



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

contenuto

Relazione Idraulica

| redatto     |            | modificato  |        |  | scala | elaborato n. |
|-------------|------------|-------------|--------|--|-------|--------------|
| cl          | 16.12.2021 | a           |        |  |       | PD-R.4       |
| controllato |            | b           |        |  |       |              |
| wag         | 22.12.2021 | c           |        |  |       |              |
| pagine      | 32         | n. progetto | 21-208 | 21_208_PSW_Gravina\einr1\text\PD-R.4_relazione_idraulica_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**

E N G I N E E R S

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. Premessa</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>3. Inquadramento territoriale</b> .....   | <b>3</b>  |
| 3.1 Generalità.....  | 3         |
| 3.2 Il bacino imbrifero sotteso dalla diga del Basentello .....                          | 4         |
| <b>4. Determinazione dei profili della corrente nell'invaso di Serra del Corvo</b> ..... | <b>5</b>  |
| <b>5. Dimensionamento idraulico delle opere in progetto</b> .....                        | <b>7</b>  |
| 5.1 Generalità.....  | 7         |
| 5.2 Bacino di monte.....   | 7         |
| 5.2.1 Sfiatore di superficie .....   | 7         |
| 5.2.2 Determinazione del franco netto di legge.....                                      | 10        |
| 5.2.3 Scarico di fondo .....   | 10        |
| 5.2.4 Reti di drenaggio.....   | 12        |
| 5.2.5 Fossi di guardia.....  | 13        |
| 5.3 Condotte forzate.....  | 14        |
| 5.3.1 Dimensionamento idraulico.....   | 14        |
| 5.3.2 Analisi strutturale.....   | 15        |
| 5.3.3 Colpo d'ariete.....  | 15        |
| 5.4 Centrale di produzione .....   | 16        |
| 5.4.1 Prevalenza netta di aspirazione (NPSH).....  | 16        |
| 5.4.2 Divergenti a Y .....   | 16        |
| 5.4.3 Diffusori.....   | 17        |
| 5.5 Bocche di presa e restituzione nell'invaso di Serra del Corvo .....                  | 18        |
| 5.6 Interferenze idrauliche.....   | 18        |
| <b>6. Allegati</b> .....   | <b>19</b> |

## 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:

**Dott. 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)

Dott. Ing. Walter Gostner

Dott. Ing. Ronald Patscheider

Dott. Ing. Corrado Lucarelli

Dott. Ing. David Di Pauli

MSc Alex Balzarini

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)

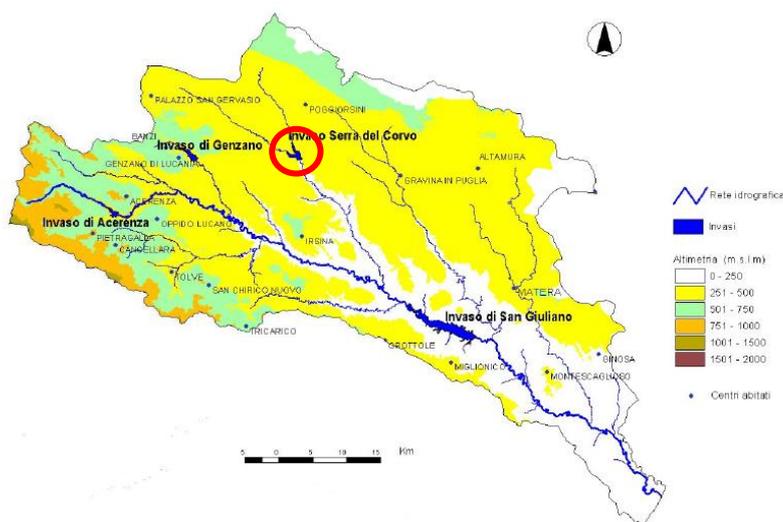
## 2. Premessa

La presente Relazione Idraulica ha lo scopo di giustificare le scelte effettuate in fase di progettazione definitiva in merito alle opere idrauliche progettate. Nei paragrafi successivi si illustreranno le assunzioni ed i calcoli effettuati per il dimensionamento delle opere, comprese una stima delle perdite di carico per il sistema delle condotte forzate. Si rimanda altresì alla Relazione Idrologica (Elaborato PD-R.3) per una quantificazione delle portate di piena dei torrenti Roviniero e Basentello, determinate anche in assenza di un loro utilizzo per il dimensionamento idraulico effettuato a scala di impianto.

## 3. Inquadramento territoriale

### 3.1 Generalità

L'invaso di Serra del Corvo ricade nel bacino imbrifero del Fiume Bradano, che presenta una superficie di circa 3.000 Km<sup>2</sup> ed è compreso tra il bacino del Fiume Ofanto a nord-ovest, i bacini di corsi d'acqua regionali della Puglia con foce nel Mar Adriatico e nel Mar Jonio a nord-est e ad est, ed il bacino del Fiume Basento a sud. Il bacino presenta morfologia montuosa nel settore occidentale e sud-occidentale con quote comprese tra 700 e 1250 m s.l.m.. Poco a monte della Diga di San Giuliano il Bradano accoglie gli apporti del torrente Basentello (regolati dall'invaso di Serra del Corvo) in sinistra idrografica e del torrente Bilioso in destra. In Figura 1 è riportato il bacino imbrifero del Bradano ed è indicato l'invaso di Serra del Corvo (cerchio rosso).



**Figura 1. Il reticolo idrografico del Bradano con indicati gli invasi esistenti.**

Nella fattispecie il progetto insisterà sul torrente Basentello. Il corso d'acqua scorre per la maggior parte del suo percorso lungo il confine tra Puglia e Basilicata. Esso ha origine poco a nord

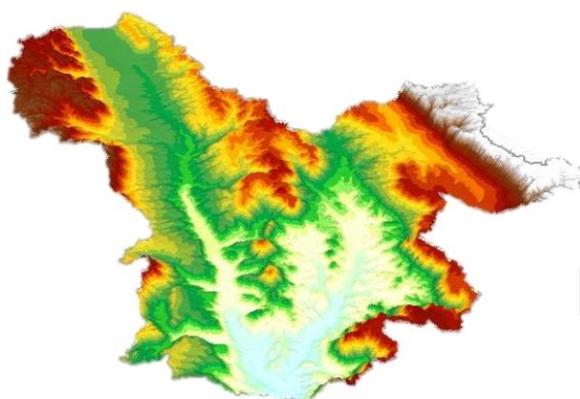
di Palazzo S. Gervasio e, con direzione NW-SE e andamento piuttosto regolare nel primo tratto e poi tortuoso, sfocia nel Bradano poco a monte della confluenza di questo col Torrente Bilioso. Il Basentello, lungo circa 56 km, ha un bacino idrografico di circa 425 km<sup>2</sup>, la quota massima è di 679 m.s.l.m., quella minima di 132 m.s.l.m. alla confluenza con il con il Bradano. A circa 26 km dall'origine, a quota 275 m.s.l.m., il torrente raccoglie le acque del Canale Roviniero. Il bacino sotteso all'invaso di Serra del Corvo è pari a 267 Km<sup>2</sup>. A parte il Torrente Roviniero, che nasce presso la Masseria Serra Palomba, in agro di Spinazzola e che confluisce nel Basentello in località compresa fra Masseria Gramegna, Monte Marano e Serra del Corso in sinistra idraulica e Tenimento Montecchio in destra idraulica, non ha affluenti di una certa importanza, tuttavia raccoglie lungo il suo percorso, le acque di un notevole numero di fossi e valloni che scorrono profondamente incisi.

### 3.2 Il bacino imbrifero sotteso dalla diga del Basentello

Il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale del Politecnico di Bari ed il Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo dell'Università degli Studi della Basilicata hanno presentato nel 2015 (III. Convegno Italiano sulla Riqualficazione Fluviale, Reggio Calabria 2015) uno studio analitico e sperimentale volto ad ottimizzare la gestione dell'invaso della diga di Serra del Corvo. Il torrente Basentello è un affluente di sinistra idraulica del fiume Bradano, che nasce nel territorio di Palazzo San Gervasio sul livello del mare e sfocia nel Bradano. La realizzazione dell'invaso Serra del Corvo sul torrente Basentello è avvenuta negli anni '70 ed ha permesso di intercettare le acque del torrente unitamente a quelle del suo tributario, il torrente Roviniero. L'opera è gestita da EIPLI e l'utilizzazione delle sue risorse idriche è a scopo prettamente irriguo. La sezione di sbarramento si colloca 20 km a monte della confluenza con il Bradano, subito a monte della sezione di sbarramento sfocia il torrente Roviniero. I corsi d'acqua Basentello e Roviniero sono entrambi a carattere torrentizio:

- nei **periodi di piena** assumono portate rilevanti con intumescenze a rapidissimo decorso che danno luogo a frequenti esondazioni;
- nei **periodi estivi** rimangono pressoché asciutti con portate moto basse dell'ordine di pochi litri al secondo.

Il bacino non presenta notevoli pendenze trasversali dando luogo ad un paesaggio caratterizzato da una morfologia a dolci declivi senza asperità di raccordi. In Figura 2 è fornita una rappresentazione del modello digitale del terreno disponibile per le Regioni Basilicata e Puglia perimetrato sul bacino imbrifero del torrente Basentello chiuso alla diga di Serra del Corvo, che ammonta a ca. 270 Km<sup>2</sup>.



**Figura 2. Altimetria del bacino imbrifero sotteso dalla diga del Basentello.**

Nella seguente tabella sono riassunti i dati salienti del bacino imbrifero del torrente Basentello sotteso dalla diga di Serra del Corvo. In allegato Nr. 1 sono riportati i dati aggiornati del triennio 2019-2021 in merito al volume utile di invaso.

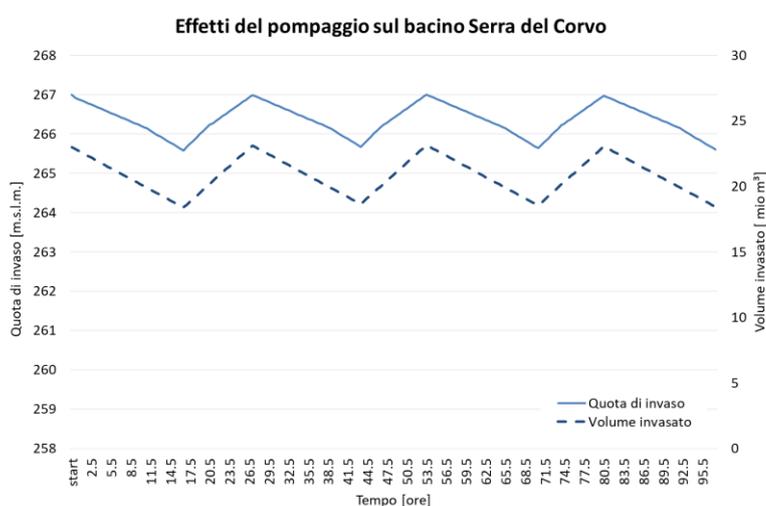
|  |                       |
|--|-----------------------|
| Superficie sottesa                         | 267 Km <sup>2</sup>   |
| Perimetro                                  | 115 Km                |
| Pendenza media                             | 0,05                  |
| Tempo di corrivazione                      | 4,72 h (Viparelli)    |
| Volume utile di regolazione <sup>(*)</sup> | 28 Mio m <sup>3</sup> |
| Quota massima di erogazione                | 269,00 m s.l.m.       |

**Tabella 1. Caratteristiche principali del bacino imbrifero e dell'invaso di Serra del Corvo. (\*) E' riportato il dato ricorrente in bibliografia. Oggi il volume utile di regolazione è ulteriormente diminuito.**

