

**IMPIANTO DI RIGOSO - DIGA DI LAGO BALLANO E LAGO VERDE:
SERVIZI DI PROGETTAZIONE**



**RECUPERO DELLA DIGA DI LAGO VERDE
PROGETTO DEFINITIVO**

TITOLO

RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE OPERA

C732

CODICE ELABORATO

R204

REVISIONE	DATA	NOTE
1	30/05/2023	Revisione 1 con adeguamento ai commenti del DGD del 30/09/2022

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, (Speri)
 Matteo Rebuschi, Luigi Papetti, Caterina Frosio (Frosio Next)
 Luciano Serra, Federico Marini, Anxhela Zaza (Waterways)

Storia del documento

Revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato	Note
0	30/04/2022	Luciano Serra Matteo Rebuschi	Gianluca Gatto Luciano Serra	Giorgio Lupoi	Prima emissione
1	30/05/2023	Luciano Serra Matteo Rebuschi	Gianluca Gatto Luciano Serra	Giorgio Lupoi	Revisione 1 con adeguamento ai commenti del DGD del 30/09/2022

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.....	3
2. PREMESSA	4
3. IL BACINO IDROGRAFICO DELLO SBARRAMENTO DI LAGO VERDE	5
4. DATI DISPONIBILI PER LO STUDIO IDROLOGICO.....	7
5. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA AL COLMO PER ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO	9
5.1 GENERALITÀ.....	9
5.2 ANALISI DELL'INFORMAZIONE PLUVIOMETRICA	10
5.3 PREDISPOSIZIONE DEL MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI.....	14
6. STIMA DEL TEMPO DI RITORNO DELLA PORTATA CHE ANNULLA IL FRANCO.....	17
7. CONCLUSIONI	18
8. BIBLIOGRAFIA	19
9. ALLEGATI	20
9.1 ALLEGATO 1 - DATI IDROLOGICI A DISPOSIZIONE	21
9.2 ALLEGATO 2 – IDROGRAMMI PER I TEMPI DI RITORNO DI INTERESSE	25
9.3 ALLEGATO 3 - SCHEDE RIEPILOGATIVE DELLE ELABORAZIONI SVOLTE	27

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 - Posizione dello sbarramento di Lago Verde sul territorio dell'Emilia Romagna</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 - Bacino idrografico sotteso allo sbarramento di Lago Verde (CTR)</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3 - Ubicazione delle stazioni pluviometriche utilizzate nella relazione per l'analisi regionale delle precipitazioni: Lago dei, Bosco di Corniglio, Grammatica, Isola di Palanzano, Succiso, Paduli diga e Lago Ballano.</i>	<i>7</i>
<i>Figura 4 - Confronto fra le curve di crescita regionali adimensionali (linea rossa) e i dati sperimentali registrati alle stazioni di Lagdei, Bosco di Corniglio, Grammatica, Isola di Palanzano, Succiso, Paduli diga e Lago Ballano, per le durate di precipitazione giornaliera e di 1,3,6,12 e 24 ore (cerchietti neri).</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5 - Curve di possibilità pluviometrica calcolate per il bacino dello sbarramento di Lago Verde</i>	<i>13</i>
<i>Figura 6 - Bacino idrografico sotteso dallo sbarramento di Lago verde. Bacino di forma circolare di origine glaciale, caratterizzato da versanti parzialmente ricoperti da vegetazione boschiva con pascoli estesi e alcuni affioramenti di roccia nuda. (Immagine orientata a sud)</i>	<i>15</i>

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Dati caratteristici del bacino idrografico sotteso dallo sbarramento di Lago Verde 5	
Tabella 2 - Valori caratteristici delle precipitazioni di diversa durata e giornaliere rilevati nelle stazioni pluviografiche utilizzate nell'indagine.	8
Tabella 3 - Valori dei parametri della Gumbel regionale e dei fattori di crescita $K_{d,T}$ per la stima della precipitazione $h_{d,T}$, di durata d e tempo di ritorno T	11
Tabella 4 - Altezze di precipitazione indice per le diverse durate di pioggia della Stazione di Lago Ballano e altezze di pioggia di diversa durata e di assegnato tempo di ritorno T , ottenute dall'analisi regionale.....	12
Tabella 5 - Altezze di pioggia di diversa durata e di assegnato tempo di ritorno T e relative curve di possibilità pluviometrica.....	13
Tabella 6 - Parametri M e d per la formula del tempo di corivazione di Giandotti modificata da Aronica e Paltrinieri.	16
Tabella 7 - Portate al colmo per i tempi di ritorno di interesse, risultanti dal modello afflussi-deflussi con i parametri $CN=87$ e $T_c = 0.7$ ore	16
Tabella 8 - Dati di precipitazione massima annua per diverse durate orarie (mm) alle stazioni di Lagdei, Bosco di Corniglio, Grammatica, Isola di Palanzano, Succiso, Paduli diga e Lago Ballano.....	23
Tabella 9 - Valori di precipitazione giornaliera massima annua (mm) registrati alle stazioni di Lagdei, Bosco di Corniglio, Grammatica, Isola di Palanzano, Succiso, Paduli diga e Lago Ballano.....	24
Tabella 10 - Ietogrammi, lordi ed efficaci, e gli idrogrammi associati ai tempi di ritorno di interesse. I valori sono riportati con un passo temporale di 30 minuti.	26

1. INTRODUZIONE

Con contratto numero 1401366462 Enel Green Power Italia Srl ha affidato all'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., l'incarico di redigere il progetto definitivo, esecutivo e la direzione dei lavori delle opere oggetto del sopraccitato contratto "Impianto di Rigoso_ diga di Lago Ballano e Lago Verde: Servizi di Progettazione"; la progettazione definitiva interessa solamente l'intervento sullo sbarramento di Lago Verde.

I due sbarramenti sono ubicati nel comune di Monchio delle Corti (PR).

La progettazione delle opere oggetto del contratto è stata eseguita con il contributo all'ATI della società Waterways S.r.l..

A seguito dell'intervento di demolizione e di recupero lo sbarramento, con la conseguente riduzione di altezza dei paramenti e di volume invasato, si avrà il declassamento della diga di Lago Verde a diga di competenza regionale.

Il progetto prevede l'abbassamento del coronamento dello sbarramento, da quota 1.514,60 a 1.505,00 m s.l.m. e la stabilizzazione dell'invaso sino alla quota 1.498 m s.l.m.

Scopo della presente relazione è lo sviluppo della componente idrologica del progetto definitivo di recupero dello sbarramento di Lago Verde.

Questa versione del rapporto risulta essere la prima revisione del documento originario, effettuata in seguito all'Istruttoria della Direzione Generale Dighe (DGD) del 30/09/2022. Per semplicità di trattazione, le parti modificate rispetto alla prima emissione, sono riportate evidenziate in ciano.

Per il presente progetto definitivo si è assunta valida a tutti gli effetti l'analisi idrologica redatta da Enel Green Power, riportata nel documento "Sbarramento di Lago Verde (PR) - Verifica della sicurezza idrologica dell'invaso - (UID 1873)" allegato al progetto definitivo del 2016, controllata in dettaglio senza osservazioni e per la quale il Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili si è già pronunciato positivamente con lettera prot. 12576 del 25/05/2017 e lettera prot. 17847 del 03/08/2018.

2. PREMESSA

Il rapporto presenta l'analisi idrologica effettuata per la stima della portata di piena, con tempo di ritorno sino a 1000 anni, prevedibile alla sezione idrografica attualmente individuata dallo sbarramento di Lago Verde, che innalza la soglia dell'originario lago naturale, da cui si origina il Rio Lago Verde, sito nel Comune di Monchio delle Corti (PR).

L'analisi ha previsto la stima della portata di piena di prefissato rischio attesa al serbatoio, che è stata sviluppata mediante una metodologia di tipo regionale, facendo riferimento sia ad un approccio statistico diretto, sia all'implementazione di modelli di trasformazione afflussi-deflussi. Sono state sviluppate le seguenti fasi logiche che saranno trattate nel dettaglio nel proseguo della relazione:

- Raccolta ed analisi dei dati storici di precipitazione registrati alle stazioni collocate nell'area idrografica limitrofa;
- Stima delle curve di possibilità pluviometrica mediante analisi regionale delle informazioni pluviometriche;
- Determinazione, in base ai risultati delle analisi disponibili in letteratura ed all'analisi delle informazioni idrologiche raccolte ai punti precedenti, della portata, al colmo di tempo di ritorno T attesa alla sezione, Q_c, T . A tale scopo si è sviluppato un modello afflussi-deflussi i cui parametri sono stati ottenuti dall'analisi geomorfologica del bacino. Le elaborazioni sono state in particolare finalizzate alla determinazione dei valori di portata corrispondente a $T = 50, 100, 200, 500$ e 1000 anni;

Le relazioni matematiche e le basi teoriche che le sottendono sono invece riportate in misura strettamente necessaria alla comprensione dell'elaborato, rimandando alla bibliografia citata per eventuali approfondimenti. L'Allegato 3 a fine testo riporta infine le schede riepilogative delle elaborazioni svolte, compilate secondo quanto richiesto dalla comunicazione R.I.D. n°3199/UI DR del 06/04/2005.

