.5	1336.7	1337.66	1338.29	1339.86	6.56	4.8	5	2.14
1505.5	28	1336.7	1337.57	1338.17	1339.7	6.48	4.32	5	2.22
1505	50	1332.3	1333.17	1334.46	1339.85	11.44	4.37	5	3.91
1505	41	1332.3	1333.02	1334.19	1339.6	11.36	3.61	5	4.27
1505	35	1332.3	1332.92	1334.01	1339.38	11.25	3.11	5	4.56
1505	31.5	1332.3	1332.86	1333.89	1339.23	11.18	2.82	5	4.75
1505	28	1332.3	1332.81	1333.77	1339.07	11.08	2.53	5	4.98
1504	50	1324.63	1325.26	1326.79	1338.22	15.95	3.14	5	6.43
1504	41	1324.63	1325.15	1326.52	1337.8	15.75	2.6	5	6.97
1504	35	1324.63	1325.08	1326.34	1337.63	15.69	2.23	5	7.5
1504	31.5	1324.63	1325.04	1326.22	1337.16	15.42	2.04	5	7.7

ID sezione	Portata (m³/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m²/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
1504	28	1324.63	1324.99	1326.1	1337.1	15.41	1.82	5	8.16
1503.5	50	1324.56	1325.19	1326.72	1337.98	15.84	3.16	5	6.36
1503.5	41	1324.56	1325.09	1326.46	1337.51	15.61	2.63	5	6.88
1503.5	35	1324.56	1325.01	1326.27	1337.27	15.51	2.26	5	7.37
1503.5	31.5	1324.56	1324.98	1326.15	1336.78	15.22	2.07	5	7.55
1503.5	28	1324.56	1324.93	1326.03	1336.67	15.17	1.85	5	7.97
1502	50	1323	1324.21	1326.05	1333.92	13.8	3.62	3	4.01
1502	41	1323	1324.02	1325.66	1333.1	13.34	3.07	3	4.21
1502	35	1323	1323.9	1325.4	1332.5	12.99	2.69	3	4.38
1502	31.5	1323	1323.83	1325.23	1331.94	12.61	2.5	3	4.41
1502	28	1323	1323.76	1325.07	1331.52	12.34	2.27	3	4.53
1501	50	1322.7	1323.94	1325.75	1333.12	13.41	3.73	3	3.84
1501	41	1322.7	1323.76	1325.36	1332.24	12.9	3.18	3	4
1501	35	1322.7	1323.63	1325.1	1331.6	12.5	2.8	3	4.13
1501	31.5	1322.7	1323.57	1324.93	1331.04	12.1	2.6	3	4.15
1501	28	1322.7	1323.49	1324.77	1330.59	11.8	2.37	3	4.23
1500.5	50	1322.4	1323.68	1325.45	1332.38	13.06	3.83	3	3.69
1500.5	41	1322.4	1323.49	1325.06	1331.47	12.51	3.28	3	3.82
1500.5	35	1322.4	1323.37	1324.8	1330.8	12.08	2.9	3	3.92
1500.5	31.5	1322.4	1323.3	1324.63	1330.24	11.67	2.7	3	3.93
1500.5	28	1322.4	1323.22	1324.47	1329.77	11.33	2.47	3	3.99
1500.4	50	1322.34	1323.62	1325.39	1332.34	13.08	3.82	3	3.7
1500.4	41	1322.34	1323.44	1325.01	1331.44	12.53	3.27	3	3.83
1500.4	35	1322.34	1323.31	1324.74	1330.76	12.09	2.89	3	3.93
1500.4	31.5	1322.34	1323.24	1324.58	1330.21	11.69	2.7	3	3.94
1500.4	28	1322.34	1323.17	1324.41	1329.73	11.35	2.47	3	4
1500.25	50	1321.68	1321.98	1322.83	1330.45	12.89	3.88	13	7.53
1500.25	41	1321.68	1321.95	1322.69	1329.4	12.09	3.39	13	7.56
1500.25	35	1321.68	1321.92	1322.59	1328.61	11.46	3.05	13	7.55
1500.25	31.5	1321.68	1321.91	1322.53	1328.05	10.98	2.87	13	7.46
1500.25	28	1321.68	1321.89	1322.46	1327.72	10.7	2.62	13	7.61

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
1500.1	50	1316.1	1316.63	1317.27	1319.33	7.27	6.88	13	3.19
1500.1	41	1316.1	1316.58	1317.14	1318.8	6.59	6.22	13	3.04
1500.1	35	1316.1	1316.55	1317.03	1318.44	6.1	5.74	13	2.93
1500.1	31.5	1316.1	1316.52	1316.95	1318.23	5.79	5.44	13	2.86
1500.1	28	1316.1	1316.5	1316.88	1318.02	5.47	5.12	13	2.78
FINE CANALE FUGATORE									
1460	50	1313.21	1313.89	1314.47	1316.76	7.49	6.67	15.46	3.64
1460	41	1313.21	1313.84	1314.36	1316.34	7.01	5.85	14.7	3.55
1460	35	1313.21	1313.8	1314.28	1316.06	6.66	5.25	14.12	3.49
1460	31.5	1313.21	1313.77	1314.23	1315.9	6.45	4.88	13.74	3.46
1460	28	1313.21	1313.74	1314.17	1315.72	6.23	4.49	13.36	3.43
1440	50	1307	1307.86	1308.63	1312.24	9.27	5.39	10.98	4.22
1440	41	1307	1307.78	1308.48	1311.8	8.88	4.62	10.34	4.24
1440	35	1307	1307.73	1308.38	1311.48	8.58	4.08	9.87	4.26
1440	31.5	1307	1307.7	1308.31	1311.28	8.38	3.76	9.57	4.27
1440	28	1307	1307.66	1308.25	1311.06	8.16	3.43	9.26	4.28
1420	50	1298.85	1299.68	1300.54	1305.67	10.83	4.62	10.56	5.23
1420	41	1298.85	1299.62	1300.4	1305.21	10.47	3.92	10.05	5.36
1420	35	1298.85	1299.58	1300.29	1304.56	9.88	3.54	9.65	5.21
1420	31.5	1298.85	1299.55	1300.22	1304.26	9.61	3.28	9.29	5.17
1420	28	1298.85	1299.52	1300.15	1304.06	9.44	2.97	8.84	5.2
1400	50	1289.62	1291.21	1291.21	1291.75	3.24	15.42	14.58	1.01
1400	41	1289.62	1291.06	1291.06	1291.55	3.09	13.25	13.81	1.01
1400	35	1289.62	1290.95	1290.95	1291.4	2.97	11.78	13.25	1.01
1400	31.5	1289.62	1290.88	1290.88	1291.31	2.9	10.87	12.84	1.01
1400	28	1289.62	1290.81	1290.81	1291.21	2.82	9.93	12.37	1.01
1380	50	1279.12	1279.68	1280.72	1289.87	14.14	3.54	8.23	6.89
1380	41	1279.12	1279.59	1280.56	1290.04	14.32	2.86	7.72	7.51
1380	35	1279.12	1279.54	1280.45	1289.66	14.09	2.48	7.42	7.78
1380	31.5	1279.12	1279.51	1280.38	1289.29	13.85	2.27	7.25	7.9
1380	28	1279.12	1279.48	1280.3	1289.45	13.98	2	7.03	8.36
1360	50	1272.01	1272.72	1273.55	1278.42	10.58	4.73	10.84	5.12
1360	41	1272.01	1272.67	1273.41	1277.58	9.81	4.18	10.44	4.95