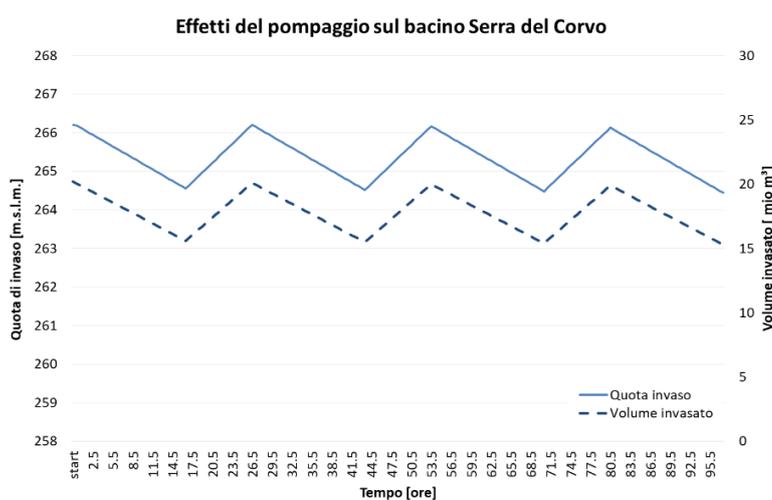
#### **4. Determinazione dei profili della corrente nell'invaso di Serra del Corvo**

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 giornaliera o oraria, che incide inevitabilmente sui profili della superficie libera dell'invaso. Si è provveduto ad effettuare alcune simulazioni dei cicli plurigiornalieri di pompaggio e generazione 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, 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 dello stesso, si determinano fluttuazioni dei livelli idrici compresi tra 0,3 e 0,5 m. Si è provveduto poi come detto a simulare anche la movimentazione dell'intero volume utile di regolazione dell'impianto di pompaggio (ca. 4,6 Mm<sup>3</sup>) a due quote differenti di invaso (267 e 266,2 m s.l.m.). Come si intuisce dai grafici riportati in Figura 3 e in Figura 4, si ottengono delle oscillazioni massime comprese tra 1,42 e 1,76 m.



**Figura 3. Simulazione delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso pari a 267,00 m s.l.m. e pompaggio su sette giorni dell'intero volume utile di regolazione.**



**Figura 4. Simulazione delle fluttuazioni di livello nell'ipotesi di quota di invaso pari a 266,2 m s.l.m. e pompaggio su sette giorni dell'intero volume utile di regolazione di progetto.**

Si intuisce come le variazioni indotte sulla quota della superficie libera dell'invaso siano perfettamente confrontabili con quelle ad oggi causate dal prelievo irriguo operato da EIPLI e dichiarate nell'ordine massimo di ca 2-2,5 m. Non si determina pertanto una modifica sostanziale del quadro attuale nel lago di Serra del Corvo. Pertanto le interferenze indotte sono da considerarsi assolutamente trascurabili.

## 5. Dimensionamento idraulico delle opere in progetto

### 5.1 Generalità

Nel presente capitolo verranno presentate le assunzioni poste ed i risultati ottenuti per quanto concerne il dimensionamento delle principali opere idrauliche a servizio del progetto per la realizzazione del nuovo impianto di accumulo idroelettrico tramite pompaggio puro. Nella fattispecie sono state dimensionate:

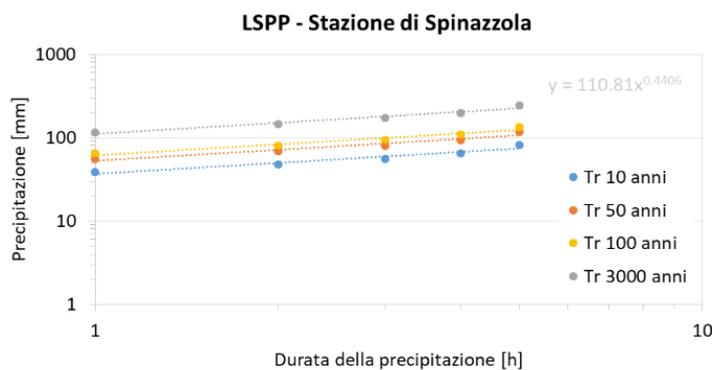
- Le opere accessorie e funzionali al **bacino di accumulo di monte**, quali:
  - Lo sfioratore di superficie;
  - Lo scarico di fondo;
  - La rete di drenaggio;
  - I fossi di guardia.
- Il sistema di **condotte forzate**, per quanto concerne le perdite di carico, lo spessore delle condotte e le analisi legate al colpo d'ariete.
- Le opere idrauliche funzionali installate nella **centrale di produzione**, ovvero:
  - I gruppi macchina;
  - I divergenti a Y;
  - I diffusori.
- Le verifiche idrauliche condotte per le **bocche di presa e restituzione** nell'invaso di Serra del Corvo.

### 5.2 Bacino di monte

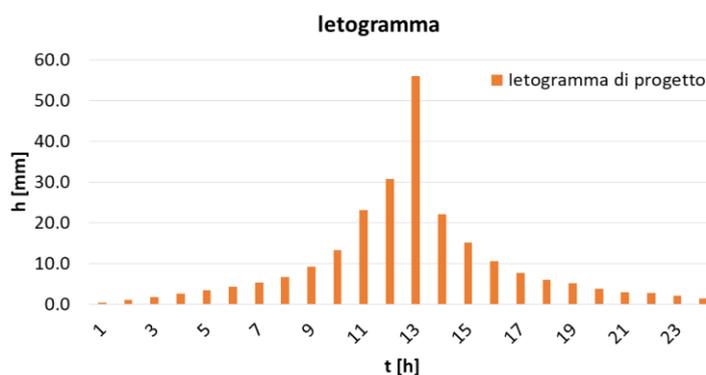
#### 5.2.1 Sfiatore di superficie

Come previsto nel progetto definitivo, anche se il bacino di monte non sottende un bacino imbrifero naturale e gli unici apporti idrici attesi sono imputabili alle acque pompate da valle ed al contributo diretto delle precipitazioni meteoriche che cadono sulla sua superficie, sarà predisposto uno sfioratore superficiale di troppo pieno che si attiverà non appena il livello idrico

nell'invaso raggiungerà la quota di massima regolazione. Tale struttura verrà installata sul paramento O del nuovo rilevato. Il dimensionamento dell'opera è stato effettuato considerando l'innalzamento del livello sopra la quota di massima regolazione corrispondente ad un evento idrologico con tempo di ritorno di 3.000 anni (NTC 2018 e norme di settore) che si verifica con il bacino pieno. Il calcolo idrologico è stato effettuato considerando le curve di possibilità pluviometrica note della vicina stazione di Spinazzola, estrapolando la curva caratteristica per l'evento estremo Tr 3000 anni come indicato in Figura 5. Si determina una precipitazione cumulata nelle 24 ore pari a 241,41 mm. Si è successivamente considerata una distribuzione temporale alternata a blocchi e simmetrica del fenomeno di precipitazione, considerando un evento distribuito nell'arco di 24 h. Si è pertanto costruito uno ietogramma a blocchi alternati simmetrico assunto come evento di progetto per verificare il funzionamento dello sfioratore di superficie (Figura 6).



**Figura 5.** Curve di possibilità pluviometria per la stazione di Spinazzola.



**Figura 6.** Ietogramma di progetto per Tr 3000 per il dimensionamento dello sfioratore di superficie a servizio dell'invaso di monte.

La pioggia insistente, distribuita uniformemente sullo specchio d'acqua e sulle sponde interne degli argini, e descritta dallo ietogramma precedente, provoca un innalzamento del livello idrico nel bacino che è funzione dello ietogramma della pioggia di progetto e della portata sfiorata.

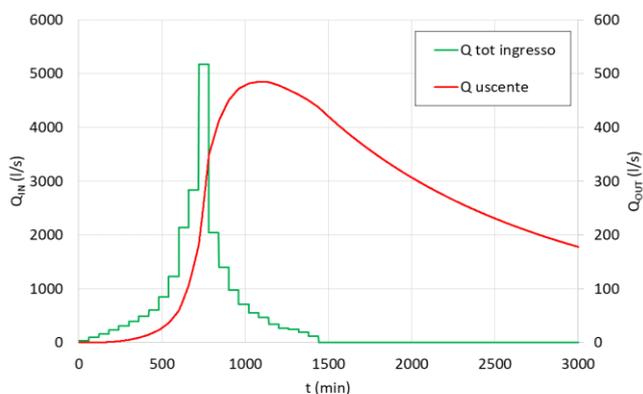
Quest'ultima è proporzionale alla larghezza della soglia ed all'altezza del tirante idrico sopra la soglia di sfioro:

$$Q_{out} = \frac{2}{3} \mu L \sqrt{(2g)h^3}$$

dove

- $Q_{out}$  è la portata defluita attraverso lo sfioratore ( $m^3/s$ );
- $\mu$  è il coefficiente di deflusso adimensionale (pari a 0,5);
- $L$  è la larghezza della soglia di sfioro (m);
- $g$  è il valore dell'accelerazione di gravità ( $9,8 m/s^2$ );
- $h$  è il tirante idrico sopra la soglia (m)

Assumendo una larghezza della soglia sfiorante di 4 m si determina l'idrogramma in uscita rappresentato in Figura 7 ed un sovrizzo della superficie libera pari a 18,9 cm, utilizzato successivamente per la determinazione del franco idraulico netto di legge. Il volume complessivo di pioggia che cade sulla superficie dell'invaso è pari a  $78.817 m^3$ . In uscita si determina una portata massima di 484 l/s. Si rimanda a quanto riportato nell'Allegato Nr. 2 per i calcoli effettuati.



**Figura 7. Idrogramma equivalente in ingresso (verde) e idrogramma in uscita dallo sfioratore di superficie (in rosso).**

Lo sfioratore superficiale sarà pertanto costituito da una soglia sfiorante fissa di luce  $L=4 m$  ubicata sul lato O del bacino alla quota di massima regolazione, al di fuori del corpo diga. L'opera di scarico è realizzata con una struttura scatolare che scarica all'interno di un pozzetto a valle del paramento. Da qui le acque sono collettate tramite i fossi di guardia superficiali e verranno scaricate in un fosso naturale che scende verso valle in direzione Est e che con opportuna manutenzione risulta essere in grado di recepire le portate di progetto. Come si evince da quanto sopra riportato, il contributo di piena adottato al reticolo naturale risulta marginale e

comunque in linea con il contributo di piena che avrebbe generato il bacino naturale sotteso alla sezione di restituzione delle acque nel reticolo stesso.

### 5.2.2 Determinazione del franco netto di legge

Ai sensi della normativa vigente la quota del coronamento arginale del bacino artificiale deve essere posta almeno 1,50 m (franco di sicurezza) al di sopra della quota di massimo invaso. La quota di massimo invaso viene calcolata considerando due contributi:

- Il sovralzato della superficie libera in concomitanza di un evento meteorologico con tempo di ritorno di 3.000 anni che provoca l'entrata in esercizio dello sfioratore di troppo pieno (valutato nel capitolo precedente);
- L'innalzamento della superficie libera dello specchio idrico provocato dal vento. Tale effetto deve essere calcolato in conformità al DM 26 giugno 2014 definendo la lunghezza del fetch. Poiché nel caso in esame il fetch presenta una lunghezza di 777 m, non è possibile adottare i valori suggeriti nella tabella riportata al punto C.2 del decreto. Per il bacino artificiale in oggetto è stata quindi adottata la formula di Donelan (1980):

$$H_s = 0,00178 \cdot v \cdot \sqrt{\frac{L_f}{g}}$$

dove  $v$  indica la velocità del vento,  $L_f$  è la lunghezza del fetch (777 m) e  $g$  è l'accelerazione di gravità. Da un confronto con gli annali idrologici si è assunta la velocità del vento pari a un valore di 100 km/h coerentemente con la normativa. Dal calcolo risulta un sovralzato della superficie libera ( $H_s$ ) pari a 16,8 cm.