3. IL BACINO IDROGRAFICO DELLO SBARRAMENTO DI LAGO VERDE

Il bacino imbrifero che alimenta il Lago Verde è situato nei pressi del crinale appenninico parmense, nel Comune di Monchio delle Corti (PR) Figura 1; i dati caratteristici, riportati in Tabella 1, sono stati ricavati mediante l'analisi del Modello Digitale del Terreno a celle di 20 m, fornito dall'ISPRA.

Il bacino, di area 1.10 km² e di forma approssimativamente circolare, si estende sulle pendici settentrionali dei Monti Bosco e Sillara ed è caratterizzato da un lago naturale di origine glaciale la cui soglia è stata innalzata per creare un invaso di riserva stagionale per la produzione idroelettrica.

Superficie sottesa (km ²)	Lunghezza asta principale (km)	Quota massima del bacino (m s.l.m.)	Quota minima del bacino (m s.l.m.)	Quota media del bacino (m s.l.m.)
1.10	1.52	1825	1501	1626

Tabella 1 - Dati caratteristici del bacino idrografico sotteso dallo sbarramento di Lago Verde

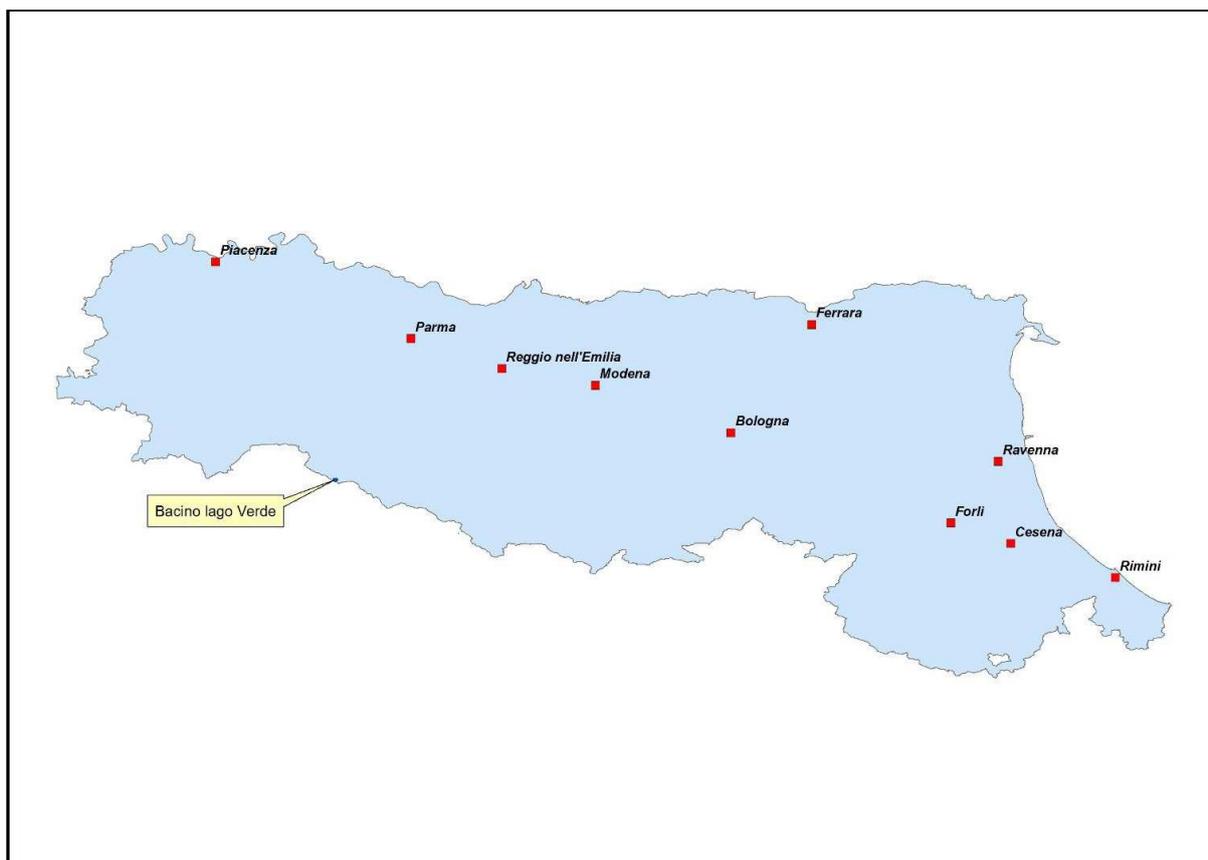


Figura 1 - Posizione dello sbarramento di Lago Verde sul territorio dell'Emilia Romagna

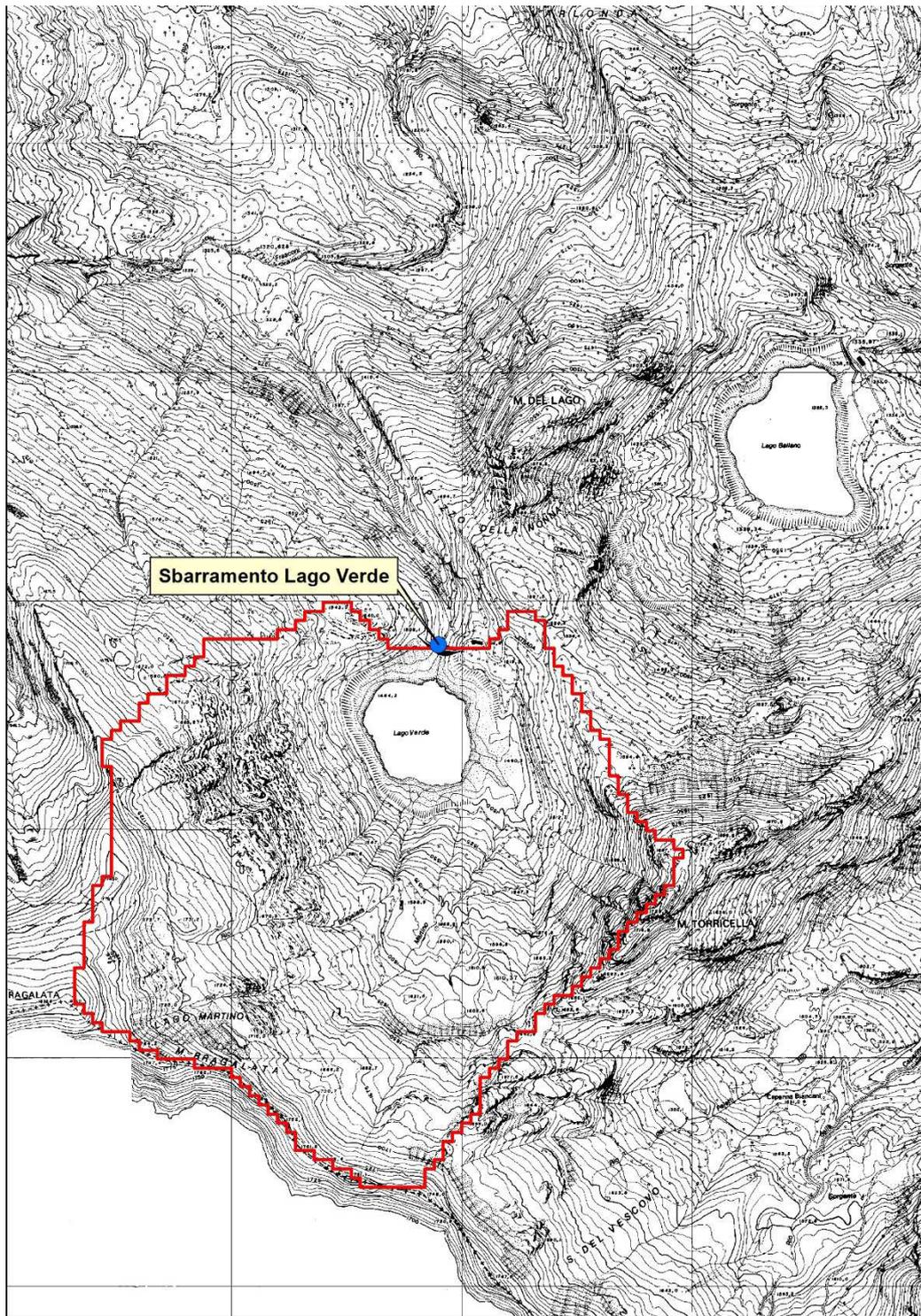


Figura 2 - Bacino idrografico sotteso allo sbarramento di Lago Verde (CTR)

4. DATI DISPONIBILI PER LO STUDIO IDROLOGICO

I dati disponibili per lo studio idrologico riguardano principalmente l'informazione pluviometrica, per la quale si hanno a disposizione i valori massimi annui di precipitazione giornaliera e di diversa durata registrati in 7 stazioni pluviografiche ubicate nell'area di indagine: Lagdei, Bosco di Corniglio, Grammatica, Isola di Palanzano, Succiso, Paduli diga e Lago Ballano [2] (Figura 3).