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
1360	35	1272.01	1272.63	1273.3	1276.97	9.22	3.79	10.09	4.8
1360	31.5	1272.01	1272.6	1273.24	1276.59	8.85	3.56	9.86	4.7
1360	28	1272.01	1272.58	1273.17	1276.22	8.45	3.31	9.62	4.6
1340	50	1264.67	1265.3	1266.07	1270.67	10.26	4.87	11.81	5.1
1340	41	1264.67	1265.25	1265.95	1270.04	9.7	4.23	11.14	5.03
1340	35	1264.67	1265.21	1265.85	1269.6	9.29	3.77	10.64	4.98
1340	31.5	1264.67	1265.18	1265.79	1269.32	9.01	3.5	10.34	4.95
1340	28	1264.67	1265.15	1265.73	1269.03	8.72	3.21	10.02	4.92
1320	50	1256.31	1256.88	1257.59	1262.16	10.17	4.91	14.11	5.51
1320	41	1256.31	1256.84	1257.47	1261.41	9.47	4.33	13.49	5.33
1320	35	1256.31	1256.8	1257.38	1261.06	9.14	3.83	12.93	5.36
1320	31.5	1256.31	1256.79	1257.33	1260.65	8.71	3.62	12.66	5.2
1320	28	1256.31	1256.76	1257.27	1260.37	8.42	3.33	12.26	5.16
1300	50	1246.25	1246.83	1247.59	1252.68	10.71	4.67	12.42	5.58
1300	41	1246.25	1246.78	1247.47	1252.02	10.14	4.04	11.81	5.53
1300	35	1246.25	1246.74	1247.38	1251.5	9.66	3.62	11.38	5.47
1300	31.5	1246.25	1246.72	1247.32	1251.24	9.41	3.35	11.07	5.47
1300	28	1246.25	1246.69	1247.26	1250.92	9.11	3.07	10.75	5.44
1280	50	1238.72	1239.21	1239.78	1243.16	8.79	5.69	18.87	5.11
1280	41	1238.72	1239.17	1239.69	1242.61	8.21	4.99	17.92	4.97
1280	35	1238.72	1239.15	1239.61	1242.23	7.78	4.5	17.21	4.86
1280	31.5	1238.72	1239.13	1239.57	1241.99	7.49	4.2	16.77	4.78
1280	28	1238.72	1239.11	1239.52	1241.75	7.2	3.89	16.26	4.7
1260	50	1234.38	1234.88	1235.34	1237.06	6.53	7.65	22.2	3.55
1260	41	1234.38	1234.84	1235.25	1236.72	6.08	6.75	21.47	3.46
1260	35	1234.38	1234.81	1235.18	1236.49	5.74	6.09	20.84	3.39
1260	31.5	1234.38	1234.79	1235.13	1236.35	5.53	5.69	20.44	3.35
1260	28	1234.38	1234.77	1235.09	1236.21	5.31	5.27	20.02	3.3
1240	50	1230.46	1231.04	1231.56	1233.3	6.66	7.51	19.78	3.45
1240	41	1230.46	1230.99	1231.43	1232.99	6.27	6.54	18.92	3.4
1240	35	1230.46	1230.95	1231.36	1232.78	5.98	5.85	18.24	3.37
1240	31.5	1230.46	1230.93	1231.31	1232.64	5.8	5.43	17.81	3.35

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
1240	28	1230.46	1230.91	1231.26	1232.5	5.6	5	17.37	3.33
1220	50	1224.8	1225.36	1225.98	1228.83	8.25	6.06	15.62	4.23
1220	41	1224.8	1225.31	1225.86	1228.45	7.85	5.22	14.93	4.24
1220	35	1224.8	1225.27	1225.78	1228.17	7.54	4.64	14.43	4.24
1220	31.5	1224.8	1225.24	1225.73	1227.99	7.33	4.3	14.12	4.25
1220	28	1224.8	1225.22	1225.68	1227.79	7.11	3.94	13.8	4.25
1200	50	1222.9	1223.5	1223.87	1224.93	5.3	9.43	24.46	2.73
1200	41	1222.9	1223.45	1223.78	1224.67	4.88	8.4	23.41	2.6
1200	35	1222.9	1223.42	1223.71	1224.49	4.57	7.65	22.59	2.51
1200	31.5	1222.9	1223.4	1223.67	1224.38	4.38	7.19	22.04	2.45
1200	28	1222.9	1223.38	1223.63	1224.26	4.17	6.71	21.47	2.38
1180	50	1219.66	1220.23	1220.66	1222.2	6.22	8.04	21.98	3.28
1180	41	1219.66	1220.17	1220.58	1221.98	5.95	6.89	20.79	3.3
1180	35	1219.66	1220.13	1220.5	1221.82	5.76	6.07	19.91	3.33
1180	31.5	1219.66	1220.11	1220.46	1221.73	5.65	5.58	19.35	3.36
1180	28	1219.66	1220.08	1220.42	1221.63	5.52	5.07	18.76	3.39
1160	50	1217.09	1218.01	1218.53	1219.87	6.05	8.26	14.16	2.53
1160	41	1217.09	1217.93	1218.39	1219.6	5.72	7.17	13.43	2.5
1160	35	1217.09	1217.87	1218.3	1219.39	5.45	6.42	12.9	2.47
1160	31.5	1217.09	1217.84	1218.24	1219.26	5.28	5.97	12.57	2.45
1160	28	1217.09	1217.8	1218.17	1219.12	5.09	5.5	12.19	2.42
1140	50	1214.38	1215.05	1215.6	1217.52	6.95	7.19	16.61	3.38
1140	41	1214.38	1214.99	1215.49	1217.22	6.6	6.21	15.77	3.36
1140	35	1214.38	1214.95	1215.4	1217	6.34	5.52	15.13	3.35
1140	31.5	1214.38	1214.92	1215.35	1216.86	6.17	5.11	14.74	3.34
1140	28	1214.38	1214.89	1215.3	1216.71	5.98	4.68	14.32	3.34
1120	50	1210.33	1210.95	1211.51	1213.74	7.4	6.76	17.37	3.79
1120	41	1210.33	1210.9	1211.4	1213.39	6.99	5.87	16.48	3.74
1120	35	1210.33	1210.86	1211.32	1213.14	6.68	5.24	15.72	3.7
1120	31.5	1210.33	1210.84	1211.27	1212.99	6.49	4.85	15.17	3.67
1120	28	1210.33	1210.81	1211.22	1212.82	6.28	4.46	14.59	3.63

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
1100	50	1204.61	1205.09	1205.58	1208.25	7.87	6.35	21.92	4.67
1100	41	1204.61	1206.28	1205.49	1206.32	0.9	45.53	40.09	0.27
1100	35	1204.61	1206.2	1205.43	1206.23	0.82	42.43	39.23	0.25
1100	31.5	1204.61	1206.15	1205.39	1206.18	0.78	40.51	38.68	0.24
1100	28	1204.61	1206.1	1205.35	1206.12	0.73	38.48	38.06	0.23
1080	50	1205.17	1205.98	1206.07	1206.39	2.93	17.95	34.39	1.23
1080	41	1205.17	1205.99	1205.99	1206.26	2.35	18.32	34.68	0.98
1080	35	1205.17	1205.93	1205.93	1206.18	2.27	16.15	32.94	0.98
1080	31.5	1205.17	1205.89	1205.89	1206.13	2.22	14.85	31.87	0.99
1080	28	1205.17	1205.85	1205.85	1206.07	2.16	13.56	30.79	0.99
1060	50	1203.87	1204.53	1204.86	1205.63	4.64	10.78	25.85	2.29
1060	41	1203.87	1204.44	1204.76	1205.62	4.81	8.53	23.54	2.55
1060	35	1203.87	1204.4	1204.7	1205.52	4.7	7.45	22.4	2.6
1060	31.5	1203.87	1204.37	1204.66	1205.46	4.62	6.82	21.69	2.63
1060	28	1203.87	1204.34	1204.61	1205.39	4.54	6.16	20.94	2.67
1040	50	1200.55	1201.41	1202	1203.73	6.75	7.41	12.56	2.81
1040	41	1200.55	1201.32	1201.87	1203.45	6.46	6.34	11.83	2.82
1040	35	1200.55	1201.26	1201.77	1203.25	6.25	5.6	11.29	2.83
1040	31.5	1200.55	1201.22	1201.7	1203.12	6.11	5.16	10.97	2.84
1040	28	1200.55	1201.18	1201.63	1202.97	5.94	4.72	10.63	2.84
1020	50	1200.03	1201.16	1201.49	1202.21	4.55	11	15.16	1.7
1020	41	1200.03	1201.07	1201.36	1201.98	4.2	9.76	14.4	1.63
1020	35	1200.03	1201.01	1201.26	1201.81	3.95	8.87	13.84	1.57
1020	31.5	1200.03	1200.97	1201.2	1201.7	3.78	8.33	13.48	1.54
1020	28	1200.03	1200.93	1201.13	1201.59	3.6	7.78	13.1	1.49
1000	50	1199.86	1201.1	1201.17	1201.61	3.17	15.76	19.38	1.12
1000	41	1199.86	1201.03	1201.05	1201.44	2.83	14.48	18.83	1.03
1000	35	1199.86	1200.93	1200.95	1201.32	2.76	12.7	17.79	1.04
1000	31.5	1199.86	1200.86	1200.89	1201.25	2.74	11.49	17.06	1.07
1000	28	1199.86	1200.83	1200.83	1201.17	2.55	10.96	16.73	1.01
980	50	1199.56	1200.86	1200.88	1201.32	3.01	16.62	19.88	1.05
980	41	1199.56	1200.71	1200.77	1201.16	2.97	13.82	18.79	1.1