In virtù dei calcoli effettuati, si è provveduto quindi a dimensionare il bacino di accumulo di monte con un opportuno franco di legge. Si riportano di seguito tutti i valori di progetto.

- |   |                 |
|---|-----------------|
| ▪ Quota del coronamento                     | 490,80 m s.l.m. |
| ▪ Quota di massima regolazione              | 487,80 s s.l.m. |
| ▪ Sovralzo pelo libero per (Tr 3000 anni)   | 0,189 m         |
| ▪ Semi-altezza onda da vento e run up       | 0,168 m         |
| ▪ Quota di massimo invaso                   | 487,99 m s.l.m. |
| ▪ Franco D.M. 26 giugno 2014                | 2,81 m          |
| ▪ Franco netto progetto D.M. 26 giugno 2014 | 2,64 m          |

### 5.2.3 Scarico di fondo

A livello tecnico risulta necessario prevedere uno scarico di fondo, da posizionare al di sotto del livello minimo di regolazione, al fine di svuotare il bacino in caso di emergenza o per le operazioni di manutenzione che si rendessero necessarie. Lo scopo dello scarico di fondo è duplice:

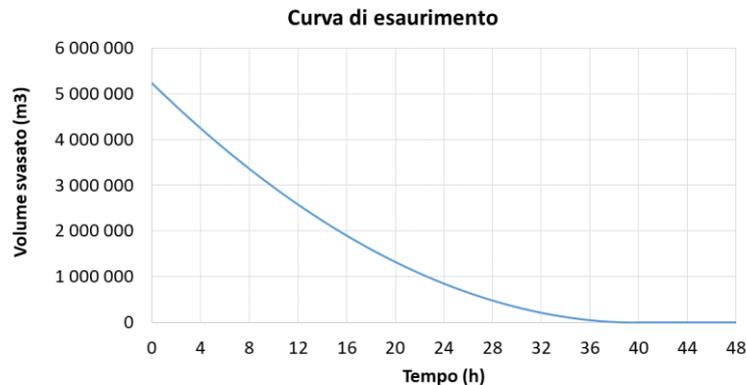
- Controllare il primo riempimento dell'invaso;
- Svuotare l'invaso in un arco di tempo ridotto senza provocare danni a terzi.

Nel caso di specie lo svuotamento del sistema di monte verrà operato tramite il sistema di condotte forzate in modo da garantire lo svuotamento dell'invaso in tempi molto contenuti. Durante il primo riempimento l'organo di chiusura dello scarico di fondo servirà come organo di regolazione. Il primo riempimento serve a poter monitorare il comportamento del corpo diga, delle scarpate e di tutti gli altri componenti dell'invaso. Per questo motivo il primo riempimento avviene in passi graduali, di conseguenza risulta importante che tramite gli organi di chiusura dello scarico di fondo sia possibile la regolazione del pelo libero presente nell'invaso in maniera tale da tenerlo costante. Per quanto riguarda invece il rapido svuotamento del bacino, gli organi di chiusura saranno aperti completamente. Il deflusso nella condotta di scarico in questo caso sarà a pressione.

Onde evitare fenomeni di turbolenza si prevede l'inserimento di una valvola di aerazione che entrerà in funzione qualora il deflusso a valle della valvola di sezionamento si inneschi un deflusso a pelo libero. Assumendo come diametro di progetto quello di una delle due tubazioni in acciaio  $\phi 3000$ , adottato con coefficiente di forma  $C_q$  pari 0,5, la massima portata esitata dalla tubazione è stata determinata con la seguente relazione:

$$Q_{OUT} = C_q \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4 \cdot \sqrt{2gH}}$$

In cui  $d$  rappresenta il diametro della tubazione e  $H$  il massimo carico idraulico atteso nel bacino durante il fenomeno di svuotamento. Dal calcolo risulta una portata massima in uscita pari a  $71,7 \text{ m}^3/\text{s}$  con un tempo complessivo di svuotamento di ca. 40 ore. Si rimanda all'Allegato Nr. 3 per la determinazione del tempo di svuotamento del bacino di monte. Lo scarico sarà dotato di organi di chiusura messi in serie. In condizioni di esercizio ordinario l'organo situato a valle assumerà la funzione di chiusura/regolazione, mentre quello situato a monte rimarrà aperto. Nel caso in cui l'organo di valle debba essere revisionato, verrà messo in esercizio l'organo situato a monte. Dal punto di vista idraulico lo scarico di fondo, a valle degli organi di chiusura, potrà funzionare sia a pelo libero che a pressione.



**Figura 8. Curva di esaurimento del processo di svuotamento del bacino di monte.**

Le portate così esitate transiteranno per la turbina e/o per il sistema di bypass e verranno scaricate nell'invaso Serra del Corvo senza bisogno di realizzare un apposito sistema di dissipazione dell'energia.

#### 5.2.4 Reti di drenaggio

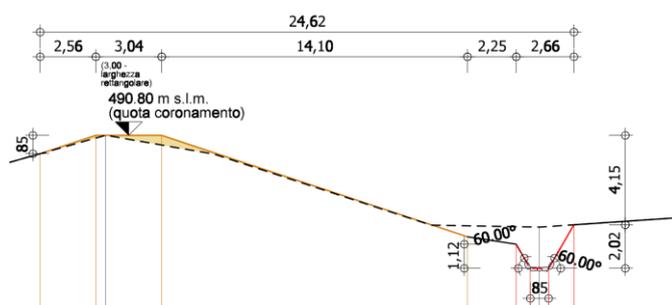
All'interno dello strato drenante di ghiaia del pacchetto di impermeabilizzazione del bacino di monte sarà disposta la rete di drenaggio, suddivisa in settori differenti e costituita da tubi microfessurati in PVC facenti capo con dimensione minima DN160 ad alcuni collettori principali in PE-HD (dimensione minima DN250) che, sottopassando sottopassato l'argine in un punto pre-stabilito, confluiranno all'interno dell'edificio di servizio, permettendo il monitoraggio di eventuali perdite dal bacino. Verranno inoltre previste tubazioni dedicate:

- Un tubo viene posizionata in corrispondenza del piede del paramento di monte della diga in modo tal da poter raccogliere le acque provenienti dal corpo diga. Visto che il paramento di monte è più alto di quello di valle, le acque presenti nel corpo diga (o quelle risultanti da eventi pluviometrici o quelle provenienti in seguito all'instaurarsi di una linea di infiltrazione dopo una rottura della guaina) defluiranno verso il piede del paramento di monte. Appare quindi sensato prevedere un tubo di drenaggio dedicato a raccogliere queste venute d'acqua.
- Un secondo tubo viene posizionato sul piede del paramento di valle della diga.

L'intero sviluppo delle tubazioni di drenaggio, tra fondo e sponde del bacino, ammonterà a ca. 5.500 m. All'interno dell'edificio di servizio verrà installata una vasca di raccolta dove confluiranno le acque di drenaggio. Uno sfioro di tipo Thomson permetterà di controllare in maniera molto affidabile le portate in arrivo dal sistema di drenaggio garantendo quindi il monitoraggio continuo del sistema. La vasca sverserà nei fossi di guardia che a loro volta addurranno le acque al reticolo idrografico superficiale esistente lungo la SC.8 S. Antonio.

### 5.2.5 Fossi di guardia

Le acque meteoriche incidenti sui paramenti esterni del bacino e quelle che alimentano il piccolo bacino imbrifero tra i paramenti lati N-NO-O-SO verranno intercettate con un peculiare sistema di fossati di guardia, a cielo aperto ed a sezione trapezia, che correrà al piede dei paramenti delle arginature. L'intero sviluppo planimetrico dei fossati di guardia ammonta a ca. 2,4 Km e la sezione è stata assunta sempre trapezoidale. Di qui le acque verranno scaricate nel piccolo fossato che corre lungo la SC8 in Contrada S. Antonio afferente al reticolo idrografico del torrente Pentecchia, che verrà stabilizzato in selciatoone e costantemente mantenuto in modo da garantirne sempre la piena efficienza.



**Figura 9.** Schema esemplificativo del sistema di fossati di guardia predisposto (si rimanda all'Elaborato PD-EP.16.7).

Per il dimensionamento idraulico dei fossati sono stati assunti tre sottobacini di riferimento, relativi rispettivamente alle aree drenate a valle/sud (estensione 35 ha), a monte/nord (estensione 15 ha) e lungo i paramenti esterni (12 ha) della diga a servizio del bacino di accumulo di monte. In Tabella 2 sono riassunti i risultati dell'analisi idrologica condotta considerato un evento meteorico incidente con tempo di ritorno di 3.000 anni. Si determinano delle portate specifiche variabili tra 15 e 30 m<sup>3</sup>/s/Km<sup>2</sup> in linea con gli eventi parossistici considerati.

| Sito      | S<br>(ha) | HN3000<br>(mm) | Q<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|-----------|-----------|----------------|--------------------------|
| Nord      | 15        | 105,9          | 2,0                      |
| Sud       | 25        | 100            | 3,59                     |
| Paramenti | 12        | 52,4           | 4,21                     |

**Tabella 2.** Risultati dell'analisi idrologica condotta per i sottobacini afferenti ai fossati di guardia dell'invaso di monte.

Le portate così ricavate sono state utilizzate per il dimensionamento dei fossi di guardia nei vari tratti afferenti al bacino, considerando per il fossato SUD anche il contributo dello sfioratore di superficie. Sezioni e profili dei fossi di guardia sono riassunti graficamente nell'Elaborato PD-EP.16.7). Si rimanda all'allegato Nr. 4 per un estratto dei calcoli effettuati.

## 5.3 Condotte forzate

### 5.3.1 Dimensionamento idraulico

Il tracciato della condotta forzata segue i criteri fondamentali di minimizzare lunghezza e perdite concentrate e di evitare le aree vincolate presenti lungo il tracciato. Verrà realizzato un sistema con quattro tubazioni in acciaio  $\phi 3000$  con asse e pendenza il più regolari possibile, senza andare ad interferire con le infrastrutture esistenti, con il costruito e con i corpi idrici superficiali e sotterranei, ivi comprese le falde. La profondità di posa è mediamente dell'ordine di alcuni metri, solo nel tratto apicale del tracciato sarà necessario approfondire i corpi di scavo senza comunque interferire con le falde. Il tracciato ed il profilo delle condotte forzate così come proposto in questa prima fase progettuale è indicato nelle tavole di progetto.

