



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI BOLZANO  
**Dr. Ing. WALTER GOSTNER**  
Nr. 1191  
INGENIEURKAMMER  
DER PROVINZ BOZEN

Committente

tecnici

## Progetto definitivo

FRI-EL S.p.a.  
Piazza della Rotonda 2  
I-00186 Roma (RM)

committente

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato  
"Gravina - Serra del Corvo" e relative opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili avente potenza pari a 200 MW nei Comuni di Genzano di  
Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA)

progetto

Relazione Idraulica perturbazioni campo di moto e movimentazione  
sedimenti

contenuto

redatto		modificato			scala	elaborato n.
CL	30.06.2022	a	Ddp	06.07.2022		PD-R.4.2
controllato		b	Ddp	19.07.2022		
Wag	20.07.2022	c				
pagine	9	n. progetto	21-208	21_208_PSW_Gravina\einr1\text\PD-R.4.2_relazione_idraulica_perturbazioni_campo_di_moto_02.docx		

**GM**

Studio di Geologia Applicata e Geofisica Applicata  
Dott. Geol. Gianpiero Monti

Dott. Geol. Gianpiero Monti  
Via C. Battisti 21 – 83053 Sant'Andrea di Conza (AV)  
tel. +39 0827 35 247  
gianpiero.monti@alice.it



**BETTIOL ING. LINO SRL**  
Società di Ingegneria

S.L.: Via G. Marconi 7 - 31027 Spresiano (TV)  
S.O.: Via Panà 56ter - 35027 Noventa Padovana (PD)  
Tel. 049 7332277 - Fax. 049 7332273  
E-mail: bettiolinglinosrl@legalmail.it

**patscheiderpartner**

ENGINEERS

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.  
i-39024 mals/malles (bz) - glurnserstraße 5/k via glorenza  
i-39100 bozen/bolzano - negrellistraße 13/c via negrelli  
a-6130 schwaz - mindelheimerstraße 6  
tel. +39 0473 83 05 05 – fax +39 0473 83 53 01  
[info@ipp.bz.it](mailto:info@ipp.bz.it) – [www.patscheiderpartner.it](http://www.patscheiderpartner.it)

## Indice

<b>1. Introduzione .....</b>	<b>2</b>
1.1 Committente .....	2
1.2 Studi tecnici incaricati .....	2
<b>2. Preambolo .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Effetti attesi di natura idrodinamica .....</b>	<b>3</b>
3.1 Premessa .....	3
3.2 Effetti sul campo di moto .....	3
3.3 Variazione dei profili della corrente .....	5
3.4 Effetti sul tempo teorico di ricambio .....	8

## 1. Introduzione

### 1.1 Committente

**FRI-EL S.p.a.**

Piazza della Rotonda 2

I-00186 Roma (RM)

### 1.2 Studi tecnici incaricati

Coordinatore di progetto:

**Dr. Ing. Walter Gostner**

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

Opere civili ed idrauliche

**Ingegneri Patscheider & Partner Srl**

Via Glorenza 5/K

39024 Malles (BZ)

Responsabile opere idrauliche:

Responsabile opere civili:

Coordinamento interno:

Progettisti:

Via Negrelli 13/C

39100 Bolzano (BZ)

Dr. Ing. Walter Gostner

Dott. Ing. Ronald Patscheider

Dott. Ing. Corrado Lucarelli

Dott. Ing. David Di Pauli

MSc Alex Balzarini

Dr. For. Giulia Bisoffi

Geom. Luciano Fiozzi

Geom. Stefania Fontanella

Geologia e geotecnica

Consulenti specialistici:

**Dott. Geol. Gianpiero Monti**

Via C. Battisti 21

I-83053 Sant'Andrea di Conza (AV)

Opere elettriche – Impianto Utenza per la Connessione

Progettista e consulente specialista:

**Bettiol Ing. Lino S.r.l.**

Dr.ssa Ing. Giulia Bettiol

Società di Ingegneria

Via G. Marconi 7

I-31027 Spresiano (TV)

## 2. Preambolo

La presente Relazione Idraulica ha lo scopo di approfondire gli effetti dei continui cicli di invaso e svaso sul campo di moto e sulla movimentazione del materiale solido sedimentato negli intorni delle opere di carico scarico.