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
980	35	1199.56	1200.64	1200.68	1201.04	2.8	12.49	18.14	1.08
980	31.5	1199.56	1200.62	1200.62	1200.96	2.62	12.04	17.89	1.02
980	28	1199.56	1200.53	1200.57	1200.89	2.65	10.58	17.04	1.07
960	50	1196.44	1197.63	1198.32	1200.49	7.5	6.67	10.5	3
960	41	1196.44	1197.52	1198.17	1200.26	7.33	5.59	9.8	3.1
960	35	1196.44	1197.44	1198.05	1200.14	7.28	4.81	9.26	3.23
960	31.5	1196.44	1197.39	1197.98	1200.1	7.29	4.32	8.91	3.34
960	28	1196.44	1197.34	1197.91	1199.96	7.17	3.91	8.6	3.39
940	50	1195.3	1196.41	1197.03	1198.51	6.43	7.78	10	2.33
940	41	1195.3	1196.3	1196.85	1198.18	6.06	6.77	9.54	2.3
940	35	1195.3	1196.23	1196.73	1197.93	5.78	6.06	9.19	2.27
940	31.5	1195.3	1196.18	1196.65	1197.78	5.6	5.62	8.97	2.26
940	28	1195.3	1196.13	1196.57	1197.61	5.37	5.21	8.75	2.22
920	50	1194.71	1195.94	1196.34	1197.22	5.03	9.94	13.07	1.84
920	41	1194.71	1195.85	1196.19	1196.94	4.62	8.87	12.49	1.75
920	35	1194.71	1195.79	1196.09	1196.74	4.32	8.09	12.06	1.69
920	31.5	1194.71	1195.75	1196.02	1196.62	4.13	7.63	11.79	1.64
920	28	1194.71	1195.71	1195.95	1196.49	3.92	7.15	11.51	1.59
900	50	1192.69	1193.68	1194.29	1195.95	6.67	7.5	11.6	2.65
900	41	1192.69	1193.58	1194.13	1195.69	6.43	6.37	10.83	2.68
900	35	1192.69	1193.5	1194.03	1195.5	6.26	5.59	10.29	2.71
900	31.5	1192.69	1193.46	1193.96	1195.39	6.16	5.11	9.96	2.75
900	28	1192.69	1193.41	1193.89	1195.28	6.06	4.62	9.61	2.79
880	50	1189.91	1190.76	1191.43	1193.69	7.58	6.6	11.39	3.18
880	41	1189.91	1190.67	1191.29	1193.35	7.24	5.66	10.72	3.18
880	35	1189.91	1190.61	1191.19	1193.09	6.96	5.03	10.24	3.17
880	31.5	1189.91	1190.58	1191.12	1192.92	6.77	4.65	9.95	3.16
880	28	1189.91	1190.54	1191.05	1192.73	6.56	4.27	9.65	3.15
860	50	1186.62	1187.48	1188.2	1190.78	8.05	6.21	10.77	3.38
860	41	1186.62	1187.4	1188.05	1190.37	7.63	5.37	10.26	3.37
860	35	1186.62	1187.34	1187.94	1190.06	7.31	4.79	9.9	3.35
860	31.5	1186.62	1187.3	1187.87	1189.87	7.09	4.44	9.67	3.34

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
860	28	1186.62	1187.27	1187.8	1189.66	6.85	4.09	9.44	3.32
840	50	1181.26	1182.07	1182.91	1186.79	9.63	5.19	9.86	4.24
840	41	1181.26	1181.99	1182.75	1186.27	9.16	4.47	9.47	4.26
840	35	1181.26	1181.94	1182.63	1185.88	8.8	3.98	9.18	4.27
840	31.5	1181.26	1181.91	1182.57	1185.64	8.56	3.68	9	4.27
840	28	1181.26	1181.87	1182.49	1185.38	8.29	3.38	8.8	4.27
820	50	1177.25	1177.9	1178.57	1181.6	8.51	5.87	13.28	4.09
820	41	1177.25	1177.85	1178.44	1181.07	7.94	5.16	12.54	3.96
820	35	1177.25	1177.81	1178.35	1180.68	7.51	4.66	12.01	3.85
820	31.5	1177.25	1177.78	1178.3	1180.45	7.24	4.35	11.68	3.79
820	28	1177.25	1177.75	1178.24	1180.21	6.94	4.04	11.33	3.71
800	50	1171.3	1172.12	1172.89	1176.49	9.26	5.4	11.46	4.31
800	41	1171.3	1172.06	1172.75	1175.98	8.77	4.67	11.05	4.31
800	35	1171.3	1172.01	1172.65	1175.61	8.41	4.16	10.75	4.31
800	31.5	1171.3	1171.98	1172.58	1175.39	8.18	3.85	10.53	4.32
800	28	1171.3	1171.95	1172.51	1175.17	7.95	3.52	10.19	4.32
780	50	1163.49	1164.24	1165.08	1170.05	10.67	4.69	10.66	5.14
780	41	1163.49	1164.18	1164.93	1169.39	10.11	4.06	10.12	5.1
780	35	1163.49	1164.14	1164.83	1168.9	9.66	3.62	9.73	5.06
780	31.5	1163.49	1164.11	1164.77	1168.6	9.38	3.36	9.48	5.03
780	28	1163.49	1164.08	1164.7	1168.29	9.08	3.08	9.22	5.01
760	50	1157.03	1157.72	1158.46	1162.54	9.72	5.14	12.33	4.81
760	41	1157.03	1157.66	1158.33	1161.88	9.09	4.51	11.85	4.7
760	35	1157.03	1157.62	1158.24	1161.43	8.64	4.05	11.34	4.62
760	31.5	1157.03	1157.6	1158.18	1161.16	8.35	3.77	11.02	4.56
760	28	1157.03	1157.57	1158.12	1160.87	8.04	3.48	10.68	4.49
740	50	1149.7	1150.4	1151.17	1155.49	9.99	5.01	12.11	4.96
740	41	1149.7	1150.35	1151.03	1154.85	9.39	4.36	11.64	4.9
740	35	1149.7	1150.31	1150.94	1154.41	8.97	3.9	11.3	4.87
740	31.5	1149.7	1150.28	1150.88	1154.14	8.69	3.62	11.08	4.86
740	28	1149.7	1150.26	1150.82	1153.85	8.4	3.33	10.86	4.84