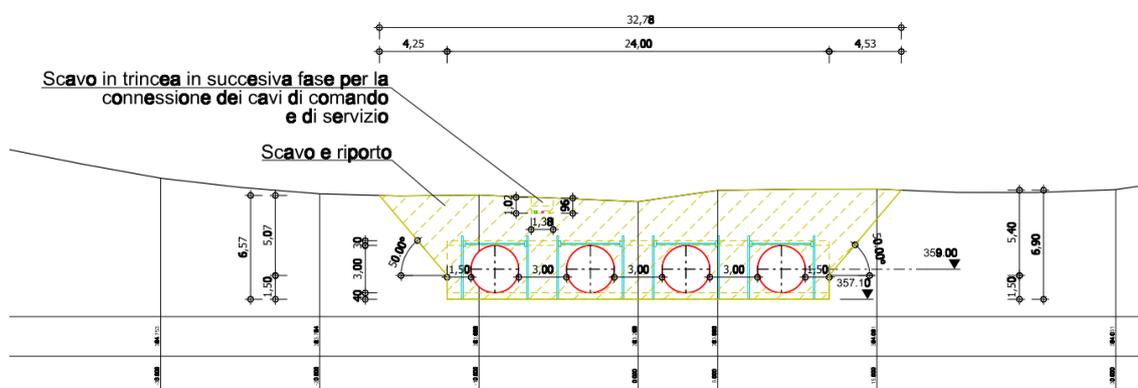


Figura 10 Sezione tipologica indicativa delle modalità di posa delle condotte forzate (estratto Tavv. PD-EP.17.4.1, 17.4.2 e 17.4.3)

Le tubazioni saranno realizzate in conformità con quanto previsto dalle norme EN10227. I tubi saranno realizzati con rivestimento interno in resina epossilica e rivestimento esterno in poliuretano secondo UNI EN 10290 Cl. A. La lunghezza delle condotte forzate è circa 1.200 ml. Il salto geodetico medio, calcolato come differenza fra le quote medie di invaso del bacino superiore e del bacino inferiore, è di ca. 213 m. Per il calcolo delle perdite distribuite è stata implementata la nota formula di Darcy – Weissbach, impostando per ogni singola condotta una scabrezza equivalente in sabbia. È stata effettuata anche una stima delle perdite localizzate. Si

assumono delle classi di pressione PN16, PN25 e PN30 a seconda del tratto considerato del sistema (il dato deve essere letto da monte verso valle).

### 5.3.2 Analisi strutturale

Per la determinazione degli spessori delle condotte forzate, che saranno realizzate in acciaio, si è proceduto ad effettuare un dimensionamento ai sensi delle norme DIN EN 13480-3 e DIN 2413 considerando tre classi nominali PN. I risultati del calcolo effettuato sono riportati nell'allegato Nr. 5, si determinano spessori minimi variano da 20 a 28 mm a seconda del tratto e del colpo d'ariete considerato.

### 5.3.3 Colpo d'ariete

Il colpo d'ariete è un fenomeno idraulico che si presenta in una condotta quando un flusso di liquido in movimento al suo interno viene bruscamente fermato dalla repentina chiusura di una valvola. Tale fenomeno consiste in un'onda d'urto di pressione che si origina a causa dell'inerzia di una colonna di liquido in movimento che impatta contro una parete, ad esempio quella di una valvola chiusa in maniera improvvisa. L'intensità del colpo e il valore della pressione massima dell'onda possono raggiungere livelli tali da danneggiare o lesionare le condotte. Per la verifica delle sollecitazioni meccaniche sul sistema di condotte considerato (acciaio, DN3000) in caso di emergenza è stata calcolata anche la sovrappressione che si genera in caso di chiusura istantanea delle paratoie di sezionamento prima delle macchine quantificando di fatto gli effetti del colpo d'ariete. È stata utilizzata la formula di Michaud:

$$\Delta P = \frac{2 \cdot L \cdot v_0}{(g \cdot T_c \cdot 10,2)}$$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| in cui | $\Delta P$ | colpo d'ariete,   |
|        | L          | lunghezza della condotta forzata,   |
|        | $v_0$      | velocità massima nella condotta forzata,  |
|        | g          | accelerazione di gravità  |
|        | $T_c$      | il tempo di chiusura minimo degli organi (maggiore di $2 \cdot L/C$ ,<br>dove C rappresenta la celerità di propagazione delle onde di pressione in acqua) |

In seguito alle indicazioni di numerosi costruttori di macchine, come tempo di chiusura delle paratoie di sezionamento è stato assunto un valore minimo di 40 secondi. Dalle formulazioni utilizzate risulta una sovrappressione di 5 bar contro una pressione idrostatica pari a 25,93 bar. Si rimanda all'allegato Nr. 7 per una rappresentazione dei calcoli effettuati in sede di progettazione definitiva.

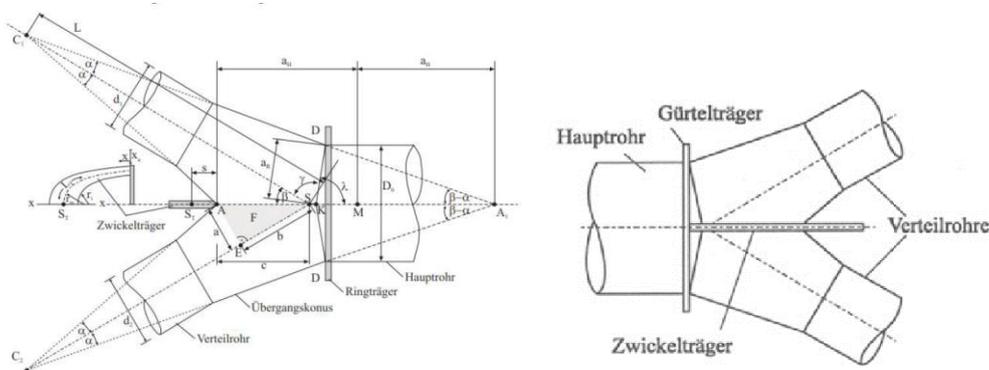
## 5.4 Centrale di produzione

### 5.4.1 Prevalenza netta di aspirazione (NPSH)

Al fine di definire un layout della centrale che risulti funzionale dal punto di vista idraulico e sia adeguatamente dimensionato per il corretto funzionamento dei gruppi macchina previsti, è stata effettuata una stima della prevalenza netta di aspirazione (NPSH) da garantire alle pompe, ovvero della differenza tra la pressione in un punto di un generico circuito idraulico e la tensione di vapore del liquido nello stesso punto. Questo dato dipende da parametri caratteristici dell'impianto, ed in primis proprio dalle modalità di installazione della pompa. Premesso quindi che una stima di dettaglio di questo parametro sarà possibile esclusivamente dopo opportuna concertazione con i Fornitori delle macchine, preme solamente sottolineare la differenza tra la prevalenza disponibile (NPSH<sub>a</sub>), ovvero quella calcolata alla bocca di aspirazione di una pompa, e la prevalenza richiesta (NPSH<sub>r</sub>) anche detta depressione dinamica totale, ovvero il minimo con cui una macchina può lavorare senza che si verifichi cavitazione. Generalmente si impone come regola generale per evitare cavitazione che il valore di NPSH<sub>a</sub> sia maggiore del valore di NPSH<sub>r</sub>. Il valore di NPSH (r) è una caratteristica di ogni macchina e come detto deve essere fornita dal Fornitore. Di concerto con alcuni dei maggiori Fornitori di macchine di questa taglia sul panorama italiano ed internazionale, si è determinata in prima approssimazione, una prevalenza dell'ordine di 35 m. Pertanto a livello progettuale, il dislivello tra la quota minima di prelievo (intradosso della presa) e l'asse delle macchine è stata assunta pari a 35 m.

### 5.4.2 Divergenti a Y

Per il dimensionamento idraulico dei divergenti a Y considerati nella progettazione definitiva si è fatto riferimento all'approccio di Giesecke (si veda es esempio Giesecke, J., Mosonyi, E. „Wasserkraftanlagen“, 1997/2009). La geometria di dimensionamento ricalca quella illustrata in Figura 11.

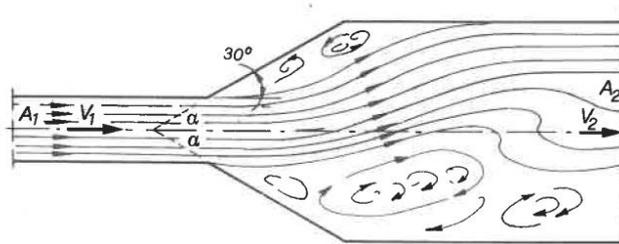


**Figura 11. Geometria di un tipico divergente a Y.**

Si riportano all'allegato Nr. 6 i calcoli di dimensionamento effettuati secondo le geometrie e gli approcci prima citati.

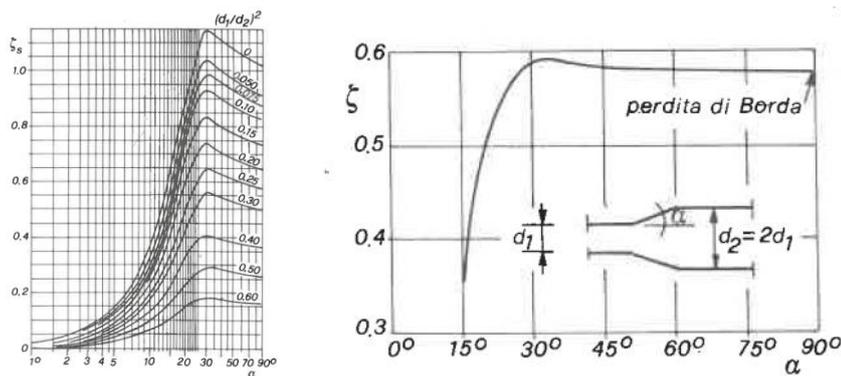
### 5.4.3 Diffusori

Per il dimensionamento idraulico dei diffusori si è assunta una configurazione di allargamento graduale, come indicato in modo esemplificativo in Figura 12. Il distacco dello strato limite determina delle zone di separazione più ridotte e quindi una minore dissipazione di energia.



**Figura 12. Esempio di diffusore (Ghetti, 1990).**

Il coefficiente di perdita di carico di un diffusore dipende, oltreché dal semiangolo di apertura  $\alpha$ , dal rapporto dell'allargamento  $A_2/A_1$ , dalla forma della sezione e del profilo, dalle condizioni di turbolenza e di distribuzione della velocità di ingresso e dal numero di Reynolds della corrente. Come si intuisce dalle immagini successive, per un diffusore conico fatto testo i diametri prima e dopo l'allargamento, dal rapporto dei quali dipende, unitamente dall'angolo di apertura, l'entità delle perdite di carico.



**Figura 13. Perdite di carico nei diffusori (Ghetti, 1990).**

Poiché la perdita di energia in un diffusore è l'effetto combinato della resistenza di attrito e di quella dovuto alla separazione della corrente, prevarrà la prima per piccoli angoli di apertura, la seconda per angoli maggiori. Nel caso in esame si è scelto un valor dell'angolo di apertura del diffusore in modo da ottenere le minori perdite locali possibili, pari a 6° (in configurazione pseudo conica).

## 5.5 Bocche di presa e restituzione nell'invaso di Serra del Corvo

Presso l'invaso di valle saranno sostanzialmente realizzate, in sponda orografica sinistra a ca. 150 m dalle opere esistenti di EIPLI, solo le bocche per l'alimentazione nella fase di pompaggio e per la restituzione delle acque nella fase di generazione. È prevista la realizzazione di due organi di presa e restituzione separati, afferenti ciascuno ad un gruppo macchina. Entrambe le opere si configureranno come elementi in cemento armato, esternamente a sezione circolare. Entrambe adducono l'acqua a due gallerie in cemento  $\phi 4000$  che a loro volta sono collegate ai gruppi macchina (in generazione ed in pompaggio). La forma, le dimensioni ed il dimensionamento delle bocche di presa sono state determinate in funzione della sommergezza critica minima, ovvero il carico minimo necessario da garantire sull'asse orizzontale dell'imbocco affinché non venga aspirata aria e pertanto vengano evitate vorticità e turbolenze tali da causare fenomeni molto dannosi come la cavitazione. In prima approssimazione sono stati utilizzati gli approcci di Knauss (1987) e Möller (2015), che consentono di determinare il diametro equivalente della sezione di presa in relazione al numero di Froude, alla portata prelevata ed alla velocità limite di aspirazione per evitare l'innescò di fenomeni erosivi sul fondo e l'aspirazione della fauna ittica (assunta pari a ca. 2 m/s). Si determina pertanto un carico minimo di 5 m. Si rimanda ai calcoli effettuati illustrati nell'Allegato Nr. 8. L'intradosso delle bocche di presa è stato pertanto posizionato ad una quota di 256,00 m s.l.m. ad una quota di almeno +1 m rispetto alla quota del fondo nota. Nella successiva fase di progetto verranno approfonditi i dettagli costruttivi e verrà proposta una ottimizzazione di dettaglio sperimentale del funzionamento idraulico di tali strutture. In ogni caso le bocche di presa verranno presidiate con opportuni graticci e grigliati. Al di fuori di tali strutture presso l'invaso di Serra del Corvo non sono previsti altri interventi.