In Tab.2 sono indicati i valori caratteristici di precipitazione di diversa durata e giornaliere, per le stazioni considerate nell'indagine e si rimanda alle Tabella 1 e Tabella 2 dell'Allegato 1 - Dati idrologici a disposizione - per l'esposizione completa di tutti i dati.

Per lo sbarramento in esame non sono disponibili informazioni idrometriche dirette, in quanto lo sbarramento è stato messo fuori esercizio dall'Agosto del 1966.

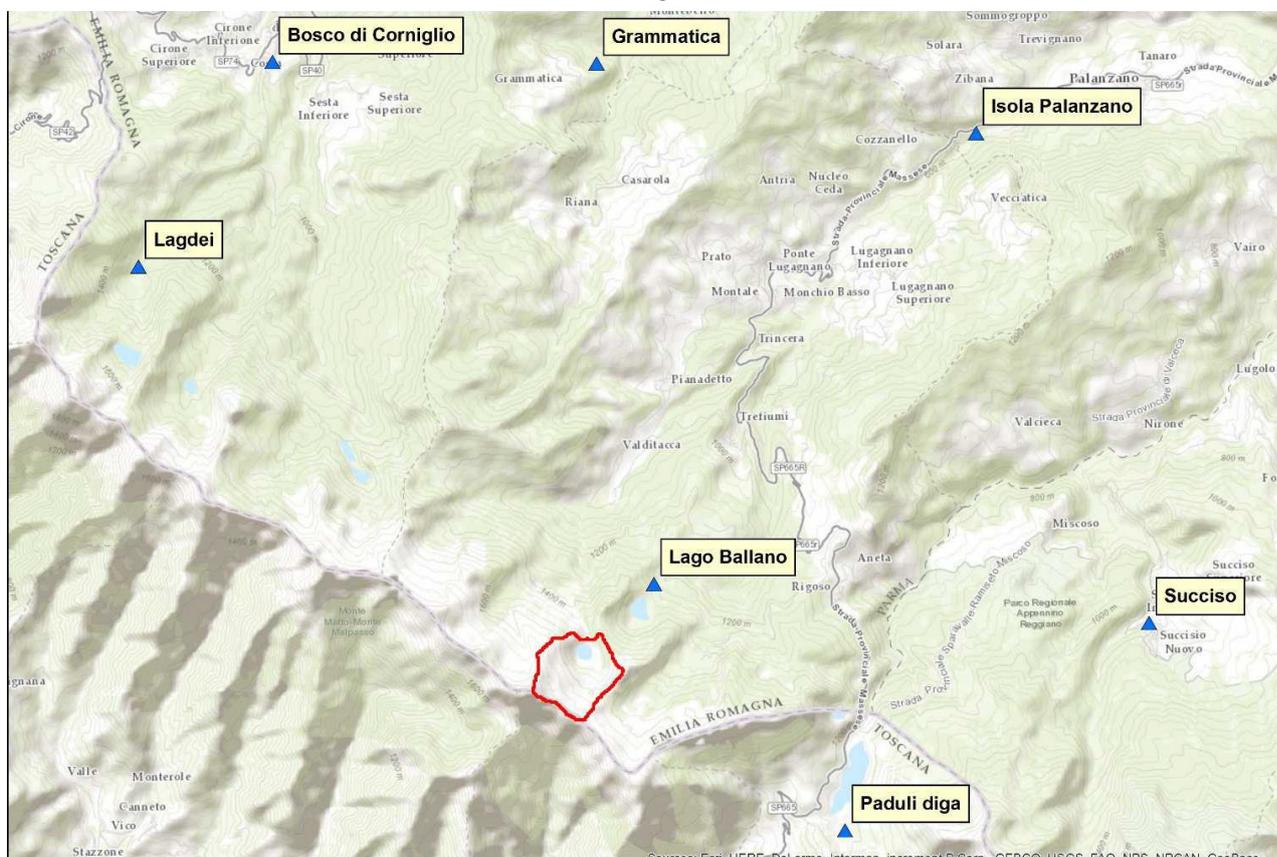


Figura 3 - Ubicazione delle stazioni pluviometriche utilizzate nella relazione per l'analisi regionale delle precipitazioni: Lago dei, Bosco di Corniglio, Grammatica, Isola di Palanzano, Succiso, Paduli diga e Lago Ballano.

Stazione	Durata (ore)	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	1 gg
Lagdei	Numero dati:	21	21	21	21	21	21
	Valore medio (mm):	47.3	87.1	126.4	175.7	216.7	185.2
	Valore massimo (mm):	69.4	144.4	196.0	246.0	338.0	301.8
Bosco di Corniglio	Numero dati:	15	15	15	15	15	15
	Valore medio (mm):	36.9	69.3	104.4	145.9	180.1	161.6
	Valore massimo (mm):	72.6	160.0	213.6	253.0	286.8	245.2
Grammatica	Numero dati:	13	13	13	13	13	13
	Valore medio (mm):	30.8	52.7	68.4	94.5	114.0	107.4
	Valore massimo (mm):	46	90.0	107.2	140.8	169.6	144.6
Isola di Palanzano	Numero dati:	19	19	19	19	19	21
	Valore medio (mm):	32.0	47.3	61.1	79.4	96.6	93.2
	Valore massimo (mm):	62.4	83.6	86.4	105.2	139.8	202.8
Succiso	Numero dati:	19	19	19	19	19	23
	Valore medio (mm):	34.7	55.2	78.5	112.0	145.0	121.6
	Valore massimo (mm):	73.4	103.0	119.6	173.0	250.4	238.6
Paduli diga	Numero dati:	21	21	21	21	21	26
	Valore medio (mm):	33.2	59.1	79.6	110.8	149.8	134.0
	Valore massimo (mm):	65.8	85.0	122.0	172.8	222.8	223.4
Lago Ballano	Numero dati:	20	20	20	20	20	24
	Valore medio (mm):	39.7	71.4	103.1	144.1	182.2	158.1
	Valore massimo (mm):	84	134.6	159.6	213.2	317.6	282.4

Tabella 2 - Valori caratteristici delle precipitazioni di diversa durata e giornaliere rilevati nelle stazioni pluviografiche utilizzate nell'indagine.

5. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA AL COLMO PER ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO

5.1 Generalità

Il problema idrologico per lo sbarramento oggetto dell'indagine può essere inquadrato come la stima dell'idrogramma di piena associato a tempi di ritorno fino a 1000 anni, in un bacino in cui è possibile reperire dati pluviometrici, consistenti sia in termini di qualità, sia di quantità, mentre i dati di portata, ricostruiti mediante equazioni di bilancio, non hanno caratteristiche di numerosità e affidabilità tali da poter essere usati in maniera quantitativa, ma solo qualitativa.

Per il calcolo delle portate al colmo si è adottato un metodo di tipo indiretto, che prevede la predisposizione di un modello di trasformazione afflussi – deflussi, i cui parametri sono stati stimati sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino.

L'ipotesi principale su cui si fonda l'approccio della trasformazione afflussi deflussi, è che il tempo di ritorno delle portate sia uguale a quello delle precipitazioni che le generano, perciò è stata condotta un'analisi statistica diretta di tipo regionale sulle precipitazioni per valutare le altezze di pioggia associate ai tempi di ritorno di interesse.

L'approccio di analisi adottato può essere così riassunto:

- Analisi dell'informazione pluviometrica. Sono state valutate le precipitazioni h_d, T di durata d (ore) e tempo di ritorno T (anni) e le relative curve di possibilità pluviometrica, mediante un'analisi statistica diretta di tipo regionale;
- Predisposizione di un modello afflussi – deflussi. È stato predisposto un modello idrologico rappresentativo della risposta mediamente probabile del bacino idrografico ad eventi meteorologici intensi. I parametri sono stati stimati sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino, non avendo serie di portate disponibili per effettuare una calibrazione.

Nel seguito i punti precedenti sono sviluppati singolarmente ed analizzati criticamente.

5.2 Analisi dell'informazione pluviometrica

Per stimare il valore delle precipitazioni di diversa durata ed assegnato tempo di ritorno si è utilizzato l'approccio della "regionalizzazione" dell'informazione idrologica disponibile, poiché l'analisi degli eventi idrologici intensi, su base regionale, consente di sfruttare al meglio i dati sperimentali disponibili e ricavare con maggiore affidabilità le precipitazioni di durata d e tempo di ritorno T , in quanto integra la limitata informazione temporale con la più ampia informazione spaziale [3,4,5].

Fondamentale, in questo genere di analisi, è il concetto di "regione" definita come un gruppo di siti "idrologicamente omogenei", ossia con una distribuzione di probabilità di eventi idrologici che si può ritenere unica a meno di un fattore di scala.

In sintesi, dopo aver individuato nell'area in indagine zone idrologicamente omogenee nei riguardi della variabile di interesse, l'analisi dei dati sperimentali permette di determinare il valore della generica variabile idrologica X_T con tempo di ritorno T mediante relazioni del tipo:

$$X_T = K_T * X_m \quad (1)$$

dove K_T prende il nome di fattore di crescita, unico per l'intera zona idrologicamente omogenea e determinabile in maniera univoca in funzione di T , mentre X_m è costituita dalla media dei valori massimi annuali della grandezza in esame, calcolata direttamente sui dati sperimentali, se disponibili, o stimata mediante relazioni che legano X_m ai parametri idro-geomorfologici descrittivi del bacino imbrifero.