## 3. Effetti attesi di natura idrodinamica

### 3.1 Premessa

Il progetto proposto non influenza in alcun modo l'idrodinamica fluviale dei tributari e dell'emissario dell'invaso di Serra del Corvo. In fase di cantiere non sono da attendersi effetti sostanziali. Al fine di valutare gli effetti in fase di esercizio delle operazioni di pompaggio e generazioni indotti dal progetto sull'idrodinamica lacustre si è provveduto, tramite un semplificato approccio di continuità dei flussi e dei volumi pompati e turbinati sulla sezione verticale del lago e diverse distanze dal punto di prelievo e restituzione delle acque, a stimare gli effetti indotti sul campo di moto, in particolare sulle velocità di flusso, all'interno del lago, approfondendo quindi solo il quadro progettuale relativo all'idrodinamica lacustre.

### 3.2 Effetti sul campo di moto

Come ampiamente risaputo in letteratura (ad es. Anderson, 2010) per gli impianti di accumulo che alternano cicli di pompaggio a cicli di generazione in un invaso le interferenze con il campo di moto ed in particolare con le velocità di flusso decadono molto velocemente con la distanza dal punto di immissione e di prelievo delle acque. Sulla scorta delle esperienze di letteratura, si stima che in uno stretto intorno di un raggio massimo di 20 m del sito dell'opera di presa si possano instaurare, sia in fase di pompaggio che in fase di turbinamento, velocità della corrente in superficie dell'ordine di 6 cm/s o superiori. È risaputo inoltre che le velocità sulla superficie libera dei laghi naturali, ovvero non influenzati da operazioni antropiche, si aggirano generalmente intorno a 0,2 cm/s mentre in presenza di vento possono essere anche superiori a 2 cm/s. Considerando le caratteristiche di ventosità del sito, si stima che allo stato attuale le velocità di flusso in superficie possano mediamente essere dell'ordine di 1,5-2 cm/s. Considerando pertanto il decadimento medio delle alterazioni indotte dai cicli di pompaggio e di turbinamento con la distanza dalla sorgente del disturbo, si possono determinare tre aree distinte in cui andranno ad esplicarsi gli effetti delle operazioni di pompaggio e turbinamento, così definite:

- Una prima fascia (**A**), determinabile in un raggio mediamente pari a 20 m intorno ai siti di presa che copre un'area di ca. 1.250 m<sup>2</sup>, in cui si determinano le seguenti grandezze di progetto:

- Tiranti idraulici nel lago: 4-5 m
- Velocità media del vento: 4 m/s
- Velocità massima indotta alla circolazione delle acque:  $\geq 6$  cm/s
- Elevato rischio di risospensione del materiale fine (limi ed argille) depositato sulla superficie, data la matrice fortemente organica e parzialmente flocculata attesa.
- Una seconda fascia (**B**), determinabile in un raggio mediamente pari a 240 m intorno ai siti di presa che copre un'area di ca. 150.000 m<sup>2</sup> (corrispondente a ca. il 3-6% della superficie lacustre a seconda del livello di invaso considerato) in cui si determinano le seguenti grandezze di progetto:
  - Tiranti idraulici nel lago: 6-8 m
  - Velocità media del vento: 4 m/s
  - Velocità massima indotta alla circolazione delle acque:  $< 6$  cm/s
  - Basso rischio di risospensione del materiale fine (limi ed argille) depositato sulla superficie.
- Una terza fascia (**C**), che corrisponde alla restante superficie dello specchio lacustre, sostanzialmente indisturbata rispetto all'alternanza dei cicli di pompaggio e turbinamento.

La localizzazione delle fasce A e B è indicata in Figura 1, si intuisce la limitatezza del cono di influenza delle operazioni legate all'esercizio del futuro impianto di pompaggio.



**Figura 1. Localizzazione delle zone di alterazione del campo di moto indotte dall'esercizio del nuovo impianto a pompaggio all'interno dell'invaso di Serra del Corvo.**

In fase di pompaggio, considerando le portate massime in prelievo, il cono di influenza massimo nell'invaso si estende per un raggio pari a ca. 180 m dal punto di prelievo. A partire da questa

distanza si stimano velocità dell'acqua dell'ordine di 1,5 cm/s, paragonabili di fatto alle velocità caratteristiche delle acque nei laghi naturali in presenza di vento, condizione che in loco è da considerarsi come molto frequente. Il pompaggio esercita quindi un'influenza sul campo di moto del lago per una quota parte della superficie compresa tra 1,6 e 2,1 % a seconda della quota di invaso considerata (tra 264 e 267 m s.l.m.). Parimenti, in fase di generazione, considerando le portate massime turbinate (maggiori rispetto a quelle pompate), il cono di influenza si estende per un raggio pari a ca. 240 m dal sito di restituzione delle acque. A partire da questa distanza si stimano velocità dell'acqua dell'ordine di 1,8 cm/s, paragonabili anch'esse alle velocità caratteristiche delle acque nei laghi naturali in presenza di vento, condizione che in loco è da considerarsi come molto frequente. La generazione esercita quindi un'influenza sul campo di moto del lago per una quota parte della superficie compresa tra 4,8 e 6,4 % a seconda della quota di invaso considerata (tra 264 e 267 m s.l.m.).