## 5.6 Interferenze idrauliche

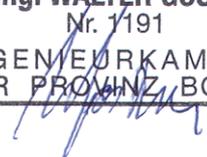
Come riportato anche nella Relazione sulle Interferenze di cui all'Elaborato PD-R.9 non si ravvisa nessuna interferenza di natura idraulica con i corsi d'acqua afferenti al reticolo idrografico esistente. Il torrente Basentello e Roviniero non vengono interessati dai lavori, pertanto il loro comportamento idraulico rimane inalterato e non è inficiato dalla presenza di opere di nuova costruzione.

Bolzano, Malles, Roma, li 22.12.2021

Il Tecnico

Dr. Ing. Walter Gostner

|  |
|--|
| ORDINE DEGLI INGEGNERI<br>DELLA PROV. DI BOLZANO |
| <b>Dr. Ing. WALTER GOSTNER</b>                   |
| Nr. 1191   |
| INGENIEURKAMMER<br>DER PROVINZ BOZEN             |



## 6. Allegati

## ALLEGATO Nr. 1 – Volumi di invaso Serra del Corvo

- Fonte dei dati: <http://www.adb.basilicata.it/>

### Finestra di ricerca

Autorita' di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Basilicata  
D.Lgs. 152/2006 s.s.m.i., Legge 221/2015, D.M. n. 294/2016 e DPCM 4 aprile 2018  
Sito in aggiornamento per gli effetti della Legge 221/2015 e s.m.i.

L'ENTE | TERRITORIO | TRASPARENZA | PIANIFICAZIONE | CARATTERISTICHE | SIT e CARTOGRAFIA | GESTIONE | PUBBLICAZIONI | STUDI

**CARATTERISTICHE AMBIENTALI**

Morfologia e geologia  
Bacini idrografici  
Sistema idrico  
Disponibilità idriche  
Dati storici disponibilità idriche

**RICERCA DISPONIBILITÀ IDRICHE**

Nella presente pagina è possibile effettuare ricerche nell'archivio dei dati delle disponibilità idriche dei seguenti invasi lucani: Basentello, Camastra, Gannano, Monte Cotugno, Pertusillo e San Giuliano. L'utente può scegliere un giorno tra quelli presenti nella lista e uno o tutti gli invasi per i quali si vogliono visualizzare le disponibilità idriche. Il risultato della ricerca riporta i dati del giorno prescelto raffrontati con quelli dello stesso giorno dell'anno precedente.

Scegli anno di riferimento:

Scegli mese di riferimento:

Scegli giorno di riferimento:

Scegli invaso :

HOME PAGE MAPPA DEL SITO TORNA INDIETRO

### Finestra di visualizzazione

Autorita' di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Basilicata  
D.Lgs. 152/2006 s.s.m.i., Legge 221/2015, D.M. n. 294/2016 e DPCM 4 aprile 2018  
Sito in aggiornamento per gli effetti della Legge 221/2015 e s.m.i.

L'ENTE | TERRITORIO | TRASPARENZA | PIANIFICAZIONE | CARATTERISTICHE | SIT e CARTOGRAFIA | GESTIONE | PUBBLICAZIONI | STUDI

**CARATTERISTICHE AMBIENTALI**

Morfologia e geologia  
Bacini idrografici  
Sistema idrico  
Disponibilità idriche  
Dati storici disponibilità idriche

**DISPONIBILITÀ IDRICHE**

| diga       | 24 Aprile 2020          |                                | 24 Aprile 2021          |                                | pioggia (mm) | differenza volumi (mc) |
|------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------|------------------------|
|            | volume invaso netto(mc) | quota livello invaso(m.s.l.m.) | volume invaso netto(mc) | quota livello invaso(m.s.l.m.) |              |                        |
| Basentello | 20.050.073              | 266.72                         | 20.221.613              | 266.78                         | 2.00         | 171.540                |

Dati forniti dall'Ente per lo Sviluppo dell'Irrigazione e la Trasformazione Fondiaria in Puglia, Lucania e Irpinia

\* A partire dal 18/11/2011 i dati relativi all'invaso di San Giuliano sono riferiti ad una curva di volumi d'invaso aggiornati (circa -10 milioni mc)

HOME PAGE MAPPA DEL SITO TORNA INDIETRO

- Periodo di riferimento: ottobre 2019 – ottobre 2021

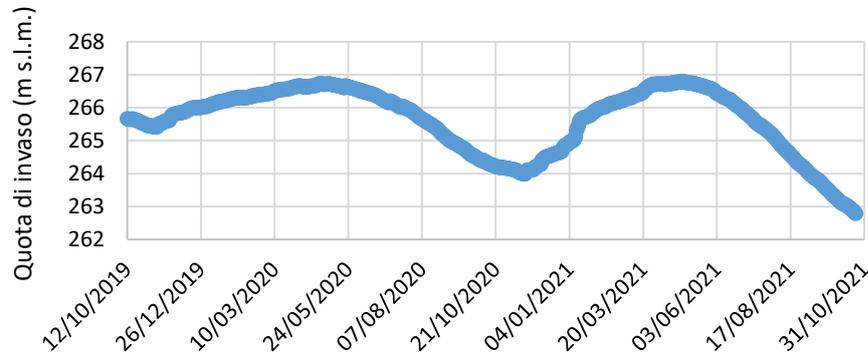
| Giorno     | Volume invasato netto(m <sup>3</sup> ) | Quota livello invaso (m. s.l.m.) |
|------------|--|----------------------------------|
| 01/10/2019 | 17429493                               | 265.78                           |
| 02/10/2019 | 17403943                               | 265.77                           |
| 03/10/2019 | 17352843                               | 265.75                           |
| 04/10/2019 | 17311663                               | 265.73                           |
| 05/10/2019 | 17276073                               | 265.72                           |
| 06/10/2019 | 17224893                               | 265.7                            |
| 07/10/2019 | 17173713                               | 265.68                           |
| 08/10/2019 | 17199303                               | 265.69                           |
| 09/10/2019 | 17199303                               | 265.69                           |
| 10/10/2019 | 17173713                               | 265.68                           |
| 11/10/2019 | 17148123                               | 265.67                           |
| 12/10/2019 | 17122533                               | 265.66                           |
| 13/10/2019 | 17096943                               | 265.65                           |
| 14/10/2019 | 17071353                               | 265.64                           |

...

...

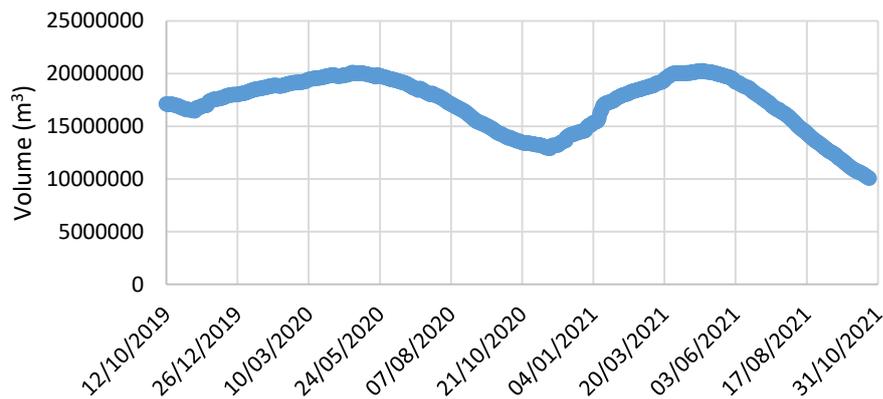
|            |            |        |
|------------|------------|--------|
| 08/10/2021 | 10 766 953 | 263.11 |
| 09/10/2021 | 10 742 673 | 263.1  |
| 10/10/2021 | 10 669 803 | 263.07 |
| 11/10/2021 | 10 645 523 | 263.06 |
| 12/10/2021 | 10 621 233 | 263.05 |
| 13/10/2021 | 10 572 653 | 263.03 |
| 14/10/2021 | 10 524 073 | 263.01 |
| 15/10/2021 | 10 479 123 | 262.99 |
| 16/10/2021 | 10 417 123 | 262.96 |
| 17/10/2021 | 10 355 123 | 262.93 |
| 18/10/2021 | 10 313 793 | 262.91 |
| 19/10/2021 | 10 251 793 | 262.88 |
| 20/10/2021 | 10 189 803 | 262.85 |
| 21/10/2021 | 10 127 803 | 262.82 |
| 22/10/2021 | 10 065 803 | 262.79 |

### Livelli di invaso



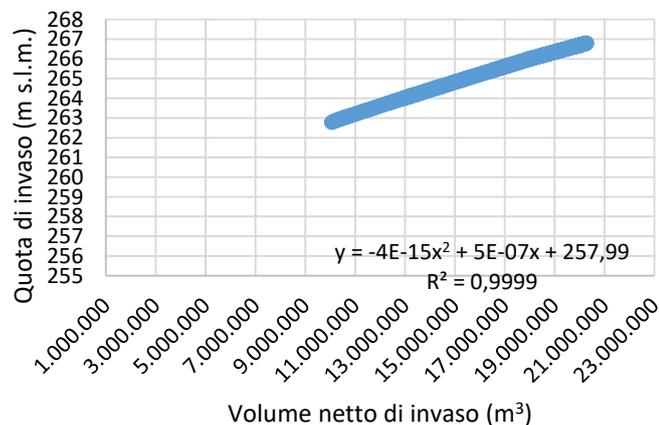
- Quota minima di invaso nel periodo: 262,79 m s.l.m.
- Quota massima di invaso nel periodo: 266,80 m s.l.m.