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
720	50	1147.06	1147.72	1148.24	1150.06	6.78	7.38	17.24	3.31
720	41	1147.06	1147.67	1148.14	1149.66	6.23	6.58	16.59	3.16
720	35	1147.06	1147.64	1148.06	1149.37	5.84	6	16.09	3.05
720	31.5	1147.06	1147.62	1148.01	1149.21	5.58	5.64	15.77	2.98
720	28	1147.06	1147.59	1147.95	1149.03	5.31	5.27	15.43	2.9
700	50	1143.83	1144.33	1144.78	1146.47	6.48	7.72	22.84	3.56
700	41	1143.83	1144.28	1144.68	1146.18	6.11	6.71	22.03	3.53
700	35	1143.83	1144.25	1144.62	1145.99	5.84	6	21.43	3.52
700	31.5	1143.83	1144.23	1144.57	1145.86	5.65	5.57	21.07	3.51
700	28	1143.83	1144.21	1144.53	1145.73	5.46	5.13	20.69	3.5
680	50	1140.91	1141.47	1141.88	1143.14	5.72	8.74	22.86	2.95
680	41	1140.91	1141.42	1141.79	1142.87	5.32	7.71	22.11	2.88
680	35	1140.91	1141.39	1141.72	1142.68	5.02	6.97	21.5	2.82
680	31.5	1140.91	1141.37	1141.67	1142.56	4.83	6.52	21.04	2.77
680	28	1140.91	1141.35	1141.63	1142.44	4.64	6.04	20.52	2.73
660	50	1139.6	1140.17	1140.46	1141.14	4.37	11.45	26.48	2.12
660	41	1139.6	1140.12	1140.37	1140.95	4.03	10.17	25.77	2.05
660	35	1139.6	1140.08	1140.31	1140.82	3.79	9.23	25.2	2
660	31.5	1139.6	1140.06	1140.27	1140.74	3.64	8.65	24.79	1.97
660	28	1139.6	1140.04	1140.22	1140.65	3.49	8.03	24.36	1.94
640	50	1138.31	1139.02	1139.31	1139.95	4.28	11.69	24.19	1.97
640	41	1138.31	1138.95	1139.21	1139.79	4.04	10.15	23.13	1.95
640	35	1138.31	1138.91	1139.14	1139.66	3.85	9.1	22.37	1.93
640	31.5	1138.31	1138.88	1139.1	1139.59	3.73	8.45	21.85	1.91
640	28	1138.31	1138.85	1139.05	1139.51	3.6	7.78	21.28	1.9
620	50	1137.05	1137.68	1137.99	1138.72	4.51	11.09	25.99	2.2
620	41	1137.05	1137.63	1137.9	1138.55	4.25	9.66	24.8	2.17
620	35	1137.05	1137.59	1137.83	1138.42	4.04	8.66	23.93	2.15
620	31.5	1137.05	1137.56	1137.79	1138.34	3.91	8.05	23.37	2.13
620	28	1137.05	1137.53	1137.75	1138.26	3.78	7.42	22.75	2.11
600	50	1135.06	1135.76	1136.12	1137.08	5.09	9.82	23.7	2.53
600	41	1135.06	1135.7	1136.03	1136.89	4.83	8.49	22.54	2.51

ID sezione	Portata (m³/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m²/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
600	35	1135.06	1135.66	1135.96	1136.75	4.63	7.56	21.64	2.5
600	31.5	1135.06	1135.63	1135.92	1136.66	4.5	6.99	21.01	2.49
600	28	1135.06	1135.6	1135.87	1136.58	4.37	6.41	20.33	2.49
580	50	1132.76	1133.43	1133.85	1135.04	5.63	8.88	20.6	2.74
580	41	1132.76	1133.37	1133.75	1134.81	5.32	7.7	19.73	2.72
580	35	1132.76	1133.32	1133.67	1134.65	5.09	6.87	18.98	2.7
580	31.5	1132.76	1133.3	1133.63	1134.55	4.95	6.37	18.47	2.69
580	28	1132.76	1133.27	1133.58	1134.44	4.79	5.85	17.93	2.68
560	50	1129.97	1130.66	1131.16	1132.68	6.29	7.95	17.35	2.97
560	41	1129.97	1130.6	1131.04	1132.41	5.96	6.88	16.53	2.95
560	35	1129.97	1130.55	1130.96	1132.21	5.71	6.13	15.93	2.94
560	31.5	1129.97	1130.52	1130.91	1132.09	5.54	5.69	15.57	2.93
560	28	1129.97	1130.49	1130.86	1131.96	5.36	5.22	15.19	2.92
540	50	1127.71	1128.46	1128.94	1130.3	6	8.33	17.55	2.78
540	41	1127.71	1128.4	1128.83	1130.02	5.64	7.27	16.71	2.73
540	35	1127.71	1128.35	1128.74	1129.81	5.35	6.54	16.13	2.68
540	31.5	1127.71	1128.33	1128.69	1129.68	5.16	6.1	15.76	2.65
540	28	1127.71	1128.3	1128.63	1129.55	4.96	5.65	15.38	2.61
520	50	1126.89	1127.68	1127.98	1128.63	4.31	11.59	22.01	1.9
520	41	1126.89	1127.62	1127.88	1128.43	3.98	10.31	21.16	1.82
520	35	1126.89	1127.58	1127.8	1128.29	3.73	9.39	20.53	1.76
520	31.5	1126.89	1127.55	1127.75	1128.2	3.57	8.83	20.13	1.72
520	28	1126.89	1127.52	1127.7	1128.11	3.4	8.23	19.67	1.68
500	50	1125.77	1126.53	1126.84	1127.55	4.47	11.18	23.43	2.07
500	41	1125.77	1126.47	1126.74	1127.37	4.21	9.73	22.48	2.05
500	35	1125.77	1126.42	1126.67	1127.25	4.04	8.66	21.46	2.03
500	31.5	1125.77	1126.39	1126.63	1127.17	3.93	8.01	20.81	2.02
500	28	1125.77	1126.35	1126.58	1127.1	3.82	7.33	20.08	2.02
480	50	1124.56	1125.35	1125.67	1126.38	4.5	11.12	22.32	2.03
480	41	1124.56	1125.28	1125.57	1126.2	4.24	9.67	21.13	2
480	35	1124.56	1125.23	1125.49	1126.07	4.06	8.63	20.24	1.98
480	31.5	1124.56	1125.2	1125.45	1125.99	3.93	8.01	19.69	1.97

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
480	28	1124.56	1125.17	1125.4	1125.9	3.79	7.39	19.11	1.95
460	50	1124.08	1125.21	1125.28	1125.65	2.95	16.94	25.08	1.15
460	41	1124.08	1125.12	1125.17	1125.51	2.76	14.87	23.34	1.1
460	35	1124.08	1125.06	1125.09	1125.4	2.61	13.4	22.2	1.07
460	31.5	1124.08	1125.02	1125.04	1125.34	2.52	12.52	21.53	1.05
460	28	1124.08	1124.97	1124.99	1125.27	2.41	11.62	20.9	1.03
440	50	1123.56	1124.51	1124.71	1125.19	3.67	13.64	22.86	1.52
440	41	1123.56	1124.42	1124.61	1125.05	3.53	11.61	21.54	1.54
440	35	1123.56	1124.35	1124.53	1124.95	3.43	10.21	20.59	1.55
440	31.5	1123.56	1124.31	1124.48	1124.88	3.36	9.38	20.01	1.57
440	28	1123.56	1124.27	1124.44	1124.82	3.28	8.53	19.41	1.58
420	50	1119.93	1120.47	1121.05	1123.63	7.86	6.36	16.82	4.08
420	41	1119.93	1120.41	1120.95	1123.4	7.65	5.36	16.1	4.23
420	35	1119.93	1120.37	1120.86	1123.21	7.47	4.69	15.59	4.35
420	31.5	1119.93	1120.35	1120.82	1123.09	7.34	4.29	15.28	4.43
420	28	1119.93	1120.32	1120.76	1122.96	7.2	3.89	14.94	4.51
400	50	1115.47	1116.26	1116.89	1119.32	7.74	6.46	13.76	3.61
400	41	1115.47	1116.2	1116.77	1118.87	7.24	5.67	13.08	3.51
400	35	1115.47	1116.16	1116.67	1118.55	6.85	5.11	12.55	3.43
400	31.5	1115.47	1116.13	1116.61	1118.35	6.59	4.78	12.22	3.37
400	28	1115.47	1116.1	1116.55	1118.14	6.32	4.43	11.87	3.3
380	50	1113.91	1114.7	1115.14	1116.34	5.68	8.8	17.99	2.59
380	41	1113.91	1114.64	1115.04	1116.06	5.27	7.79	17.12	2.49
380	35	1113.91	1114.6	1114.95	1115.85	4.96	7.06	16.47	2.42
380	31.5	1113.91	1114.57	1114.91	1115.73	4.77	6.61	16.05	2.37
380	28	1113.91	1114.54	1114.85	1115.6	4.56	6.13	15.6	2.32
360	50	1110.96	1111.94	1112.55	1114.31	6.82	7.33	12.09	2.8
360	41	1110.96	1111.85	1112.41	1114.03	6.55	6.26	11.34	2.81
360	35	1110.96	1111.78	1112.3	1113.83	6.35	5.51	10.78	2.83
360	31.5	1110.96	1111.74	1112.24	1113.71	6.22	5.06	10.43	2.85
360	28	1110.96	1111.69	1112.16	1113.58	6.09	4.6	10.06	2.87