Tali dinamiche sono confermate anche da diversi studi di letteratura (ad es. Müller et al., 2018). Durante le fasi di pompaggio i profili di velocità assiale sono perturbati in modo sostanziale solamente in uno stretto intorno dell'opera di presa, mentre generalmente nelle porzioni più piane degli invasi si registrano solamente lievi variazioni dei profili assiali di velocità, non collegate direttamente alle operazioni di pompaggio. Durante la generazione invece si determinano velocità assiali indotta generalmente maggiori della fase di pompaggio e vengono indotte variazioni di temperatura nel corpo idrico recettore dell'ordine di +/- 0,5 C° a causa della differenza di temperatura dell'acqua residente nel lago e del getto indotto dal bacino superiore. L'estensione di tali effetti, sia in termini di velocità che di temperatura, si esaurisce generalmente dopo qualche centinaio di metri, in funzione della morfologia e della morfometria del lago.

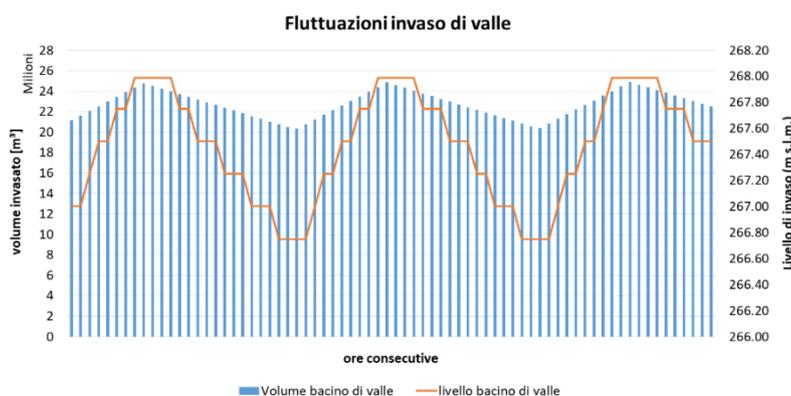
Si ritiene quindi che l'idrodinamica del lago sia influenzata dalle previste operazioni di pompaggio e di generazione solo in minima parte e che tale interferenza non vada sostanzialmente a gravare ulteriormente sulle peculiarità fisiche dell'invaso di Serra del Corvo rispetto all'attuale situazione di prelievo a fini irrigui. Pertanto si ritiene che l'effetto indotto dal progetto proposto su questo indicatore sia da considerarsi marginali e non cambi sostanzialmente il quadro fisico in cui versa ad oggi l'invaso di Serra del Corvo.

### 3.3 Variazione dei profili della corrente

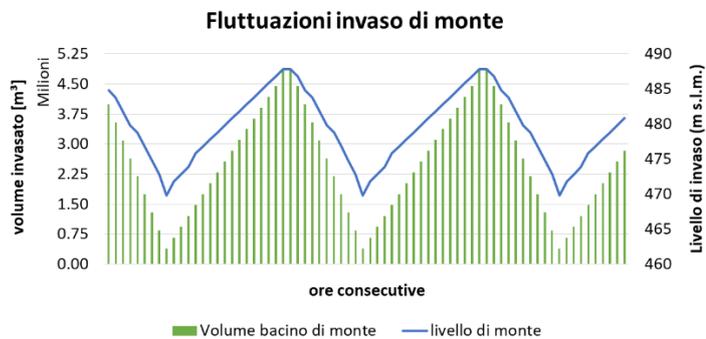
Le previste operazioni di pompaggio e generazione indurranno una variazione trascurabile dei profili della corrente negli alvei di valle ed in quello di monte. All'interno dell'invaso di Serra del Corvo è da attendersi invece una fluttuazione di livello idrico a scala oraria, che inciderà inevitabilmente sui profili della superficie libera dell'invaso. Si è provveduto ad effettuare alcune si-