### Volumi netti di invaso



- Volume netto di invaso minimo nel periodo: 10.065.803 Mm<sup>3</sup>
- Volume netto di invaso massimo nel periodo: 20.278.793 Mm<sup>3</sup>

### Curva V-h



**ALLEGATO Nr. 2 – Dimensionamento sfioratore di superficie**

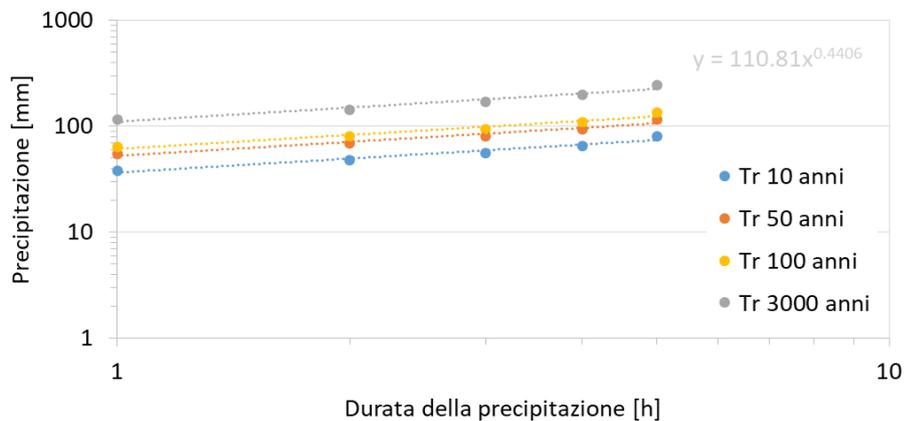
- Determinazione evento di progetto (Tr 3000 anni)

| Stazione pluviometrica Spinazzola:<br>media dei massimi annuali delle piogge brevi |       |       |       |        |        |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|
|  | 1 ora | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| Media [mm]   | 25.78 | 32.04 | 37.41 | 43.77  | 54.39  |
| Eventi [-]   | 61    | 61    | 61    | 61     | 61     |

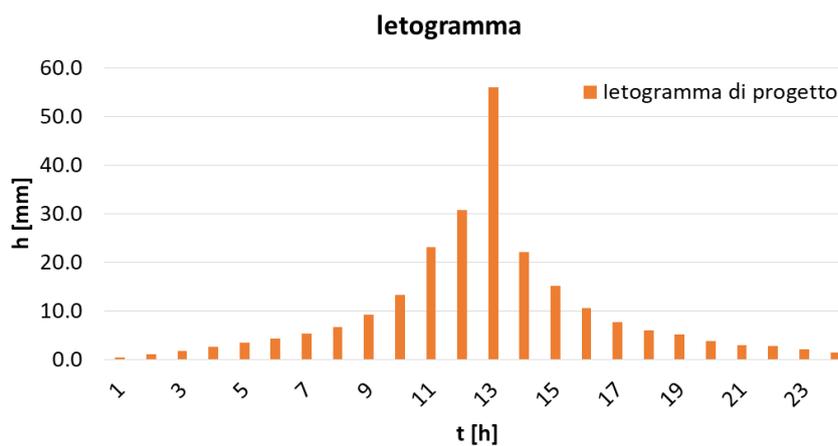
| media dei massimi annuali delle piogge brevi [mm] SP Spinazzola |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tr  | 1 ora  | 3 ore  | 6 ore  | 12 ore | 24 ore |
| 10  | 38.41  | 47.74  | 55.75  | 65.22  | 81.04  |
| 20  | 37.90  | 47.10  | 55.00  | 64.34  | 79.95  |
| 25  | 47.18  | 58.63  | 68.47  | 80.10  | 99.53  |
| 40  | 52.33  | 65.04  | 75.95  | 88.85  | 110.41 |
| 50  | 55.17  | 68.56  | 80.06  | 93.67  | 116.39 |
| 100   | 64.19  | 79.78  | 93.16  | 108.99 | 135.42 |
| 200   | 75.02  | 93.23  | 108.87 | 127.37 | 158.27 |
| 500   | 90.23  | 112.14 | 130.95 | 153.20 | 190.35 |
| 1000  | 102.35 | 127.20 | 148.53 | 173.77 | 215.92 |
| 3000  | 115.86 | 143.98 | 171.73 | 196.70 | 244.41 |

**LSP - Stazione di Spinazzola**



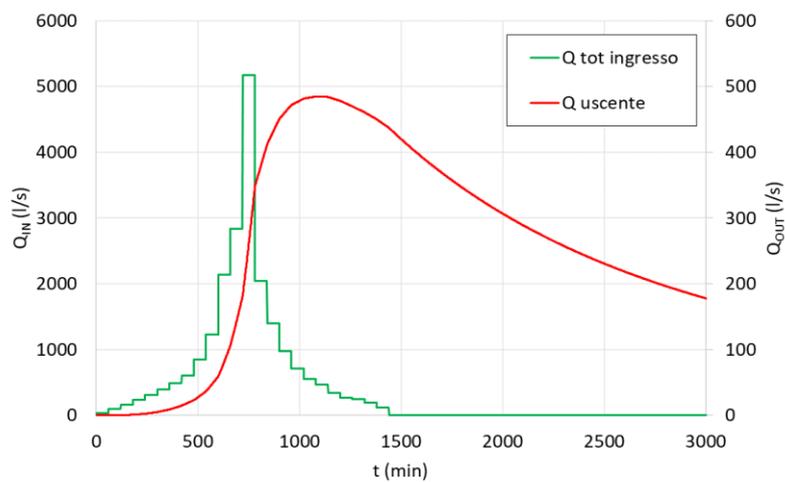
- letogramma a blocchi con  $t_p=24$  ore con picco posticipato

| t [min] | t [h] | h [mm] | dh [mm] | letogramma [mm] |
|---------|-------|--------|---------|-----------------|
| 60      | 1     | 114    | 114     | 0.4             |
| 120     | 2     | 133    | 20      | 1.1             |
| 180     | 3     | 147    | 13      | 1.8             |
| 240     | 4     | 157    | 10      | 2.6             |
| 300     | 5     | 165    | 8       | 3.4             |
| 360     | 6     | 172    | 7       | 4.3             |
| 420     | 7     | 178    | 6       | 5.3             |
| 480     | 8     | 184    | 6       | 6.6             |
| 540     | 9     | 189    | 5       | 9.3             |
| 600     | 10    | 194    | 5       | 13.3            |
| 660     | 11    | 198    | 4       | 23.1            |
| 720     | 12    | 202    | 4       | 30.8            |
| 780     | 13    | 206    | 4       | 56.1            |
| 840     | 14    | 210    | 4       | 22.1            |
| 900     | 15    | 213    | 3       | 15.1            |
| 960     | 16    | 216    | 3       | 10.6            |
| 1020    | 17    | 219    | 3       | 7.7             |
| 1080    | 18    | 222    | 3       | 6.0             |
| 1140    | 19    | 225    | 3       | 5.1             |
| 1200    | 20    | 228    | 3       | 3.7             |
| 1260    | 21    | 230    | 3       | 2.9             |
| 1320    | 22    | 233    | 2       | 2.7             |
| 1380    | 23    | 235    | 2       | 2.1             |
| 1440    | 24    | 237    | 2       | 1.3             |



▪ Dimensionamento idraulico

| Dati                                   |  |            |      |                                  |  |      |       |            |
|--|--|------------|------|----------------------------------|--|------|-------|------------|
| Superficie dello specchio d'acqua [m²] | 332 000                                      |            |      |                                  |  |      |       |            |
| Larghezza soglia di sfioro b [m]       | 4  |            |      |                                  |  |      |       |            |
| Coefficiente di soglia $\mu$           | 0.5  |            |      |                                  |  |      |       |            |
| Portata scaricata [m³/s]               | $Q = 0,667 * \mu * b * (2g)^{0,5} * h^{1,5}$ |            |      |                                  |  |      |       |            |
| Volume compl. di pioggia [m³]          | 78 816.49                                    |            |      |                                  |  |      |       |            |
| $\Delta T$                             | $\Sigma T$                                   | $\Sigma T$ | h    | Q in (pioggia battente sul lago) | Q in (pioggia battente sul lago + contributi ext.) | s    | Q out | $\Delta s$ |
| [min]                                  | [min]  | [h]        | [mm] | [l/s]                            | [l/s]  | [mm] | [l/s] | [mm]       |
| 1                                      | 1  | 0.0        | 0.01 | 38                               | 38   | 0.00 | 0.000 | 0.01       |
| 1                                      | 2  | 0.03       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.01 | 0.000 | 0.01       |
| 1                                      | 3  | 0.05       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.01 | 0.000 | 0.01       |
| 1                                      | 4  | 0.07       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.02 | 0.001 | 0.01       |
| 1                                      | 5  | 0.08       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.03 | 0.001 | 0.01       |
| 1                                      | 6  | 0.10       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.03 | 0.001 | 0.01       |
| 1                                      | 7  | 0.12       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.04 | 0.002 | 0.01       |
| 1                                      | 8  | 0.13       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.05 | 0.002 | 0.01       |
| 1                                      | 9  | 0.15       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.05 | 0.002 | 0.01       |
| 1                                      | 10   | 0.17       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.06 | 0.003 | 0.01       |
| 1                                      | 11   | 0.18       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.07 | 0.003 | 0.01       |
| 1                                      | 12   | 0.20       | 0.01 | 38                               | 38   | 0.07 | 0.004 | 0.01       |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>Q in (pioggia battente sul lago)</b> | 5171 l/s  |
| <b>Q in tot max</b>                     | 5 171 l/s |
| <b>Q out sfioratore</b>                 | 484 l/s   |
| <b>Sovralzo massimo</b>                 | 18.88 cm  |

**ALLEGATO Nr. 3 – Tempo di svuotamento scarico di fondo**

|                 | Superficie<br>m <sup>2</sup> | Volume meteorico<br>m <sup>3</sup> | Volume bacino<br>m <sup>3</sup> | H <sub>max</sub><br>m |
|-----------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| BACINO ACCUMULO | 332 000                      | 78 816                             | 5 165 300                       | 19.19                 |

**Scarico di fondo**

Diametro condotta: 3000 mm

C<sub>q</sub>: 0.5

Carico idraulico massimo H<sub>MAX</sub>: 19.19 m

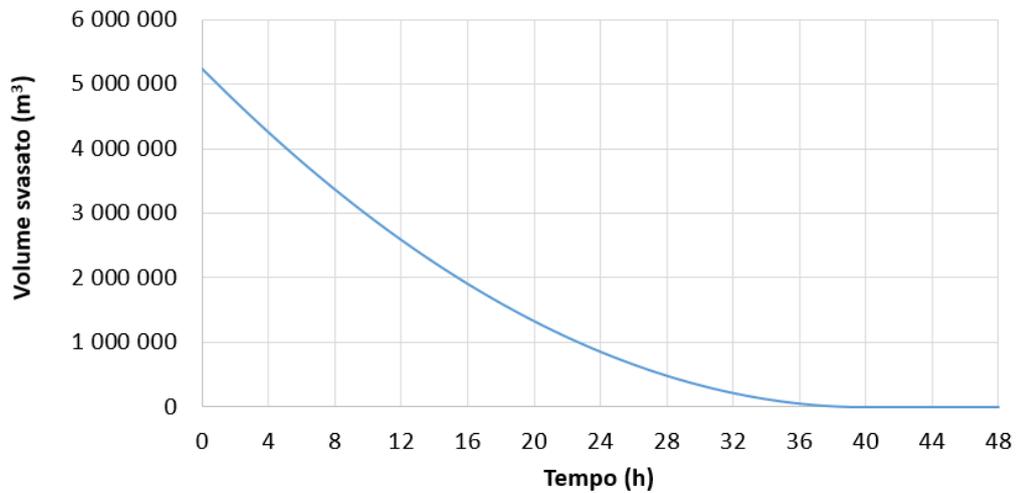
Portata scaricata sotto battente massimo (ipotesi: moto a pelo libero a valle della saracinesca)

$$Q_{OUT} = C_q \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4 \cdot \sqrt{2gH}} = 68.5440 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