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
340	50	1109.07	1109.93	1110.48	1112.14	6.59	7.59	13.93	2.85
340	41	1109.07	1109.86	1110.36	1111.8	6.17	6.65	13.38	2.8
340	35	1109.07	1109.81	1110.26	1111.55	5.85	5.99	12.97	2.75
340	31.5	1109.07	1109.78	1110.2	1111.4	5.63	5.6	12.73	2.71
340	28	1109.07	1109.75	1110.14	1111.23	5.39	5.19	12.46	2.67
320	50	1107.09	1107.91	1108.44	1109.93	6.3	7.94	15.19	2.78
320	41	1107.09	1107.84	1108.31	1109.62	5.9	6.94	14.53	2.73
320	35	1107.09	1107.79	1108.22	1109.4	5.61	6.24	14.01	2.69
320	31.5	1107.09	1107.76	1108.16	1109.26	5.43	5.81	13.68	2.66
320	28	1107.09	1107.73	1108.1	1109.12	5.23	5.35	13.33	2.64
300	50	1104.36	1105.06	1105.58	1107.4	6.78	7.37	16.47	3.24
300	41	1104.36	1105	1105.48	1107.1	6.42	6.38	15.58	3.2
300	35	1104.36	1104.95	1105.4	1106.88	6.15	5.69	14.93	3.18
300	31.5	1104.36	1104.92	1105.35	1106.74	5.97	5.27	14.51	3.16
300	28	1104.36	1104.89	1105.29	1106.59	5.78	4.84	14.06	3.14
280	50	1101.56	1102.38	1102.94	1104.7	6.75	7.4	14.16	2.98
280	41	1101.56	1102.3	1102.81	1104.39	6.39	6.41	13.31	2.94
280	35	1101.56	1102.25	1102.72	1104.16	6.12	5.72	12.67	2.91
280	31.5	1101.56	1102.22	1102.66	1104.02	5.94	5.3	12.26	2.88
280	28	1101.56	1102.18	1102.6	1103.87	5.75	4.87	11.83	2.86
260	50	1094.83	1095.65	1096.47	1100.79	10.04	4.98	10.31	4.61
260	41	1094.83	1095.58	1096.33	1100.38	9.71	4.22	9.71	4.7
260	35	1094.83	1095.52	1096.22	1100.08	9.45	3.7	9.27	4.78
260	31.5	1094.83	1095.49	1096.16	1099.89	9.29	3.39	9.01	4.83
260	28	1094.83	1095.45	1096.09	1099.68	9.1	3.08	8.72	4.9
240	50	1089.65	1090.41	1091.19	1094.96	9.45	5.29	10.98	4.34
240	41	1089.65	1090.35	1091.05	1094.34	8.85	4.63	10.47	4.25
240	35	1089.65	1090.3	1090.95	1093.88	8.38	4.18	10.1	4.16
240	31.5	1089.65	1090.27	1090.88	1093.59	8.07	3.9	9.88	4.1
240	28	1089.65	1090.25	1090.81	1093.29	7.73	3.62	9.64	4.02
220	50	1085.15	1085.94	1086.65	1089.82	8.72	5.73	12.02	4.03
220	41	1085.15	1085.87	1086.52	1089.29	8.18	5.01	11.49	3.96

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
220	35	1085.15	1085.83	1086.42	1088.92	7.78	4.5	11.1	3.9
220	31.5	1085.15	1085.8	1086.36	1088.69	7.53	4.18	10.83	3.87
220	28	1085.15	1085.77	1086.29	1088.46	7.26	3.86	10.53	3.83
200	50	1079.93	1080.73	1081.48	1084.94	9.09	5.5	11.75	4.24
200	41	1079.93	1080.67	1081.34	1084.41	8.57	4.78	11.25	4.2
200	35	1079.93	1080.62	1081.24	1084.05	8.19	4.27	10.76	4.15
200	31.5	1079.93	1080.59	1081.17	1083.82	7.96	3.96	10.45	4.13
200	28	1079.93	1080.56	1081.11	1083.58	7.7	3.64	10.12	4.1
180	50	1077.35	1078.09	1078.64	1080.55	6.95	7.2	15.63	3.27
180	41	1077.35	1078.04	1078.53	1080.15	6.43	6.37	14.96	3.15
180	35	1077.35	1077.99	1078.44	1079.87	6.06	5.77	14.45	3.06
180	31.5	1077.35	1077.97	1078.39	1079.7	5.83	5.4	14.13	3.01
180	28	1077.35	1077.94	1078.33	1079.53	5.58	5.02	13.8	2.95
160	50	1074.51	1075.28	1075.83	1077.64	6.8	7.35	15.29	3.13
160	41	1074.51	1075.21	1075.71	1077.32	6.43	6.37	14.46	3.09
160	35	1074.51	1075.17	1075.62	1077.09	6.14	5.7	13.85	3.06
160	31.5	1074.51	1075.14	1075.57	1076.95	5.96	5.28	13.42	3.04
160	28	1074.51	1075.1	1075.51	1076.8	5.77	4.85	12.96	3.01
140	50	1069.83	1070.58	1071.24	1074.07	8.28	6.04	13.46	3.95
140	41	1069.83	1070.51	1071.12	1073.7	7.9	5.19	12.78	3.96
140	35	1069.83	1070.46	1071.02	1073.42	7.62	4.59	12.22	3.97
140	31.5	1069.83	1070.43	1070.96	1073.25	7.44	4.24	11.87	3.98
140	28	1069.83	1070.4	1070.9	1073.07	7.24	3.87	11.5	3.98
120	50	1065.26	1065.87	1066.5	1069.16	8.03	6.23	16.55	4.18
120	41	1065.26	1065.82	1066.4	1068.71	7.53	5.45	15.67	4.08
120	35	1065.26	1065.79	1066.27	1068.39	7.15	4.89	15	4
120	31.5	1065.26	1065.76	1066.22	1068.19	6.9	4.56	14.59	3.94
120	28	1065.26	1065.74	1066.17	1067.99	6.64	4.22	14.15	3.88
100	50	1058.92	1059.37	1059.92	1062.9	8.31	6.02	19.72	4.8
100	41	1058.92	1059.33	1059.82	1062.48	7.85	5.22	18.86	4.77
100	35	1058.92	1059.3	1059.76	1062.19	7.53	4.65	18.06	4.74
100	31.5	1058.92	1059.28	1059.71	1062.01	7.32	4.31	17.56	4.72