Se le stazioni dell'insieme considerato per la determinazione di K_T nella (1) sono effettivamente omogenee (tale ipotesi deve essere preventivamente verificata) l'analisi regionale, applicata alla valutazione delle precipitazioni, consente delle stime agevoli ed affidabili, grazie alla maggiore informazione utilizzata dal metodo. È stato peraltro dimostrato che l'analisi regionale permette di ottenere stime di X_T più robuste rispetto ai risultati offerti da un'analisi di tipo puntuale, anche in presenza di parziali eterogeneità della regione considerata [6].

Per l'area in cui ricade il bacino idrografico di Lago Verde, sono stati pubblicati diversi studi nell'ambito del progetto VAPI [7,8], sulla base dei quali, le stazioni pluviometriche di Tab.2 sono state considerate appartenere ad un'unica zona omogenea nei confronti delle precipitazioni.

Sulla base di queste considerazioni, risulta possibile esprimere la precipitazione di durata d (ore) e tempo di ritorno T (anni), $h_{d,T}$, per il bacino di interesse, applicando la relazione:

$$h_{d,T} = K_{d,T} * h_{d,m} \quad (2)$$

dove $K_{d,T}$ rappresenta il fattore di crescita corrispondente alla durata d ed al tempo di ritorno T in esame, e $h_{d,m}$ la precipitazione indice.

Data la numerosità dei dati di precipitazione, si è scelto di calcolare i valori dei fattori di crescita, $K_{d,T}$, utilizzando come distribuzione probabilistica la legge Gumbel, i cui parametri sono stati stimati, per ogni durata di pioggia, d , a partire dai dati sperimentali mediante il metodo degli L-Momenti [5].

Nella Tabella 3 seguente si riportano i valori dei parametri della distribuzione di Gumbel e i relativi valori di $K_{d,T}$, per le durate 1-24 ore e giornaliera.

Parametri Gumbel regionale (L-Momenti)						
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	1 gg
u	0.8557	0.8442	0.8610	0.8740	0.8689	0.8582
a	0.2500	0.2699	0.2409	0.2184	0.2271	0.2457
$K_{d,T}$ (-)						
T (anni)	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	1 gg
50	1.83	1.90	1.80	1.73	1.76	1.82
100	2.01	2.09	1.97	1.88	1.91	1.99
200	2.18	2.27	2.14	2.03	2.07	2.16
500	2.41	2.52	2.36	2.23	2.28	2.38
1000	2.58	2.71	2.52	2.38	2.44	2.56

Tabella 3 - Valori dei parametri della Gumbel regionale e dei fattori di crescita $K_{d,T}$ per la stima della precipitazione $h_{d,T}$, di durata d e tempo di ritorno T .

Le curve di crescita sono state confrontate con i rilievi sperimentali di pioggia massima annua, di durata giornaliera e di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. I risultati sono rappresentati in Fig.4, dove per ogni durata considerata, è riportato il grafico della distribuzione di frequenza dei punti sperimentali e della curva di crescita regionale di Gumbel. I dati sperimentali delle singole stazioni sono stati adimensionalizzati rispetto alla loro altezza indice (Tabella 2), riuniti a formare un unico campione di dati e plottati con i pallini utilizzando la plotting position di Hazen. Si può osservare come la curva di crescita ben rappresenta i dati sperimentali, per tutte le durate considerate.

Nell'applicazione dell'eq.(2), come altezza di pioggia indice per le diverse durate, $h_{d,m}$, si sono adottati i valore di pioggia indice per le diverse durate, rilevati alla stazione pluviografica di Lago Ballano e riportati in Tabella 4, assieme ai valori di precipitazione $h_{d,T}$ per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. È stata scelta la Stazione di Lago Ballano, in quanto è la più vicina in termini di prossimità geografica.

Infine, per ottenere la precipitazione $h_{d,T}$ di durata d generica ed assegnato tempo di ritorno T si sono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica

$$h_{d,T} = a * d^n \quad (3)$$

dove il parametro a e l'esponente n sono stati stimati mediante una calibrazione ai minimi quadrati tra le curve di possibilità pluviometrica e i valori di $h_{d,T}$ risultanti dall'analisi regionale, per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. L'applicazione dell'eq.(3), per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore e per i tempi di ritorno di interesse, permette di calcolare le altezze di pioggia riportate in Tabella 5 e graficate in Figura 5.

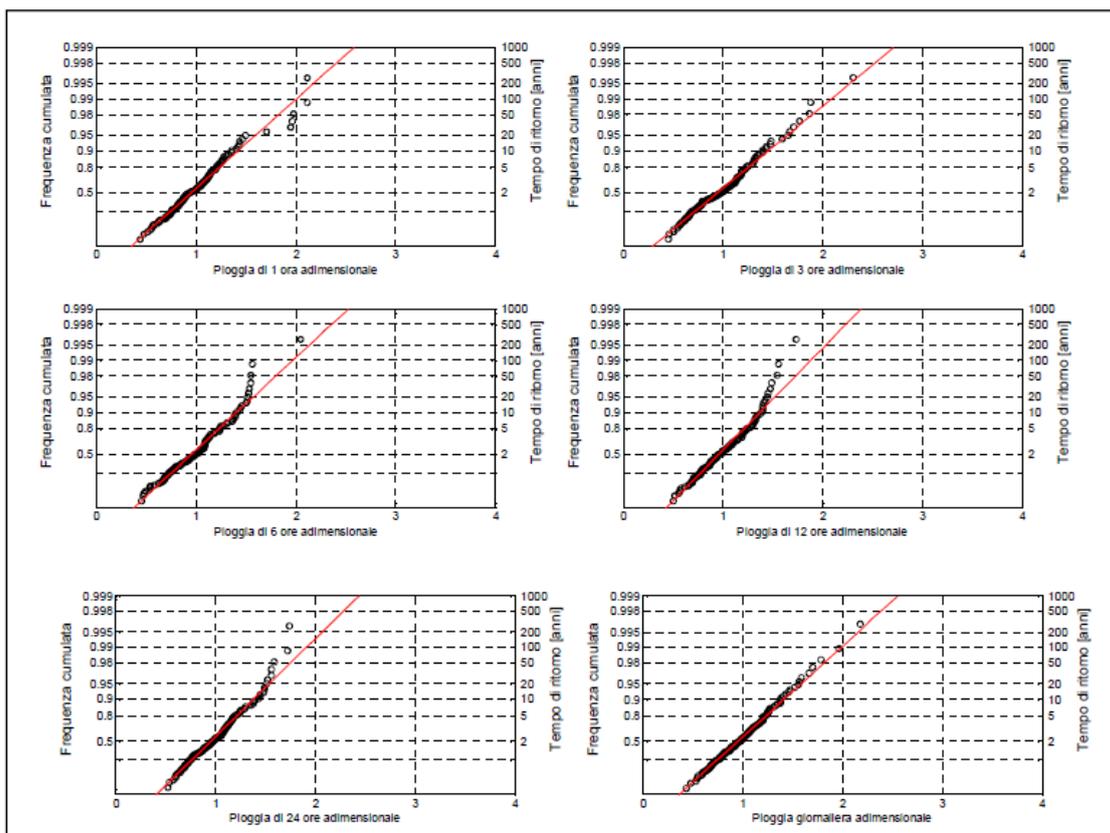


Figura 4 - Confronto fra le curve di crescita regionali adimensionali (linea rossa) e i dati sperimentali registrati alle stazioni di Lagdei, Bosco di Corniglio, Grammatica, Isola di Palanzano, Succiso, Paduli diga e Lago Ballano, per le durate di precipitazione giornaliera e di 1,3,6,12 e 24 ore (cerchietti neri).

	Durata d (ore)				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
$h_{d,m}$ (mm)	39.7	71.4	103.1	144.1	182.2
	$h_{d,T}$ (mm)				
T (anni)	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
50	72.7	135.4	185.7	248.8	319.7
100	79.6	148.8	203.1	270.8	348.6
200	86.5	162.2	220.3	292.7	377.4
500	95.6	179.9	243.1	321.6	415.4
1000	102.5	193.3	260.4	343.4	444.1

Tabella 4 - Altezze di precipitazione indice per le diverse durate di pioggia della Stazione di Lago Ballano e altezze di pioggia di diversa durata e di assegnato tempo di ritorno T , ottenute dall'analisi regionale.