Tempo di svuotamento 39,25 h

Velocità di scarico 9.702 m/s

**Curva di esaurimento**



## ALLEGATO Nr. 4 – Dimensionamento fossi di guardia

### Fosso di drenaggio NORD

|                  |                                     |
|------------------|-------------------------------------|
| Sezione trapezia |                                     |
| Base b           | 0.85 m                              |
| Pendenza sponde  | 60 °                                |
| Strickler        | 35 m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> |
| Pendenza fondo   | 0.019                               |

$$Q_{\max} = K_S \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot i_F^{1/2}$$

|                   |                  |                        |
|-------------------|------------------|------------------------|
| Tirante           | h                | 1.01 m                 |
| Larghezza di base | b                | 0.85 m                 |
| Larghezza massima | B                | 2.01 m                 |
| Contorno bagnato  | C                | 3.18 m                 |
| Area              | A                | 1.44 m <sup>2</sup>    |
| Raggio idraulico  | R <sub>H</sub>   | 0.45 m                 |
| Portata defluente | Q <sub>max</sub> | 4.11 m <sup>3</sup> /s |

|                            |   |        |
|----------------------------|---|--------|
| <b>Scelta progettuale:</b> | b | 0.85 m |
|                            | B | 2 m    |
|                            | H | 1 m    |

### Fosso di drenaggio SUD

|                  |                                     |
|------------------|-------------------------------------|
| Sezione trapezia |                                     |
| Base b           | 1 m                                 |
| Pendenza sponde  | 60 °                                |
| Strickler        | 35 m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> |
| Pendenza fondo   | 0.025                               |

$$Q_{\max} = K_S \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot i_F^{1/2}$$

|                   |                  |                        |
|-------------------|------------------|------------------------|
| Tirante           | h                | 1.09 m                 |
| Larghezza di base | b                | 1 m                    |
| Larghezza massima | B                | 2.25 m                 |
| Contorno bagnato  | C                | 3.51 m                 |
| Area              | A                | 1.77 m <sup>2</sup>    |
| Raggio idraulico  | R <sub>H</sub>   | 0.50 m                 |
| Portata defluente | Q <sub>max</sub> | 6.18 m <sup>3</sup> /s |

|                            |   |       |
|----------------------------|---|-------|
| <b>Scelta progettuale:</b> | b | 1 m   |
|                            | B | 2.3 m |
|                            | H | 1.1 m |

### Ricettore di valle (esistente)

|                  |                                     |
|------------------|-------------------------------------|
| Sezione trapezia |                                     |
| Base b           | 1.25 m                              |
| Pendenza sponde  | 60 °                                |
| Strickler        | 35 m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> |
| Pendenza fondo   | 0.038                               |

$$Q_{\max} = K_S \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot i_F^{1/2}$$

|                   |                  |                         |
|-------------------|------------------|-------------------------|
| Tirante           | h                | 1.15 m                  |
| Larghezza di base | b                | 1.25 m                  |
| Larghezza massima | B                | 2.58 m                  |
| Contorno bagnato  | C                | 3.91 m                  |
| Area              | A                | 2.21 m <sup>2</sup>     |
| Raggio idraulico  | R <sub>H</sub>   | 0.56 m                  |
| Portata defluente | Q <sub>max</sub> | 10.29 m <sup>3</sup> /s |

|                            |   |        |
|----------------------------|---|--------|
| <b>Scelta progettuale:</b> | b | 1.25 m |
|                            | B | 2.6 m  |
|                            | H | 1.2 m  |

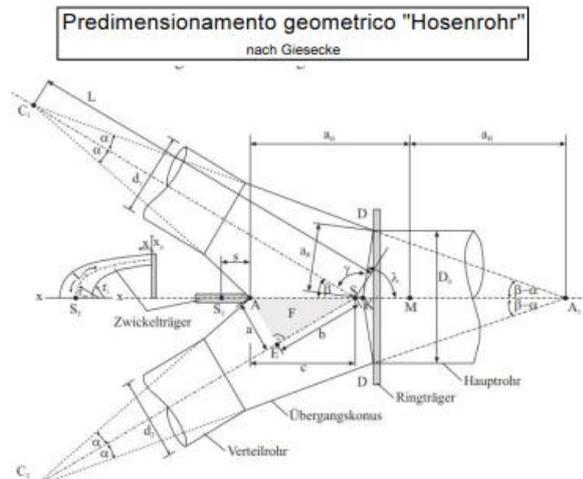
**ALLEGATO Nr. 5 – Dimensionamento dello spessore delle condotte forzate in acciaio**

| <b>Bemessung von geraden Stahlrohren unter Innendruckbelastung mit Längskraftbeanspruchung nach DIN EN 13480-3</b><br><i>Design of straight steel pipes under internal pressure load with longitudinal force according to DIN EN 13480-3</i> |  |  |                   |         |         |         |  |
|--|--|--|-------------------|---------|---------|---------|--|
| Druckklasse  |  |  |                   | PN10    | PN25    | PN30    |  |
| <b>Materialeigenschaften</b>   |  | <b>pipe properties</b>                   |                   |         |         |         |  |
| Mindestzugfestigkeit bei Raumtemperatur  | minimum tensile strength at room temperature             | R <sub>m</sub>                           | N/mm <sup>2</sup> | 500.00  | 500.00  | 500.00  |  |
| Streckgrenze (0,2%- Dehngrenze)  | yield strength   | R <sub>p0,2t</sub>                       | N/mm <sup>2</sup> | 355.00  | 355.00  | 355.00  |  |
| Schweißnahtfaktor  | Weld efficiency rating                                   | z  | -                 | 0.90    | 0.90    | 0.90    |  |
| <b>Geometrie des Rohres</b>  |  | <b>pipe geometry</b>                     |                   |         |         |         |  |
| Durchmesser außen  | external diameter  | D <sub>0</sub>                           | mm                | 3048.00 | 3048.00 | 3048.00 |  |
| Durchmesser innen  | internal diameter  | d <sub>i</sub>                           | mm                | 3008.00 | 3000.00 | 2992.00 |  |
| <b>Zulässige Spannungen</b>  |  | <b>permissible tensions</b>              |                   |         |         |         |  |
| Sicherheitsbeiwert   | safety factor 1  | S1                                       | -                 | 1.50    | 1.50    | 1.50    |  |
|  |  |  |                   | 236.7   | 236.7   | 236.7   |  |
|  |  |  |                   | 2.40    | 2.40    | 2.40    |  |
|  |  |  |                   | 208.3   | 208.3   | 208.3   |  |
| zulässige Spannungen   | permissible tensions                                     | f  | N/mm <sup>2</sup> | 208.33  | 208.33  | 208.33  |  |
| <b>Lastfälle</b>   |  | <b>load cases</b>                        |                   |         |         |         |  |
| Systemprüfdruck (STP)  | test pressure (STP)                                      | p <sub>t</sub>                           | N/mm <sup>2</sup> | 1.30    | 2.40    | 3.10    |  |
| <b>Grundgleichungen</b>  |  | <b>core equations</b>                    |                   |         |         |         |  |
| betrachteter Rohrdurchmesser d (di ≤ d ≤ D <sub>0</sub> )  | considered pipe diameter d (di ≤ d ≤ D <sub>0</sub> )    | d  | mm                | 3008.00 | 3000.00 | 2992.00 |  |
| Radialspannung   | radial tension   | σ <sub>r</sub>                           | N/mm <sup>2</sup> | -1.30   | -2.40   | -3.10   |  |
| Tangentialspannung   | tangential tension                                       | σ <sub>t</sub>                           | N/mm <sup>2</sup> | 98.41   | 151.21  | 167.19  |  |
| Achsialspannung  | axial tension  | σ <sub>a</sub>                           | N/mm <sup>2</sup> | 48.56   | 74.40   | 82.05   |  |
| <b>Vergleichsspannungen</b>  |  | <b>equivalent tensions</b>               |                   |         |         |         |  |
| <b>Schubspannungs-Hypothese</b>  |  | <b>shear stress hypothesis</b>           |                   |         |         |         |  |
|  |  | σ <sub>1</sub> =                         | N/mm <sup>2</sup> | 98.41   | 151.21  | 167.19  |  |
|  |  | σ <sub>3</sub> =                         | N/mm <sup>2</sup> | -1.30   | -2.40   | -3.10   |  |
| Vergleichsspannungen   | equivalent tension                                       | σ <sub>v/SS</sub>                        | N/mm <sup>2</sup> | 99.71   | 153.61  | 170.29  |  |
| <b>Gestaltänderungs-Energie-Hypothese</b>  |  | <b>deformation energy hypothesis</b>     |                   |         |         |         |  |
|  |  | σ <sub>1</sub> =                         | N/mm <sup>2</sup> | 98.41   | 151.21  | 167.19  |  |
|  |  | σ <sub>2</sub> =                         | N/mm <sup>2</sup> | 48.56   | 74.40   | 82.05   |  |
|  |  | σ <sub>3</sub> =                         | N/mm <sup>2</sup> | -1.30   | -2.40   | -3.10   |  |
| Vergleichsspannungen   | equivalent stress  | σ <sub>v/GE</sub>                        | N/mm <sup>2</sup> | 86.36   | 133.03  | 147.48  |  |
| <b>Gewählte max. Vergleichsspannung</b>  | <b>Selected max. equivalent stress</b>                   | σ <sub>v</sub> =                         | N/mm <sup>2</sup> | 99.71   | 153.61  | 170.29  |  |
| <b>Spannungsnachweis</b>   |  | <b>stress design</b>                     |                   |         |         |         |  |
| f * z / σ <sub>v</sub> ≥ 1   | f * z / σ <sub>v</sub> ≥ 1                               |  | -                 | 1.88    | 1.22    | 1.10    |  |
| <b>Rechnerische Bestellwanddicke (ohne Zuschläge)</b>  |  | <b>Strength available wall thickness</b> |                   |         |         |         |  |
|  |  | e=                                       | mm                | 10.53   | 19.38   | 24.99   |  |
| vorhandene Rohrwanddicke   | effective pipe wall thickness                            |  | mm                | 20.00   | 24.00   | 28.00   |  |
| Korrosionszuschlag   | surcharge for corrosion                                  | c <sub>0</sub> =                         | mm                | 0.50    | 0.50    | 0.50    |  |
| Zuschlag für Herstellungstoleranz  | surcharge for manufacturing tolerances                   | c <sub>1</sub> =                         | mm                | 0.40    | 0.48    | 0.56    |  |
| Wanddickenreduzierung infolge nachträglicher Fertigung   | Reduction of pipe thickness due to subsequent production | c <sub>2</sub> =                         | mm                | 0.00    | 0.00    | 1.00    |  |
| Aufrundung zur Bestellwanddicke  | Rounding up to the ordered wall thickness                | ε <sub>e</sub> =                         | mm                | 8.57    | 3.64    | 1.95    |  |
| <b>Mindestwanddicke</b>  | <b>minimum pipe wall thickn</b>                          | e <sub>min</sub> =                       | mm                | 11.03   | 19.88   | 26.49   |  |
| <b>Festigkeitsmäßig verfügbare Wanddicke</b>   | <b>structurally available pipe wall thickness</b>        | e <sub>a</sub> =                         | mm                | 19.10   | 23.02   | 26.94   |  |