ID sezione	Portata (m^3/s)	Thalweg (m s.l.m.)	Livello idrico (m s.l.m.)	Livello critico (m s.l.m.)	Energia della corrente (m s.l.m.)	Velocità corrente (m/s)	Area idraulica (m^2/s)	Larghezza massima (m)	Froude (-)
100	28	1058.92	1059.26	1059.66	1061.82	7.09	3.95	17.05	4.7
80	50	1054.6	1055.18	1055.64	1057.37	6.56	7.62	21.19	3.49
80	41	1054.6	1055.13	1055.54	1057.03	6.1	6.72	20.33	3.39
80	35	1054.6	1055.1	1055.48	1056.8	5.77	6.07	19.69	3.32
80	31.5	1054.6	1055.08	1055.44	1056.65	5.56	5.67	19.28	3.27
80	28	1054.6	1055.06	1055.39	1056.5	5.32	5.26	18.84	3.22
60	50	1053.95	1054.71	1054.93	1055.43	3.77	13.28	26.7	1.71
60	41	1053.95	1054.66	1054.84	1055.26	3.43	11.97	25.74	1.6
60	35	1053.95	1054.62	1054.77	1055.14	3.18	11	25.02	1.53
60	31.5	1053.95	1054.6	1054.73	1055.06	3.03	10.4	24.55	1.49
60	28	1053.95	1054.57	1054.69	1054.99	2.87	9.76	24.05	1.44
40	50	1052.08	1052.52	1052.78	1053.77	4.95	10.1	51.56	3.57
40	41	1052.08	1052.49	1052.72	1053.66	4.8	8.54	48.45	3.65
40	35	1052.08	1052.46	1052.68	1053.62	4.76	7.36	42.57	3.65
40	31.5	1052.08	1052.45	1052.66	1053.58	4.71	6.68	40.11	3.69
40	28	1052.08	1052.43	1052.63	1053.54	4.68	5.98	37.09	3.72
20	50	1049.33	1049.92	1050.14	1050.73	3.98	12.55	45.39	2.42
20	41	1049.33	1049.84	1050.08	1050.76	4.24	9.66	29.61	2.37
20	35	1049.33	1049.8	1050.03	1050.66	4.09	8.55	28.03	2.37
20	31.5	1049.33	1049.78	1050.01	1050.58	3.97	7.93	27.16	2.35
20	28	1049.33	1049.75	1049.98	1050.51	3.84	7.29	26.23	2.33

L'alveo viene verificato sempre al variare della portata considerata.

Come per il canale fugatore, si segnala la ridotta differenza di velocità tra i vari profili idraulici al variare della portata di riferimento; questo implica che la velocità è molto più dipendente dai fattori geometrici (pendenza) dell'alveo che dal valore di portata in senso stretto.

6.6 Dissipazione dell'energia della rapida dello sfioratore.

La conformazione delle opere esistenti non consente la realizzazione di una vasca di dissipazione apposita, localizzata al piede della rapida dello sfioratore.

Lo spazio disponibile tra il piede della rapida e il sottopasso esistente è modesto e il risalto non potrebbe formarsi, con il conseguente effetto che il flusso verso valle si presenterebbe al sottopasso esistente con turbolenze e componenti disallineate rispetto alla direzione principale del flusso auspicabile.

È stato quindi modellato questo tratto precedente il sottopasso in modo da facilitare il flusso verso il sottopasso, ammettendo delle velocità non trascurabili (da ovviare con opportune protezioni) ma evitando le turbolenze.

La dissipazione dell'energia avviene prevalentemente nel primo tratto di canale naturale a valle del sottopasso, per cui si sono previste opere apposite per evitare l'erosione regressiva e l'alveo medesimo. Inoltre, si è verificato il deflusso a valle nell'alveo naturale.

In questa tratta la portata millenaria transita con effetti idrodinamici inferiori a quelli che si avrebbero in assenza della diga, grazie alla laminazione nel serbatoio artificiale.

L'energia della portata millenaria sfiorata viene dissipata nell'alveo naturale è stata calcolata e riportata nel precedente capitolo (capitolo 6.5 - modellazione monodimensionale con il software open source hec-ras, a partire dalle sezioni trasversali ricavate dal DTM a passo 5x5 messo a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna, ricavato dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5000).

Il calcolo consente di verificare che la velocità massima registrabile in alveo è di 14,14 m/s, compatibile con la formazione geologica incisa del corso d'acqua; questa conclusione è supportata dal ridotto scarto tra i valori di velocità della corrente per differenti tempi di ritorno, quindi, la velocità dipende principalmente dall'elevata pendenza dell'alveo naturale, quindi il deflusso della portata di picco dal serbatoio è omogenea con le condizioni idrodinamica naturale.

L'alveo naturale non mostra segni di deflussi così importanti, dato che l'impatto di una portata con tempo di ritorno di mille anni viene rapidamente cancellato dalla sedimentazione del materiale trasportato dalla corrente e dalla crescita della vegetazione ripariale.

7. SCARICO DI FONDO

7.1 Descrizione generale

Lo scarico di fondo/opera di presa viene mantenuto pressoché come nella configurazione esistente (Figura 7.1, Figura 7.2 e Figura 7.3). È costituito dall'opera di presa a lago e da un condotto di imbocco di lunghezza pari a circa 54 m al cui termine è presente una presa verticale ausiliaria; qui era ubicato il vecchio torrino di manovra.

A valle del condotto è presente una camera di raccordo con due inviti tronco-conici seguiti da due condotte in pressione φ400; i due inviti ed una parte delle condotte sono inghisati nel tampone di calcestruzzo che isola il cunicolo di accesso al corpo diga dal lago.

A valle diga le tubazioni scaricano in un canale a pelo libero che, con una diramazione ad Y, si divide in due brevi tratti rispettivamente di 4 e 6,5 m che permettono lo scarico nell'alveo a valle ed il raccordo alla derivazione verso la Centrale di Rigoso.

Lo scarico a valle sottopassa la strada di accesso alla diga tramite uno scatolare di sezione 2,50x1,25 m, che rilascia le portate in alveo. La portata esitabile dallo scarico di fondo in condizioni di valvole completamente aperte e bacino alla quota di massima regolazione, è circa pari a 2,2 m³/s.

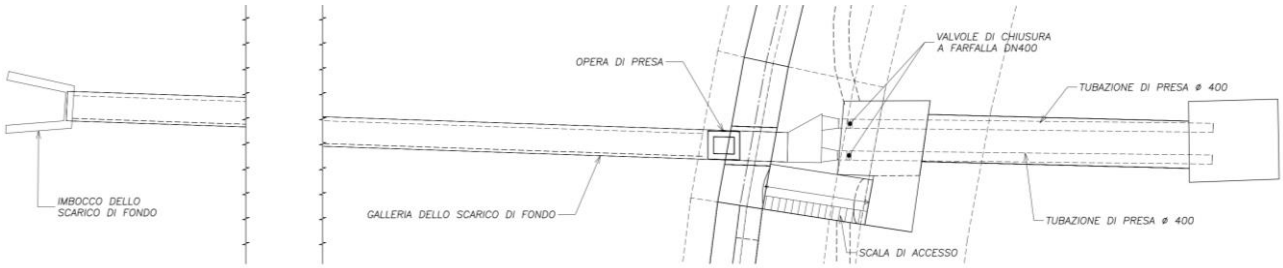


Figura 7.1 Planimetria dello scarico di fondo e opera di presa

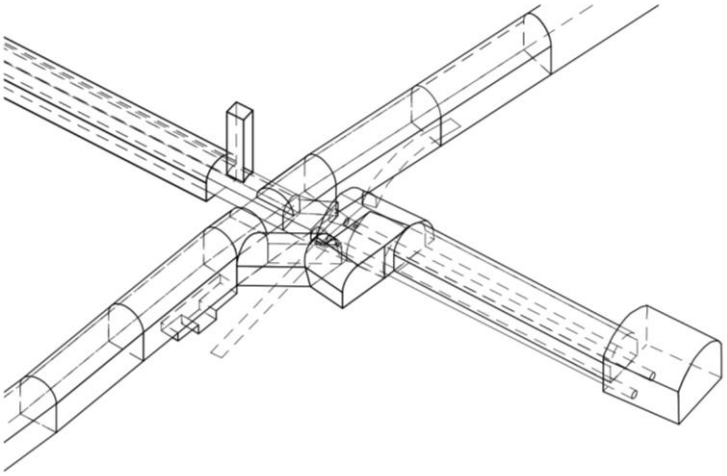


Figura 7.2 Vista 3D della galleria trasversale dello scarico di fondo, della galleria longitudinale di drenaggio e ispezione e delle camere di manovra