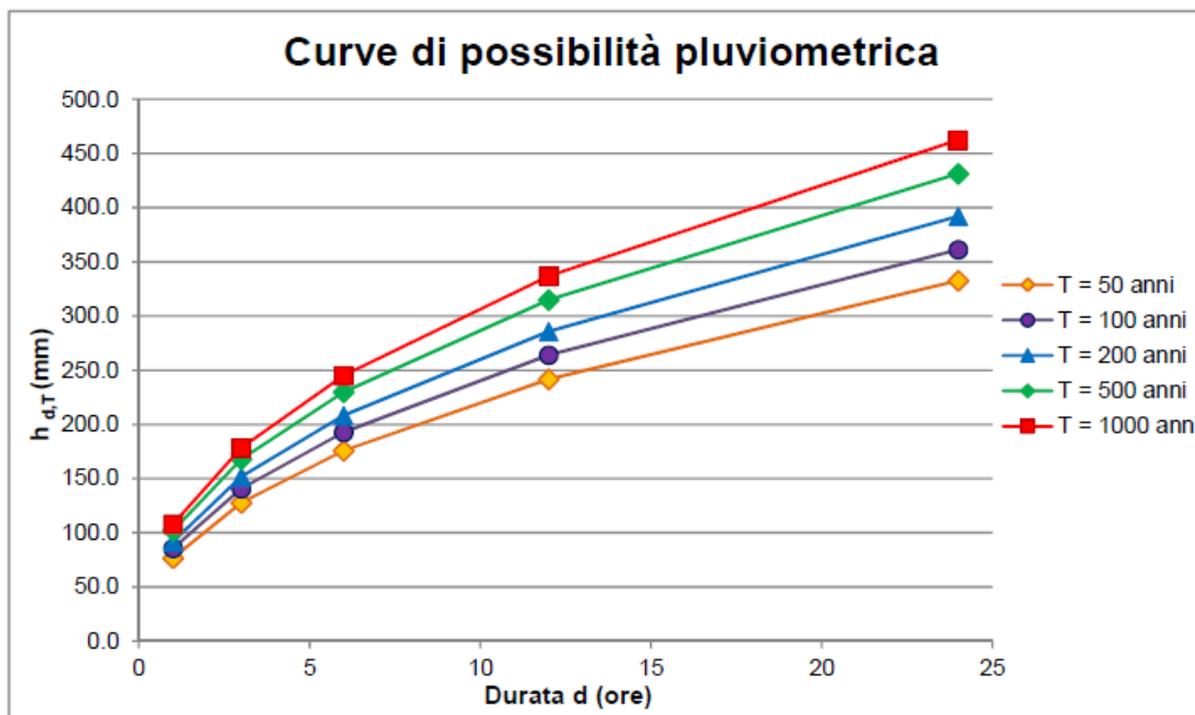


Figura 5 - Curve di possibilità pluviometrica calcolate per il bacino dello sbarramento di Lago Verde

T (anni)	Durata d (ore)					Curve di Possibilità Pluviometrica	
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	α	n
50	77.0	127.7	175.7	241.8	332.7	77.0	0.4605
100	85.6	140.8	192.8	264.0	361.4	85.6	0.4532
200	92.0	151.9	208.3	285.8	392.1	92.0	0.4562
500	101.9	167.8	229.9	314.9	431.3	101.9	0.4540
1000	107.9	178.4	245.1	336.6	462.4	107.9	0.4579

Tabella 5 - Altezze di pioggia di diversa durata e di assegnato tempo di ritorno T e relative curve di possibilità pluviometrica

5.3 Predisposizione del modello afflussi deflussi

Per la stima delle portate al colmo di elevato tempo di ritorno è stato predisposto un modello di trasformazione afflussi – deflussi, nell'ipotesi che i tempi di ritorno delle portate siano gli stessi di quelli delle precipitazioni che le generano.

L'elaborazione dei dati di precipitazione e la trasformazione afflussi-deflussi sono avvenute utilizzando il pacchetto software FLEA prodotto dal Politecnico di Milano [9].

Gli eventi di precipitazione di progetto sono stati ipotizzati della durata di 24 ore e sono descritti dalle curve di possibilità pluviometrica di Tabella 5; l'andamento temporale degli istogrammi di progetto è stato costruito secondo lo schema dello "ietogramma Chicago" (o "block alternated method"), ipotizzando che il picco dell'intensità di pioggia sia posizionato a 0.4 della durata totale dell'evento [3]. Considerata la limitata estensione del bacino idrografico sotteso, non si è introdotta alcuna riduzione areale della precipitazione.

Gli ietogrammi, così ottenuti, rappresentano i pluviogrammi di progetto "lordi" dai quali si ricavano i pluviogrammi "efficaci", depurandoli delle perdite dovute ai fenomeni dell'intercettazione e dell'infiltrazione. Per valutare queste due componenti si è utilizzato il metodo SCS-CN, messo a punto dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti [10].

Per il calcolo del Curve Number, sono state analizzate le informazioni disponibili sull'uso del suolo e sulle caratteristiche fisiche del bacino. Come si può osservare dalla Figura 6, il bacino imbrifero è caratterizzato da versanti ricoperti da scarsa vegetazione boschiva appenninica, concentrata principalmente attorno al perimetro del lago. La maggior parte del territorio è caratterizzata da prati e da affioramenti di roccia nuda, in particolare presenti sul versante meridionale del bacino. Lo strato superficiale del terreno è costituito da una coltre detritica e da depositi morenici. Sulla base di queste informazioni si è scelto di adottare un CN pari a 87, in condizioni di AMC di classe II.

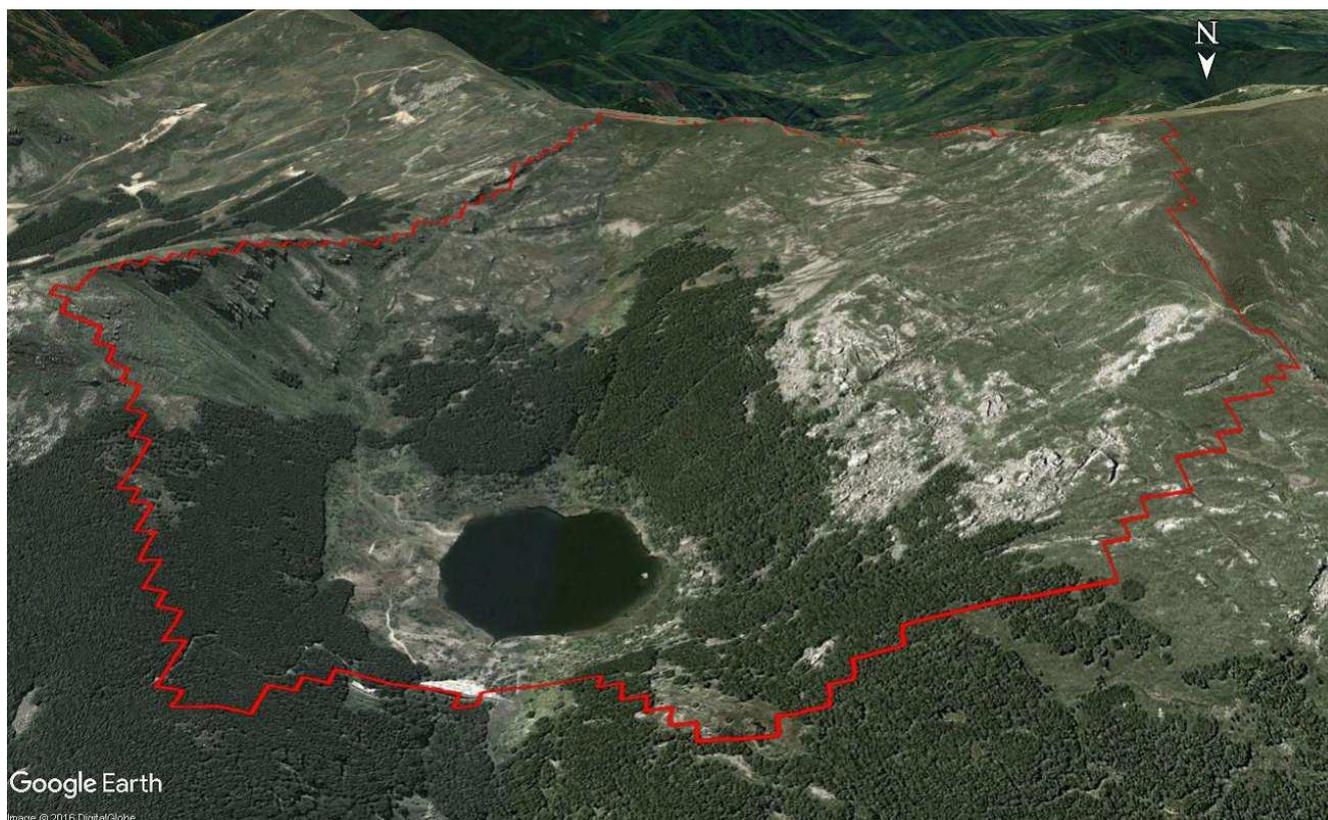


Figura 6 - Bacino idrografico sotteso dallo sbarramento di Lago verde. Bacino di forma circolare di origine glaciale, caratterizzato da versanti parzialmente ricoperti da vegetazione boschiva con pascoli estesi e alcuni affioramenti di roccia nuda. (Immagine orientata a sud)

Una volta noto il pluviogramma efficace, si è applicato il metodo della corrivazione per la trasformazione afflussi-deflussi; si è utilizzata allo scopo la funzione d'area del bacino, determinata con ArcGis a partire da DTM a 20m dell'ISPRA.