mulazioni dei cicli pluri-giornalieri di pompaggio e generazione, secondo le dinamiche di regolazione dell'esercizio del nuovo impianto a pompaggio, considerando anche il prelievo irriguo di EIPLI ed ipotizzando delle condizioni limite di pompaggio e generazione nell'arco delle 24 h dell'intero volume di invaso utile di regolazione presso il nuovo invaso di monte. Si sottolinea che tale condizione è comunque alquanto improbabile. In condizioni ordinarie infatti, intendendo con ciò l'utilizzo di una quota parte ridotta del volume utile di regolazione dell'impianto di pompaggio ed il funzionamento a ciclo chiuso in cortocircuito idraulico dello stesso, si determinano fluttuazioni dei livelli idrici comprese tra 0,3 e 0,5 m, sostanzialmente dello stesso ordine di grandezza di quanto accade oggi per l'effetto del pompaggio irriguo operato da EIPLI. Si è provveduto poi come detto a simulare anche la movimentazione dell'intero volume utile di regolazione dell'impianto di pompaggio (ca. 4,7 Mm<sup>3</sup>) a tre quote differenti di invaso (267, 264 e 262,3 m s.l.m.). Come si intuisce dai grafici riportati nelle figure seguenti, si ottengono delle oscillazioni massime comprese tra 1,5 e 1,75 m. Da un confronto con quanto accade allo stato attuale, si intuisce come le variazioni indotte sulla quota della superficie libera dell'invaso siano di un ordine di grandezza maggiore rispetto a quelle ad oggi causate dal prelievo irriguo operato da EIPLI. Si determina pertanto una modifica sostanziale del quadro attuale nel lago di Serra del Corvo.

In Figura 2 è riportato un ciclo pluri-giornaliero con quota di invaso iniziale a 267 m s.l.m. Le quote oscillano tra 268 m s.l.m. e 266,75 m s.l.m. determinando una oscillazione pari a 1,5 m. Per una descrizione più dettagliata del modello di calcolo impostato si rimanda alla relazione *PD-R.3.2 Relazione idrologica possibili interazioni*. Parimenti si riporta in Figura 3 anche la dinamica speculare di cui che accade presso l'invaso di monte, sempre considerando lo scenario di movimentazione giornaliero dell'intero volume utile di regolazione.

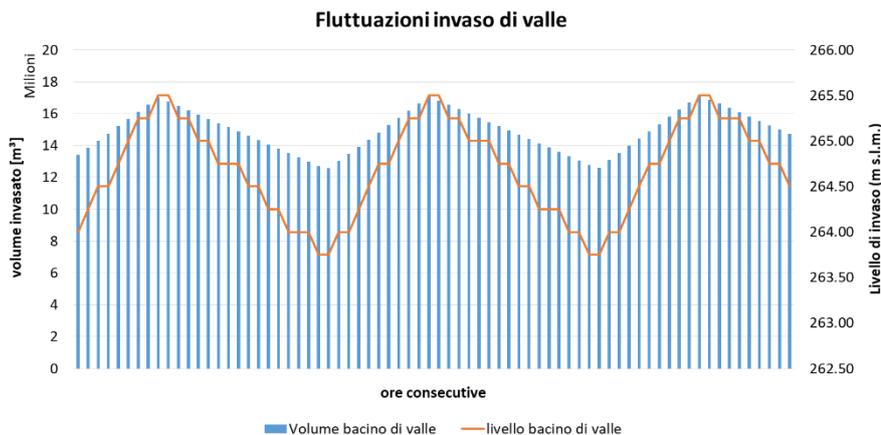


**Figura 2. Simulazione delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 267,00 m s.l.m. e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto.**



**Figura 3. Fluttuazioni di livello di invaso presso il nuovo invaso di monte in località Monte Marano.**

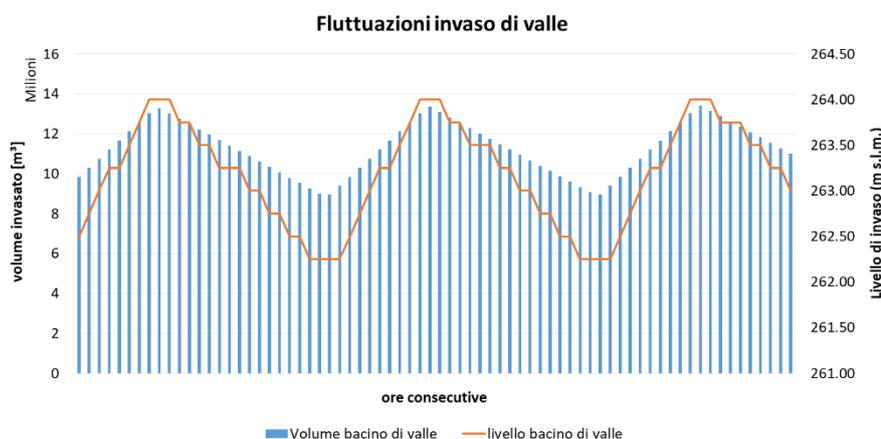
Si è provveduto anche a verificare cosa accade quanto l'impianto a pompaggio entra in esercizio a quote di invaso inferiori. In Figura 4 si riportano le simulazioni delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 264,00 m s.l.m. e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto.