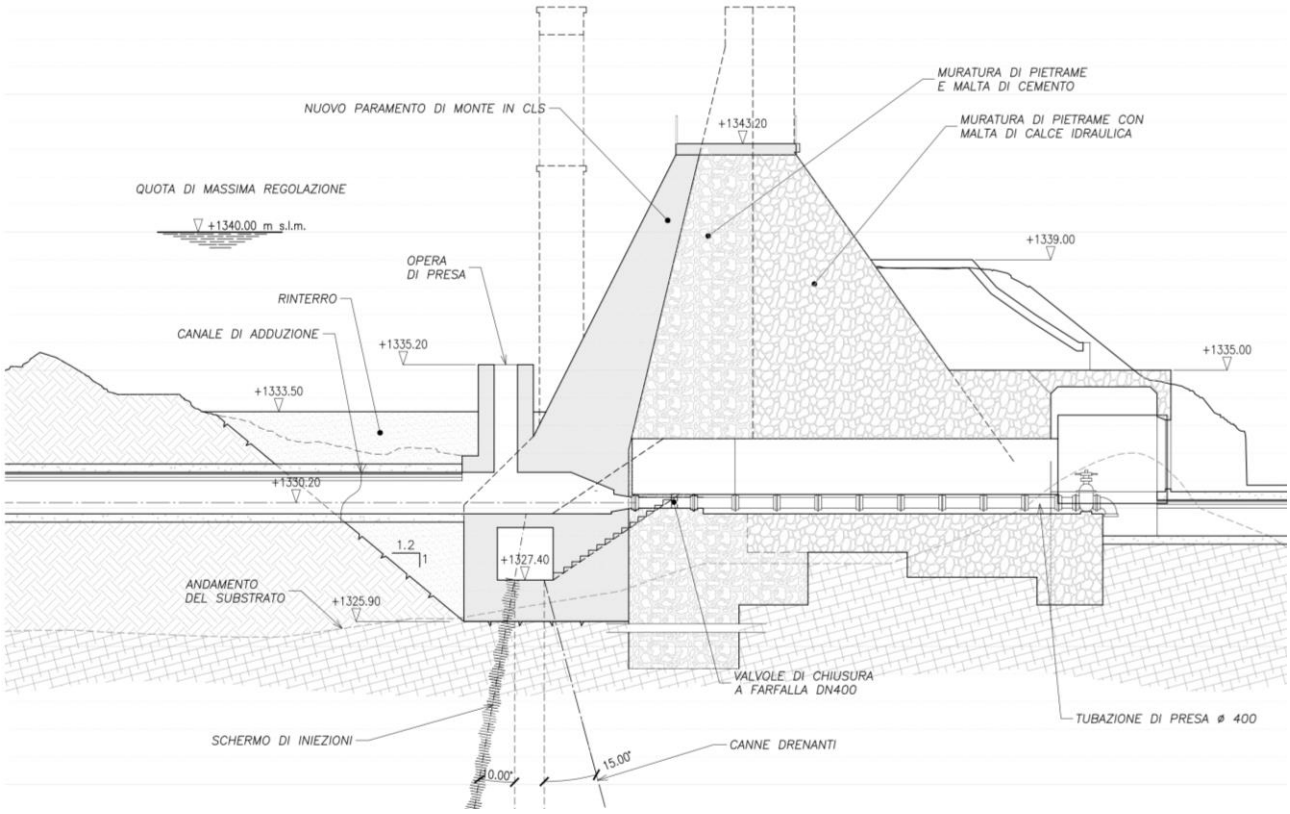


Figura 7.3 Sezione trasversale dello scarico di fondo e opera di presa

7.2 Organi di intercettazione

L'esistente torrino di manovra delle due paratoie piane poste a monte dello scarico di fondo viene demolito a causa della sua non conformità strutturale alle NTC 2018; anche il sistema di intercettazione viene rimosso in quanto non si prevede la costruzione di un nuovo torrino.

Il nuovo sistema di intercettazione di monte dello scarico di fondo consiste in due valvole a farfalla DN400, provviste di by pass di apertura, installate a valle del tampone del corpo diga; si è scelta la valvola a farfalla perché si prevede un funzionamento aperto/chiuso della derivazione/scarico e tale sistema di intercettazione offre una elevata affidabilità (possibilità di prevedere valvole a farfalla con l'asse doppio eccentrico per una migliore tenuta).

Le valvole a farfalla sono motorizzate e chiuderanno in caso di assenza di corrente grazie al nuovo gruppo elettrogeno e sono dotate di un riduttore manuale a volantino per le operazioni d'emergenza.

Il recapito nella diramazione ad Y non cambia in maniera sostanziale, se non per quanto riguarda gli organi di intercettazione; le due valvole a farfalla esistenti sono sostituite con due saracinesche, si sono adottate delle valvole a saracinesca perché offrono un grado di affidabilità di intercettazione pari a quello delle valvole a farfalla e possono fornire una modesta regolazione.

Le saracinesche sono motorizzate e sono movimentabili a mano in caso di emergenza.

Le portate esitate dallo scarico di fondo non cambiano in modo sostanziale.

7.3 Calcoli idraulici

La portata dello scarico di fondo è stata ottenuta considerando una legge di efflusso a battente.

$$Q = C_c A \sqrt{2 g h}$$

Dove:

A è l'area della sezione della tubazione [m^2]

Cc è il coefficiente di contrazione di Kirchhoff assunto di valore 0,60

h è il carico idrico e varia in funzione del livello d'invaso [m]

Considerando le seguenti quote:

- quota imbocco scarico di fondo = 1.330 m s.l.m.
- quota massima regolazione = 1.340 m s.l.m.
- quota massimo invaso = 1.341,2 m s.l.m.

si ottiene la seguente tabella delle velocità e delle portate in funzione del carico idrico (Tabella 7.1 e Figura 7.4):

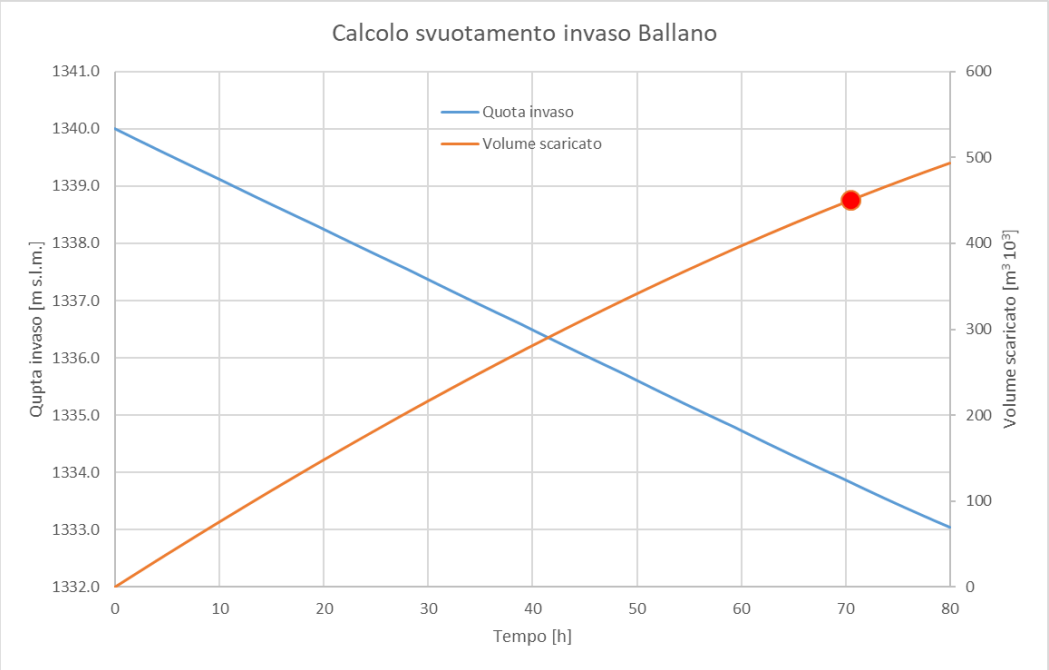
Tabella 7.1 Portata scaricata e velocità della corrente in funzione del livello d'invaso