Il tempo di corrivazione è stato calcolato mediante la formula di Giandotti, modificata da Aronica e Paltrinieri [11], per adattarla ai piccoli bacini con area inferiore a 10 km² (4), ottenendo T_c=0.7 ore. La formula è la seguente:

$$T_c = \frac{1}{0.8 \cdot \sqrt{H_m}} \cdot \frac{M \cdot d \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{(4)}$$

M e d sono parametri che assumono i valori riportati in Tabella 6, in funzione del tipo di suolo e della permeabilità dei terreni.

Tipo di copertura	M	Permeabilità	d
Terreno nudo	0,667	Terreni semi-impermeabili	1,270
Terreni coperti con erbe rade	0,250	Terreni poco permeabili	0,960
Terreni coperti da bosco	0,200	Terreni mediamente permeabili	0,810
Terreni coperti da prato permanente	0,167	Terreni molto permeabili	0,690

Tabella 6 - Parametri M e d per la formula del tempo di corrivazione di Giandotti modificata da Aronica e Paltrinieri.

Si sono adottati $M=0.25$ e $d=0.96$.

Dopo aver predisposto il modello afflussi-deflussi, si sono calcolate le portate al colmo per i tempi di ritorno di interesse di 50, 100, 200, 500 e 1000 anni, ottenendo i valori esposti in Tabella 7. Nell'Allegato 2 – Idrogrammi per i tempi di ritorno di interesse - sono riportati gli idrogrammi completi per i tempi di ritorno di interesse.

T (anni)	$Q_{c,T}$ (m^3/s)
50	28.5
100	32.0
200	34.5
500	38.5
1000	41.0

Tabella 7 - Portate al colmo per i tempi di ritorno di interesse, risultanti dal modello afflussi-deflussi con i parametri $CN=87$ e $T_c = 0.7$ ore

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

Ai sensi delle disposizioni di cui al p.to C.1 delle NTD 2014 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 (presa pari alla quota delle banchine laterali dello sfioratore di superficie) meno la quota della soglia dello sfioratore: $h = 1.501,5 - 1.498 = 3,5$ m.

Con questo tirante, i dati geometrici di seguito riportati e la formula dello stramazzo:

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

- L è la larghezza della luce sfiorante, pari a 10 m

- μ il coefficiente di efflusso pari a 0.385

si è calcolata la portata che annulla il franco, pari a 111,7 m³/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 3.000 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.

7. CONCLUSIONI

Il rapporto presenta l'analisi idrologica effettuata per lo sbarramento di Lago Verde sul Rio Lago Verde, sito nel Comune di Monchio delle Corti (PR).

L'indagine ha condotto a determinare la stima della portata di piena di prefissato rischio attesa al serbatoio, mediante una metodologia di tipo regionale facendo riferimento sia ad un approccio statistico diretto, sia all'implementazione di modelli di trasformazione afflussi-deflussi e ha previsto lo sviluppo delle seguenti fasi logiche:

- Raccolta ed analisi dei dati storici di precipitazione registrati alle stazioni collocate nell'area idrografica limitrofa;
- Determinazione, in base all'analisi delle informazioni idrologiche raccolte al punto precedente, della portata al colmo di tempo di ritorno T attesa al serbatoio;

Lo studio idrologico conduce ad una valutazione della portata al colmo per i tempi di ritorno di interesse di 50, 100, 200, 500 e 1000 anni rispettivamente pari a 32.0, 34.5, 38.5 e 41.0 m³/s.

In data 23/5/2023 è stata inviata alla Struttura IdroMeteoClima – Servizio idrografia e idrologia regionale e distretto Po della Regione Emilia Romagna la richiesta di assentimento della portata di piena avente il tempo di ritorno di 1000 anni; attualmente si è in attesa dell'approvazione della portata qua presentata.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Servizio Nazionale Dighe–Ufficio Periferico di Milano – “Diga di Lago Verde nel Comune di Monchio delle Corti (PR). Foglio di Condizioni per l’Esercizio e la Manutenzione” 2000.
- [2] Agenzia Regionale per la Prevenzione, l’Ambiente e l’Energia – Emilia Romagna, “Annali Idrologici”, anni vari.
- [3] Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W., “Applied Hydrology”, Cap.12, Ed. Mc Graw Hill, 1988.
- [4] Hosking J.R. M., Wallis J.R., “Some statistics useful in regional frequency analysis”, Water Resources Research, Vol.29, 1993.
- [5] Wallis J.R., “Regional frequency studies using L-moments”, Research report RC14597, IBM Research Division, Yorktown Heights, N.Y., 1989.
- [6] Lettenmaier D.P., Wallis J.R., Wood E.F., “Effect of regional heterogeneity on flood frequency estimation”, Water Resources Research, Vol. 23, 1987.
- [7] GNDCI Linea 1. Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia, Compartimenti del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) di Bologna, di Pisa e di Roma.
- [8] Brath A., Franchini M. e Galeati G., “Valutazione delle piogge intense nell’Italia centrosettentrionale”, L’ACQUA, n°4, 1998.
- [9] Ranzi R., Rosso R., “FLEA - Flood Event Analyser - Software per l’analisi di eventi di piena”, Politecnico di Milano, Giugno 1997.
- [10] SOIL CONSERVATION SERVICE, (1972) National Engineering Handbook, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.
- [11] Aronica, Paltrinieri, “Bonifica Montana nel comprensorio dell’Alto Simeto, Centro Studi della Cassa del Mezzogiorno, Quaderno n.17, Roma, 1954.

9. ALLEGATI

Allegato 1 – Dati idrologici a disposizione

Allegato 2 – Idrogrammi per i tempi di ritorno di interesse

Allegato 3 – Schede riepilogative delle attività svolte

9.1 Allegato 1 - Dati idrologici a disposizione

Anno	Lagdei					Bosco di Corniglio					Grammatica				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1990															
1991															
1992															
1993															
1994	62.8	124.4	157.0	208.8	224.8										
1995	41.2	58.2	60.4	97.4	141.2										
1996															
1997	64.2	129.4	176.0	240.6	338.0										
1998	52.6	113.6	138.4	154.8	156.6										
1999	57.2	113.0	175.8	227.2	232.6										
2000	47.8	77.0	137.6	210.2	312.6										
2001	39.2	64.2	98.2	121.0	146.2	36.8	53.4	82.4	104.8	109.6					
2002	43.2	89.0	150.6	215.2	234.2	35.0	66.6	112	157.4	175.0					
2003	36.2	59.4	69.2	100.2	167.2	29.0	51.4	72.4	109.6	193.2	24.8	36.5	57.7	82.5	123.8
2004	50.4	113.8	140.6	165.4	171.2	46.4	93.4	113.2	136.0	140.4	46.0	88.2	107.2	133.2	136.4
2005	52.2	66.2	113.8	208.2	252.4	35.2	46.0	78	126.8	160.0	44.2	55.4	71.6	103.2	125.8
2006	30.4	44.6	68.0	102.4	152.6	46.4	91.6	107	113.6	115.8	38.0	90.0	105.0	109.0	110.2
2007	44.6	44.6	58.2	88.0	113.8	20.4	31.4	49.4	75.2	96.6	35.4	56.6	59.0	59.0	68.2
2008	28.6	50.6	87.6	141.0	189.2	16.2	39.4	66.2	124.6	142.8	21.8	34.4	50.4	75.0	89.6
2009	33.0	59.2	97.2	168.0	265.6	34.0	50.6	93.2	173.4	258.0	25.2	35.4	64.2	99.6	134.6
2010	37.8	71.4	106.2	165.8	207.0	27.8	53.6	81.8	128.4	171.8	21.8	33.0	42.8	73.6	112.0
2011	54.8	128.2	190.6	246.0	298.0	42.0	97.0	142.4	192.2	233.0	29.4	64.8	100.0	140.8	169.6
2012	57.0	108.6	173.2	245.4	328.6	44.8	82.0	145.6	207.2	286.8	35.2	65.0	77.4	113.0	131.0
2013	55.4	100.0	174.2	222.8	229.1	39.6	68.2	123.8	160.4	191.4	19.4	33.4	49.4	73.0	80.6
2014	69.4	144.4	196.0	229.6	240.8	72.6	160.0	213.6	253.0	267.2	31.2	51.0	58.2	93.8	113.4
2015	35.6	68.4	86.0	130.8	150.0	27.8	55.2	84.6	125.8	160.4	27.4	41.6	45.8	73.4	87.0
N.dat	21					15					13				
Media	47.3	87.1	126.4	175.7	216.7	36.9	69.3	104.4	145.9	180.1	30.8	52.7	68.4	94.5	114.0
Max	69.4	144.4	196.0	246.0	338.0	72.6	160.0	213.6	253.0	286.8	46.0	90.0	107.2	140.8	169.6

Anno	Isola di Palanzano					Succiso				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1990										
1991										
1992										
1993										
1994										