**Figura 4. Simulazione delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 264,00 m s.l.m. e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto.**

In Figura 5 si riportano le simulazioni delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 262,30 m s.l.m. e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto. Si ipotizza in sostanza di iniziare la fase di generazione con il livello di invaso posto alla quota di minima regolazione di progetto per l'invaso di Serra del Corvo.

In entrambi i casi l'ampiezza delle oscillazioni generate dall'esercizio dell'impianto è maggiore data la minore quota di invaso. Si determinano oscillazioni comprese tra 1,7 e 1,75 m.

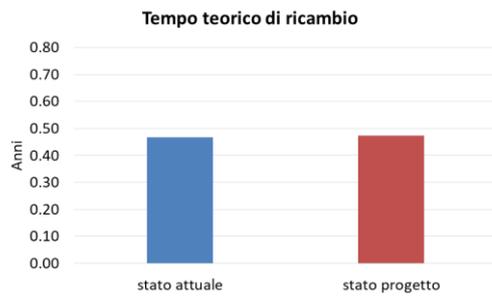


**Figura 5. Simulazione delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso di Serra del Corvo pari a 262,30 m s.l.m. (quota di minima regolazione) e pompaggio su tre giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto.**

Su questo indicatore caratteristico della risorsa idrica disponibile si determinano impatti sostanziali, con una netta amplificazione degli effetti di pulsazione dei livelli di invaso rispetto allo stato attuale solo nell'ipotesi (alquanto improbabile) di movimentazione dell'intero volume utile di regolazione nell'arco delle 24 h. In condizioni ordinarie infatti, intendendo con ciò l'utilizzo di una quota parte ridotta del volume utile di regolazione dell'impianto di pompaggio ed il funzionamento a ciclo chiuso, si determinano fluttuazioni dei livelli idrici comprese tra 0,3 e 0,5 m, sostanzialmente dello stesso ordine di grandezza di quanto accade oggi per l'effetto del pompaggio irriguo operato da EIPLI.

### 3.4 Effetti sul tempo teorico di ricambio

In tema di idrodinamica lacustre, è interessante valutare anche l'impatto del pompaggio sul tempo teorico di ricambio ( $T_R$ ) dell'invaso di Serra del Corvo, che rappresenta un indicatore molto utilizzabile correlabile alle variazioni subite dal regime idrico complessivo del lago. Con  $T_R$  si intende in modo semplicistico il tempo teorico impiegato dall'acqua ad attraversare il lago, dal punto di immissione al punto di emissione, ed è in primis funzione del volume di lago stesso. È dato dal rapporto tra il volume di lago ( $m^3$ ) e la portata complessivamente effluente ogni anno dallo stesso ( $m^3/s$ ). Assumendo una quota media di invaso pari a 266 m s.l.m., un corrispondente volume dell'invaso pari a ca. 18  $Mm^3$  e considerando le dinamiche esistenti allo stato attuale (rilasci DMV, prelievo EIPLI, perdite sistemiche ed evaporazione) ed allo stato di progetto (rilasci DMV, prelievo EIPLI, pompaggio, perdite sistematiche, compensazione perdite ed evaporazione) si determina un valore di  $T_R$  pari a 0,468 anni allo stato attuale e pari a 0,474 anni allo stato di progetto (Figura 6).



**Figura 6. Variazione del tempo teorico di ricambio dell'invaso di Serra del Corvo.**

Si intuisce quindi solo una lieve variazione rispetto allo stato attuale, imputabile alle operazioni di compensazione annua delle perdite sistemiche e per evaporazione, così come compete ad un funzionamento a ciclo chiuso del sistema. Non si determina quindi un aumento sostanziale di TR, pertanto le dinamiche legate ad esempio alla proliferazione di cianobatteri e di fioriture algali consistenti nel tempo possono essere escluse come conseguenza diretta del pompaggio.

Bolzano, Malles, Roma, li 20.07.2022

Il Tecnico

Dr. Ing. Walter Gostner