Quota invaso	Portata (singola condotta)	Velocità (singola condotta)
[m slm]	[m^3/s]	[m/s]
1.330	0	0
1.331	0,34	2,71
1.332	0,48	3,83
1.333	0,59	4,69
1.334	0,68	5,41
1.335	0,76	6,05
1.336	0,83	6,63
1.337	0,90	7,16
1.338	0,96	7,66
1.339	1,02	8,12
1.340	1,08	8,56
1.341,2	1,14	9,06

La norma per le grandi dighe prevede che sia scaricato il 75% del serbatoio in minimo 3 giorni.

Il 75% del volume utile di regolazione è pari a circa 450.000 m^3; il tempo di svuotamento per scaricare questo volume è pari a circa 70 ore, ossia meno di 3 giorni.

Pertanto, lo scarico di fondo è dimensionato in modo conforme alla norma.



Tempo = 70,5 ore

Volume scaricato = 450.000 metri cubi

Figura 7.4 – Calcolo tempo di svuotamento serbatoio

8. SISTEMA DI AGGOTTAMENTO DEI DRENAGGI

8.1 Descrizione generale

I drenaggi convogliati nel nuovo cunicolo all'interno del corpo diga verranno raccolti in una vasca prevista nel punto più depresso della galleria, posto circa sull'asse trasversale dello sbarramento (Figura 7.3). All'interno della vasca è previsto un sistema di aggottamento ridondante, in modo da garantire una elevata sicurezza intrinseca: sono previste due pompe a sommersione.

La vasca ha le seguenti caratteristiche:

- 4 m di larghezza longitudinale rispetto allo sviluppo del cunicolo
- 1 m di larghezza trasversale rispetto allo sviluppo del cunicolo
- 0,5 m di altezza utile di accumulo
- 0,1 m di franco

La vasca garantisce un volume utile sufficiente ad accumulare la portata dei drenaggi affinché il sistema di aggottamento non debba funzionare in continuo. Le pompe verranno programmate per un funzionamento in alternata e l'attacco/stacco è gestito da dei galleggianti. Il numero di attacchi e stacchi delle pompe è compatibile col tipo di pompa adottato.

Il valore di portata media della pompa, pari a 7 l/s, e la rispettiva prevalenza media, pari a 10 m, sono state acquisite da curve caratteristiche di pompe sommerse tipo Sulzer (tale scelta potrebbe venire modificata nelle fasi progettuali successive); la singola pompa ha una potenza nominale assorbita alla rete di circa 2,4 kW.

Le pompe sono installate in un vano apposito, ribassato rispetto al fondo della vasca, in modo da garantire la sommergenza e limitare il volume di accumulo dei drenaggi. La vasca ha un fondo inclinato verso questo vano.

La tubazione di mandata DN65 della singola pompa è in PEAD ed è installata sulla parete del cunicolo di accesso al corpo diga; i drenaggi così emunti sono scaricati nella diramazione ad Y dello scarico di fondo.

Il volume dei drenaggi può essere misurato sulla base della portata scaricata dalle due pompe.

L'estradosso della vasca è a quota 1.327,20 m s.l.m., coincidente con il pavimento del cunicolo; lo scarico delle condotte di mandata ha la stessa quota dello scarico di fondo, pari a 1.330 m slm.

I valori di portata assunti per il dimensionamento sono 2l /s di picco di un'ora e 0,5 l/s di valore medio.

8.2 Dimensionamento

È stato seguito un processo iterativo ai fini del dimensionamento della vasca di raccolta.

La procedura adottata è la seguente:

- Definizione area di base della vasca di raccolta e relativa altezza utile
- Determinazione volume in ingresso alla portata di picco di progetto e per l'intervallo di tempo desiderato (1h)
- Determinazione del tirante all'interno della vasca in funzione del tempo
- Definizione del livello alla quale la pompa attacca
- Determinazione del volume di acqua in concomitanza dell'attacco della pompa
- Verifica che il volume accumulato sia inferiore a quello utile della vasca di raccolta
- Determinazione del processo di svuotamento della vasca
- Definizione del livello di stacco della pompa
- Verifica che la prevalenza della pompa sia maggiore della prevalenza netta da vincere (dislivello geodetico sommato delle perdite totali)

Sono state utilizzate le seguenti formule:

- $J = \frac{10{,}33\ Qm{,}p^2}{K_S^2 DN^{16/3}}$
- $\Delta Hd = J\ L$
- $\Delta Hc = k\ \frac{v^2}{2g}$
- $\Delta H\ totale = \Delta Hd + \Delta Hc$
- $\Delta Z\ geodetuca = 1330 - 1327.20 + Hvasca + Franco\ vasca$
- $\Delta Z = \Delta H\ totale + \Delta Z\ geodetica$
- $Verifica\ prevalenza: Hp - \Delta Z > 0$

Si riportano i principali dati di progetto considerati (Tabella 8.1).

Tabella 8.1 Dati caratteristici del sistema di aggottamento

Portata media pompa	$Q_{m,p}$	7	l/s
Volume drenaggi accumulato	V_{acc}	1,98	m^3
Volume utile della vasca	V_{vasca}	2,34	m^3
Altezza utile della vasca	H_{vasca}	0,5	m
Larghezza della vasca (longitudinalmente rispetto alla diga)	B_{vasca}	4	m
Lunghezza della vasca (trasversalmente rispetto alla diga)	L_{vasca}	1	m
Franco della vasca rispetto al livello idrico massimo raggiunto	Franco vasca	0,1	m
Prevalenza pompa	H_p	10	m
Lunghezza mandata PEAD	$L_{m,PEAD}$	30	m
Conduttanza mandata	Ks	80	$m^{1/3}/s$
Diametro nominale mandata	DN_m	0,065	m
Area mandata	A_m	0,0033	m^2
Cadente carichi totali	J	0,167	m/m
Perdite di carico distribuite	ΔH_d	5	m
Parametro adimensionale perdite di carico concentrate	K curve a gomito	0,5	-
Numero di curve	n curve	6	-
Perdite di carico concentrate	ΔH_c	0,67	m
Perdite di carico totali	ΔH totale	5,68	m
Dislivello geodetico	ΔZ geodetica	3,65	m
Prevalenza netta da vincere	ΔZ	9,33	m
Quota fondo vasca	$Q_{f,v}$	1.326,6	m s.l.m.
Quota attacco pompa	$Q_{a,p}$	1.327,1	m s.l.m.
Quota stacco pompa	$Q_{s,p}$	1.326,6	m s.l.m.
Quota mandata	Q_m	1.326,35	m s.l.m.
Quota aspirazione	Q_a	1.326,55	m s.l.m.
Quota fondo vano pompa	$Q_{fv,p}$	1.326,2	m s.l.m.

Il sistema di aggottamento e la vasca di accumulo prevista sono verificate alle condizioni di progetto assunte.

In caso di portata di picco dei drenaggi per l'intervallo temporale considerato (1h), le pompe funzionano in alternata seguendo un singolo ciclo di attacco e stacco di circa 23 minuti l'uno (16 minuti riempimento vasca, 7 minuti svuotamento vasca).

In caso di portata media dei drenaggi, le pompe funzionano in alternata seguendo un singolo ciclo di attacco e stacco di circa 72 minuti l'uno (66 minuti riempimento vasca, 6 minuti svuotamento vasca).