	Isola di Palanzano					Succiso				
1995	35.6	53.6	57.4	69.6	73.8	21.8	51.0	73.8	111.4	143.6
1996	28.0	36.9	40.0	55.8	87.0	24.2	37.0	56.2	93.8	128.0
1997	15.4	29.0	51.0	71.4	106.4	25.2	49.0	82	105.2	159.8
1998	-	-	-	-	-	73.4	103.0	118.6	118.6	150.8
1999	45.6	47.6	66.0	86.6	87.2	31.0	44.0	62.2	93.2	111.8
2000	22.8	43.4	72.0	105.2	139.8	31.2	52.2	86.6	149.0	199.6
2001	62.4	83.6	86.4	86.4	88.2	36.4	52.0	81.8	102.0	106.0
2002	38.2	56.4	68.6	102.8	112.6	-	-	-	-	-
2003	17.6	21.8	32.6	45.4	63.6	-	-	-	-	-
2004	24.6	51.6	70.0	76.2	106.0	30.6	62.0	76.4	101.8	104.4
2005	39.6	50.6	66.8	77.8	108.6	30.6	68.8	72.2	86.2	109.8
2006	28.8	46.6	66.4	70.0	71.4	44.4	62.6	78.4	101.2	117.2
2007	46.0	61.8	63.8	64.4	66.4	19.8	30.4	53.8	78.6	101.2
2008	-	-	-	-	-	44.0	60.4	84.6	161.6	220.4
2009	26.2	43.0	75.6	103.6	119.8	20.4	55.0	103.2	173.0	250.4
2010	26.2	29.4	35.6	62.2	102.2	23.4	33.8	56.6	88.4	134.6
2011	32.8	40.4	55.4	81.6	109.0	25.6	43.8	66.6	105.0	132.0
2012	24.4	56.6	62.4	90.2	104.4	37.8	65.4	100.4	148.0	170.4
2013	41.8	66.2	79.8	91.2	91.8	59.4	72.6	76.8	86.6	123.4
2014	27.0	45.0	68.2	99.4	113.2	44.4	67.4	119.6	151.0	201.6
2015	25.6	35.2	42.4	68.4	83.4	35.6	37.8	42.6	72.8	90.0
N.dat	19					19				
Media	32.0	47.3	61.1	79.4	96.6	34.7	55.2	78.5	112.0	145.0
Max	62.4	83.6	86.4	105.2	139.8	73.4	103.0	119.6	173.0	250.4

	Paduli diga					Lago Ballano				
Anno	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1990										
1991						45.0	60.8	89.6	99.0	105.0
1992										
1993										
1994										
1995	33.0	78.6	99.2	132.4	187.4	44.6	81.6	90.0	107.0	136.4
1996	27.8	51.2	56.2	95.6	115.2					
1997	34.6	70.4	84.2	113.0	186.8	54.0	113.8	159.6	213.2	317.6
1998	46.6	85.0	115.0	119.4	167.6	33.4	73.6	118.8	133.8	185.8
1999	24.8	58.8	82.0	97.8	110.8	34.6	74.8	103.4	149.0	153.2
2000	28.8	67.6	89.2	161.2	222.8					
2001	34.8	66.8	73.6	88.8	110.4	37.2	56.4	112.6	144.0	158.6
2002	35.8	63.4	78.0	109.6	125.2	30.2	57.0	80.0	150.2	175.8

2003	29.0	38.8	64.0	87.8	128.4	32.8	40.8	68.8	95.6	135.6
2004	34.6	66.4	98.0	136.4	149.8	40.0	83.0	112.8	164.4	196.0
2005	27.8	70.0	75.6	81.2	123.4	34.2	54.2	70.6	101.0	123.6
2006	28.2	35.2	60.0	76.4	97.0	33.4	79.2	107.2	152.6	191.8
2007	17.2	38.4	58.0	77.2	131.8	36.0	74.0	113.6	121.4	171.0
2008	35.0	53.0	63.2	115.2	159.2	44.6	72.2	101.2	173.2	220.4
2009	19.0	42.6	78.4	124.2	170.8	29.4	72.0	127.2	201.4	284.6
2010	32.6	41.4	58.0	92.2	145.4	25.4	49.2	82.0	135.2	181.8
2011	26.8	49.6	74.2	110.8	173.8	44.6	82.0	112.6	176.0	237.6
2012	36.4	66.2	99.4	172.8	203.0	42.6	75.6	117.4	160.2	206.0
2013	65.8	80.8	86.4	101.6	141.4	84.0	134.6	148.4	167.0	169.8
2014	39.8	70.2	122.0	154.4	192.4	35.4	53.6	95.6	142.6	184.2
2015	38.2	46.6	57.8	77.8	104.0	32.6	38.8	51.0	96.0	108.8
N.dat	21					20				
Media	33.2	59.1	79.6	110.8	149.8	39.7	71.4	103.1	144.1	182.2
Max	65.8	85.0	122.0	172.8	222.8	84	134.6	159.6	213.2	317.6

Tabella 8 - Dati di precipitazione massima annua per diverse durate orarie (mm) alle stazioni di Lagdei, Bosco di Corniglio, Grammatica, Isola di Palanzano, Succiso, Paduli diga e Lago Ballano.

Anno	Lagdei	Bosco di Corniglio	Grammatica	Isola di Palanzano	Succiso	Paduli diga	Lago Ballano
1990				75.4	143.2	191.2	131.6
1991					123.6	117.6	94.0
1992						94.4	138.0
1993					58.0	96.8	123.8
1994	224.8			202.8	238.6	223.4	199.4
1995	125.0			63.8	133.6	210.0	103.4
1996				74.0	109.0	125.0	
1997	301.8			94.2	146.0	150.4	282.4
1998	156.6				64.6	137.2	122.2
1999	169.2			58.0	100.6	103.8	139.0
2000	253.6			128.2	150.6	212.4	
2001	135.2	107.6		86.4	96.8	94.4	145.4
2002	233.0	173.8		112.0		118.4	172.0
2003	167.2	192.6	111.0	56.2		124.0	126.8
2004	170.6	140.4	136.4	105.8	104.0	139.8	174.6
2005	242.2	159.4	125.2	106.4	100.2	106.4	116.2
2006	140.0	115.2	110.0	71.4	77.2	90.4	146.2
2007	104.2	90.2	63.6	64.4	81.0	105.2	151.8
2008	132.0	98.0	88.4		134.8	98.4	150.6
2009	188.8	174.0	134.4	114.8	171.0	164.4	269.4
2010	203.6	162.6	94.4	87.6	112.0	127.0	150.2
2011	259.0	203.8	144.6	93.6	119.8	161.6	232.8
2012	284.0	245.2	129.2	98.4	154.8	185.6	183.2

2013	227.4	178.4	59.8	91.8	120.0	102.4	168.4
2014	206.8	222.6	112.2	89.6	167.8	144.0	165.2
2015	150.0	160.4	87.0	83.4	89.4	58.6	108.8
N.dati	21	15	13	21	23	26	24
Media	185.2	161.6	107.4	93.2	121.6	134.0	158.1
Max	301.8	245.2	144.6	202.8	238.6	223.4	282.4

Tabella 9 - Valori di precipitazione giornaliera massima annua (mm) registrati alle stazioni di Lagdei, Bosco di Corniglio, Grammatica, Isola di Palanzano, Succiso, Paduli diga e Lago Ballano.

9.2 Allegato 2 – Idrogrammi per i tempi di ritorno di interesse

t	T =50 anni Qc, 50 = 28.5 m ³ /s			T =100 anni Qc, 100 = 32.0 m ³ /s			T =200 anni Qc, 200 = 34.5 m ³ /s		
	P lorda (mm)	P netta (mm)	Q 50 (m ³ /s)	P lorda (mm)	P netta (mm)	Q 100 (m ³ /s)	P lorda (mm)	P netta (mm)	Q 200 (m ³ /s)
00:00	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
00:30	3.7	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0
01:00	3.8	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0
01:30	3.9	0.3	0.2	4.2	0.5	0.2	4.5	0.7	0.3
02:00	4.0	1.0	0.5	4.3	1.2	0.6	4.7	1.5	0.8
02:30	4.2	1.5	0.9	4.5	1.8	1.0	4.9	2.1	1.2
03:00	4.3	2.0	1.2	4.6	2.3	1.3	5.1	2.7	1.6
03:30	4.5	2.5	1.4	4.8	2.8	1.6	5.3	3.2	1.9
04:00	4.7	2.9	1.7	5.0	3.2	1.9	5.5	3.7	2.2
04:30	4.9	3.3	2.0	5.3	3.7	2.2	5.8	4.2	2.5
05:00	5.2	3.7	2.2	5.6	4.1	2.5	6.1	4.6	2.8
05:30	5.5	4.1	2.5	5.9	4.6	2.7	6.5	5.1	3.1
06:00	5.9	4.6	2.8	6.3	5.1	3.0	6.9	5.7	3.4
06:30	6.3	5.2	3.1	6.8	5.7	3.4	7.4	6.3	3.8
07:00	6.9	5.8	3.5	7.5	6.4	3.8	8.1	7.1	4.2
07:30	7.7	6.6	3.9	8.3	7.2	4.3	9.0	8.0	4.8
08:00	8.7	7.7	4.5	9.4	8.4	5.0	10.2	9.3	5.5
08:30	10.3	9.2	5.5	11.2	10.2	6.0	12.1	11.2	6.6
09:00	13.2	12.0	7.0	14.3	13.3	7.7	15.5	14.5	8.5
09:30	21.0	19.7	11.1	23.1	21.7	12.2	24.9	23.7	13.3
10:00	56.0	53.6	28.5	62.5	60.2	32.0	67.1	64.9	34.5
10:30	15.8	15.4	14.1	17.3	16.8	15.7	18.7	18.3	17.0
11:00	11.5	11.2	7.3	12.5	12.2	8.0	13.5	13.3	8.7
11:30	9.4	9.2	5.9	10.2	10.0	6.4	11.1	10.9	6.9
12:00	8.1	8.0	5.0	8.8	8.6	5.4	9.6	9.4	5.9
12:30	7.3	7.1	4.4	7.8	7.7	4.8	8.5	8.4	5.3
13:00	6.6	6.5	4.0	7.1	7.0	4.4	7.8	7.6	4.8
13:30	6.1	6.0	3.7	6.6	6.5	4.0	7.2	7.1	4.4
14:00	5.7	5.6	3.5	6.1	6.0	3.7	6.7	6.6	4.1
14:30	5.3	5.3	3.2	5.8	5.7	3.5	6.3	6.2	3.8
15:00	5.1	5.0	3.1	5.4	5.4	3.3	5.9	5.9	3.6
15:30	4.8	4.7	2.9	5.2	5.1	3.1	5.6	5.6	3.4
16:00	4.6	4.5	2.8	4.9	4.9	3.0	5.4	5.3	3.3
16:30	4.4	4.3	2.7	4.7	4.7	2.9	5.2	5.1	3.1
17:00	4.2	4.2	2.6	4.5	4.5	2.8	5.0	4.9	3.0
17:30	4.1	4.0	2.5	4.4	4.3	2.7	4.8	4.7	2.9
18:00	3.9	3.9	2.4	4.2	4.2	2.6	4.6	4.6	2.8
18:30	3.8	3.8	2.3	4.1	4.0	2.5	4.5	4.4	2.7
19:00	3.7	3.7	2.2	4.0	3.9	2.4	4.3	4.3	2.6
19:30	3.6	3.6	2.2	3.9	3.8	2.3	4.2	4.2	2.6
20:00	3.6	3.5	2.1	3.8	3.8	2.3	4.1	4.1	2.5
20:30	3.5	3.5	2.1	3.7	3.7	2.3	4.1	4.1	2.5
21:00	3.5	3.4	2.1	3.7	3.7	2.2	4.0	4.0	2.4
21:30	3.4	3.4	2.1	3.7	3.6	2.2	4.0	4.0	2.4
22:00	3.4	3.3	2.0	3.6	3.6	2.2	3.9	3.9	2.4
22:30	3.3	3.3	2.0	3.6	3.5	2.2	3.9	3.9	2.4
23:00	3.3	3.3	2.0	3.5	3.5	2.1	3.8	3.8	2.3
23:30	3.3	3.2	2.0	3.5	3.4	2.1	3.8	3.8	2.3
24:00	3.2	3.2	1.9	3.4	3.4	2.1	3.8	3.7	2.3
24:30	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.5
25:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

t	T =500 anni Qc,500 = 38.5 m ³ /s			T =1000 anni Qc, 1000 = 41.0 m ³ /s		
	P lorda (mm)	P netta (mm)	Q 500 (m ³ /s)	P lorda (mm)	P netta (mm)	Q 1000 (m ³ /s)
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

00:30	4.7	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
01:00	4.8	0.1	0.0	5.2	0.2	0.1
01:30	5.0	1.0	0.5	5.4	1.2	0.6
02:00	5.1	1.8	1.0	5.5	2.2	1.2
02:30	5.3	2.5	1.5	5.7	2.9	1.7
03:00	5.5	3.2	1.9	6.0	3.6	2.1
03:30	5.8	3.7	2.2	6.2	4.2	2.5
04:00	6.0	4.2	2.5	6.5	4.7	2.8
04:30	6.3	4.7	2.8	6.8	5.3	3.1
05:00	6.7	5.3	3.1	7.2	5.8	3.5
05:30	7.1	5.8	3.5	7.6	6.4	3.8
06:00	7.6	6.4	3.8	8.1	7.0	4.2
06:30	8.2	7.1	4.2	8.8	7.7	4.6
07:00	8.9	7.9	4.7	9.6	8.6	5.1
07:30	9.9	8.9	5.3	10.6	9.7	5.8
08:00	11.3	10.3	6.1	12.1	11.2	6.7
08:30	13.3	12.4	7.3	14.3	13.4	7.9
09:00	17.1	16.1	9.4	18.3	17.4	10.1
09:30	27.5	26.3	14.8	29.3	28.2	15.9
10:00	74.4	72.4	38.5	78.6	76.7	40.8
10:30	20.6	20.2	18.9	22.0	21.7	20.1
11:00	14.9	14.6	9.6	15.9	15.7	10.3
11:30	12.2	12.0	7.7	13.1	12.9	8.2
12:00	10.5	10.4	6.5	11.3	11.1	7.0
12:30	9.4	9.2	5.8	10.1	9.9	6.2
13:00	8.5	8.4	5.2	9.2	9.1	5.6
13:30	7.8	7.8	4.8	8.4	8.4	5.2
14:00	7.3	7.2	4.5	7.9	7.8	4.8
14:30	6.9	6.8	4.2	7.4	7.3	4.5
15:00	6.5	6.4	4.0	7.0	6.9	4.3
15:30	6.2	6.1	3.8	6.7	6.6	4.1
16:00	5.9	5.8	3.6	6.4	6.3	3.9
16:30	5.6	5.6	3.4	6.1	6.0	3.7
17:00	5.4	5.4	3.3	5.9	5.8	3.6
17:30	5.2	5.2	3.2	5.6	5.6	3.4
18:00	5.1	5.0	3.1	5.5	5.4	3.3
18:30	4.9	4.8	3.0	5.3	5.2	3.2
19:00	4.7	4.7	2.9	5.1	5.1	3.1
19:30	4.6	4.6	2.8	5.0	4.9	3.0
20:00	4.5	4.5	2.8	4.9	4.9	3.0
20:30	4.5	4.4	2.7	4.8	4.8	2.9
21:00	4.4	4.4	2.7	4.8	4.7	2.9
21:30	4.4	4.3	2.7	4.7	4.7	2.9
22:00	4.3	4.3	2.6	4.7	4.6	2.8
22:30	4.3	4.2	2.6	4.6	4.6	2.8
23:00	4.2	4.2	2.6	4.5	4.5	2.8
23:30	4.2	4.1	2.5	4.5	4.5	2.7
24:00	4.1	4.1	2.5	4.4	4.4	2.7
24:30	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
25:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 10 - Ietogrammi, lordi ed efficaci, e gli idrogrammi associati ai tempi di ritorno di interesse. I valori sono riportati con un passo temporale di 30 minuti.

9.3 Allegato 3 - Schede riepilogative delle elaborazioni svolte

NOME DIGA	Sbarramento di Lago Verde
TIPO DIGA	A gravità massiccia
Provincia	PR
N° SND	126
Categoria Sismica	Null
Corso d'acqua e Bacino di appartenenza	Rio Lago Verde - Fiume Enza
Area bacino idrografico sotteso (km ²)	1.10
Altitudine media del bacino (m s.l.m.)	1626
Tempo di corrivazione del bacino (ore)	0.7
Portata di piena del progetto originario (m ³ /s)	-
Numero stazioni pluviografiche utilizzate	7
Numero stazioni idrometriche utilizzate	0
Numero di idrogrammi ricostruiti tramite equazioni di bilancio dell'invaso	
TIPO DI ANALISI EFFETTUATA	
Diretta (a partire dalla serie di dati di portata)	
Indiretta (a partire dalla serie di dati di pioggia intensa)	X
Entrambe	

Nel caso di analisi diretta

		Portate di piena calcolate (m ³ /s)	Volumi di piena calcolati (m ³ /s)
Risultati regionalizzazione	TR 100		
	TR 200		
	TR 500		
	TR 1000		
	Qr (m ³ /s)		
	TR 100		
	TR 200		
	TR 500		
	TR 1000		

Nel caso di analisi indiretta

parametri LSPP		
	a	n
TR 100	85.6	0.4532
TR 200	92.0	0.4562
TR 500	101.9	0.4540
TR 1000	107.9	0.4579
h _r (mm)		
TR 100	361.4	
TR 200	392.1	
TR 500	431.3	
TR 1000	462.4	

Durata (ore) e tipo di idrogramma	
Modello di rifiuto del terreno	SCS_CN
	Coefficiente di deflusso
Modello di dispersione idrografica	
Eventuale taratura con evento noto (si/no)	

12	Chicago			
SCS-CN				
CN =87	c=0.2	AMC= II		
formula razionale	isocorve	Nash	GIUH	Altro
	X			
NO	Data evento di taratura			