**Bemessung auf Innendruck gemäß DIN2413**  
**inner pressure design in accordance to DIN 2413**

| Druckklasse   | pressure class  |                      |                   | PN10          | PN25          | PN30          |
|---|---|----------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Rohreigenschaften</b>  | <b>pipe properties</b>  |                      |                   |               |               |               |
| Material  | material  |                      |                   | Stahl / steel | Stahl / steel | Stahl / steel |
| Stahlgüte   | steel grade   |                      |                   | S355          | S355          | S355          |
| Streckgrenze  | yield strength  |                      | N/mm <sup>2</sup> | 355           | 355           | 355           |
| Außendurchmesser  | external diameter   | d <sub>a</sub>       | mm                | 3048          | 3048          | 3048          |
| Schweißnahtwertigkeit   | Weld efficiency rating  |                      | -                 | 0.9           | 0.9           | 0.9           |
| Sicherheitsbeiwert  | safety factor   | S                    | -                 | 1.6           | 1.6           | 1.6           |
| zulässige Spannung  | permissible tension   | σ <sub>zul</sub>     | N/mm <sup>2</sup> | 221.88        | 221.88        | 221.88        |
| Elastizitätsmodul des Rohrs   | Young's Modulus   | E                    | N/mm <sup>2</sup> | 210000        | 210000        | 210000        |
| Querkontraktionszahl  | Poisson's ratio   | μ                    | -                 | 0.3           | 0.3           | 0.3           |
| <b>Belastungen</b>  | <b>Loads</b>  |                      |                   |               |               |               |
| Druckstoß   | water hammer  | ΔP                   | N/mm <sup>2</sup> | 0.50          | 0.5           | 0.5           |
| Systemprüfdruck (STP) in bar  | test pressure (STP) in bar  | STP                  | bar               | <b>13.00</b>  | <b>24.00</b>  | <b>31</b>     |
| Systemprüfdruck (STP)   | test pressure (STP)   | STP                  | N/mm <sup>2</sup> | 1.30          | 2.40          | 3.10          |
| oberer Wert der Schwingungsamplitude  | upper value of amplitude  | p <sub>i,So</sub>    | N/mm <sup>2</sup> | 1.20          | 2.30          | 3.00          |
| unterer Wert der Schwingungsamplitude   | lower value of amplitude  | p <sub>i,Su</sub>    | N/mm <sup>2</sup> | 0.20          | 1.30          | 2.00          |
| <b>Rechnerische Rohrwanddicke</b>   | <b>Calculated pipe wall thickness</b>                               |                      |                   |               |               |               |
| <b>für vorwiegend ruhende Beanspruchung und Temperaturbelastung bis 120°C</b>     | <b>predominantly static load and temperature load up to 120 ° C</b> |                      |                   |               |               |               |
| Rohrwanddicke   | pipe wall thickness   | s <sub>v</sub>       | mm                | 9.92          | 18.32         | 23.66         |
| <b>bei schwankender Innendruckbeanspruchung (z.B. Druckstoß)</b>                  | <b>with fluctuating internal pressure stress (water hammer)</b>     |                      |                   |               |               |               |
| Lastspielzahl   | number of load cycles   | n                    | -                 | 3000          | 3000          | 3000          |
| Zugfestigkeit   | tensile strength  | σ <sub>b</sub>       | N/mm <sup>2</sup> | 490           | 490           | 490           |
| Dauerschwingfestigkeit  | fatigue strength  | σ <sub>Sch,t</sub>   | N/mm <sup>2</sup> | 490           | 490           | 490           |
| Sicherheitsbeiwert  | safety factor   | S <sub>D</sub>       | -                 | 1.5           | 1.5           | 2.5           |
| Beanspruchung gegen Zeitschwingbruch  | Stress against fatigue failure                                      | σ <sub>zul,z</sub>   | N/mm <sup>2</sup> | 326.67        | 326.67        | 196.00        |
| Rohrwanddicke   | pipe wall thickness   | s <sub>v</sub>       | mm                | 4.67          | 4.67          | 7.80          |
| Zuschlag für Fertigungstoleranzen   | Surcharge factor for manufacturing tolerances                       | c <sub>1</sub>       | %                 | 2             | 2             | 2             |
| Zuschlag für Abnutzung und Korrosion  | Surcharge factor for wear and corrosion                             | c <sub>2</sub>       | mm                | 1.5           | 1.5           | 1.5           |
| $s = s_v + c_1 + c_2 = (s_v + c_2) \cdot \frac{100}{100 - c_1} \quad [\text{mm}]$ |   |                      |                   |               |               |               |
| <b>Erforderliche Wanddicke</b>  | <b>minimum wall thickness</b>                                       |                      | mm                | <b>11.65</b>  | <b>20.22</b>  | <b>25.67</b>  |
| <b>gewählte Wanddicke</b>   | <b>existing wall thickness</b>                                      |                      | mm                | <b>20.00</b>  | <b>24.00</b>  | <b>28.00</b>  |
| <b>Einbeulen und Verformen unter äußerem Überdruck</b>                            | <b>Denting and deformation under external pressure</b>              |                      |                   |               |               |               |
| (nach AD-Merkblatt B6)  | (according to AD-Merkbl.B6)   |                      |                   |               |               |               |
| <b>Bestimmung des zulässigen äußeren Überdrucks (AD-Merkblatt B6)</b>             |   |                      |                   |               |               |               |
| <b>Lastfall elastisches Einbeulen</b>   | <b>Load case elastic denting</b>                                    |                      |                   |               |               |               |
| Sicherheitsbeiwert  | safety factor   | S <sub>K</sub>       | -                 | 3             | 3             | 3             |
| zulässiger kritischer Druck   | permissible critical tension  | p <sub>krit,el</sub> | N/mm <sup>2</sup> | 0.005         | 0.033         | 0.072         |
| <b>Lastfall plastisches Verformen</b>   | <b>load case plastical deformation</b>                              |                      |                   |               |               |               |
| Sicherheitsbeiwert S:   | safety factor   | S                    | -                 | 1.6           | 1.6           | 2.6           |
| zulässiger kritischer Druck   | permissible critical tension  | p <sub>krit,pl</sub> | N/mm <sup>2</sup> | 1.44          | 2.67          | 2.12          |

**ALLEGATO Nr. 6 – Dimensionamento dei divergenti a Y**



**Abb. 10.8:** Symmetrisches Hosenrohr (Geometrie)

Aus Untersuchungen an ausgeführten Hosenrohren wurde als ein übliches Verhältnis von Hauptrohrdurchmesser zu Verteilrohrdurchmesser 1.5 : 1 ermittelt.

$$D := 4.5 \text{ m}$$

$$d := \frac{D}{1.5} = 3 \text{ m}$$

Die geometrischen Abmessungen des Hosenrohres werden so gewählt, dass die Verschneidungslinie zwischen Übergangskonus und Hauptrohr eine Ellipse mit den Halbachsen aR und bR bildet. Zwischen den Übergangskonusen ergibt sich zwangsläufig eine Ellipse als Verschneidungslinie mit den Halbachsen aH und bH. Die Ermittlung der Halbachsen aH, bH, aR und bR der Verschneidungselipsen erfolgt nach ATROPS [10.6].

Die Länge L in Abb. 10.8 als Abstand zwischen dem Schnittpunkt S der Verteilrohrachse mit der Hauptrohrachse und der Spitze Ci des dem Übergangskonus zugeordneten Kegels ergibt sich zu:

Der Spreizwinkel  $\beta_1 + \beta_2$  (beim symmetrischen Hosenrohr  $2\beta$ ) bewegt sich zwischen  $40^\circ$  und  $70^\circ$ , wobei  $45^\circ$  am gebräuchlichsten sind.

$$\beta := 45 \cdot \frac{\pi}{180}$$

Der Konusöffnungswinkel  $2\alpha$  liegt gewöhnlicherweise zwischen  $4^\circ$  und  $30^\circ$ .

$$\alpha := 20 \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$a_R := \frac{D}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha)}{\cos(\alpha)^2 - \cos(\beta)^2} = 1.888 \text{ m}$$

$$b_R := \frac{D}{2} \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sqrt{\cos(\alpha)^2 - \cos(\beta)^2}} = 2.5707 \text{ m}$$

$$\lambda := \text{atan} \left( \frac{\cos(\alpha) + \cos(\beta)}{\sin(\beta)} \right) = 1.1652$$

$$a_H := \frac{D}{2} \cdot \frac{1}{\sin(\lambda)} = 2.4486 \text{ m}$$

$$b_H := \frac{D}{2} = 2.25 \text{ m}$$

$$\gamma := \pi - \beta - \lambda = 68.2378^\circ$$

$$L := \frac{D}{2} \cdot \left( \frac{\cos(\alpha) \cdot \sin(\lambda)}{\sin(\alpha) \cdot \sin(\gamma)} + \frac{\sin(\alpha)}{1 + \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta)} \right) = 6.5786 \text{ m}$$

**ALLEGATO Nr. 7 – Dimensionamento dei diffusori**

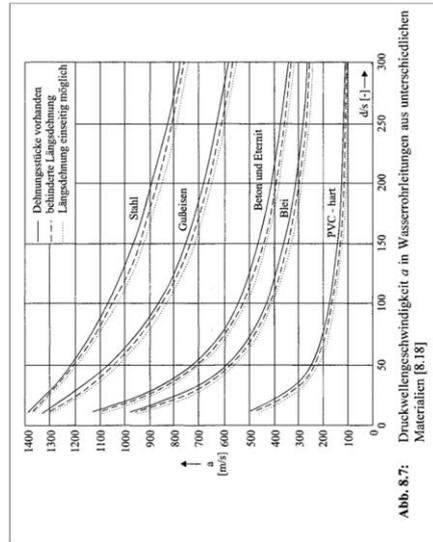


Abb. 8.7: Druckwellengeschwindigkeit  $a$  in Wasserleitungen aus unterschiedlichen Materialien [8.18]

d/s: 150.4

|  |                 |     |
|--|-----------------|-----|
| Joukovsky-Stoß                         | Anwendung [mWs] | bar |
| Michaud (auch als Allievi-Formel bez.) | nicht gültig    | 448 |
| Budau, Überschlagsrechnung nach Budeau | nicht gültig    | 26  |
| Starre Wasserstule                     | ok              | 78  |
|  | ok              | 52  |

**terminazione del Colpo di ariete**

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Bruttofallhöhe [m]   | 258.889                     |
| kontinuierliche Reibungsverluste [m]                               | 8.282                       |
| Nettofallhöhe [m]  | 250.607                     |
| Länge der Rohrleitung [m]  | 1160                        |
| $\phi_j$   | 3048                        |
| Leitungsdurchmesser außen [mm]                                     | 20                          |
| Wandstärke erste annahme [mm]                                      | 3008                        |
| Leitungsdurchmesser innen [mm]                                     | 1000                        |
| Schalldringwindigkeit [m/s]  | 40                          |
| Schließzeit für delta_Q [s]  | 125040                      |
| Durchfluss zum Zeitpunkt 0 [l/s]                                   | 4                           |
| Anzahl Leitungen [-]   | 0                           |
| Durchfluss am Ende nach $t_s$ [l/s]                                | 125040                      |
| Durchflussänderung [l/s]   | 4.40                        |
| Fließgeschwindigkeit zum Zeitpunkt 0 [m/s]                         | 4.40                        |
| Änderung der Fließgeschwindigkeit [m/s]                            | 2.320                       |
| Reflexionszeit [s]   | 4.640                       |
| Schwingungszeit [s]  | 4.640                       |
| $t_s$ schwingun  |                             |
| <b>Verschiedene Druckstofformeln abhängig von <math>t_s</math></b> |                             |
| Joukovsky-Stoß   | maximal möglicher Druckstoß |
| für  | nicht gültig                |
| dynamischer Druckanstieg   | delta_h [mW] 448            |
|  | delta_p [bar] 45.7          |
|  | delta_p [N/n] 4.57          |

**Michaud (auch als Allievi-Formel bez.)**

|   |  |
|---|--|
| für $t_{reflexion} < t_s < 10 \times t_{reflexion}$ | Reduktion Joukovsky-Stoß um Verlängerung der Schließzeit |
| dynamischer Druckanstieg                            | nicht gültig   |
|   | delta_h [mW] 26  |
|   | delta_p [bar] 2.7  |
|   | delta_p [N/n] 0.27                                       |

**Budau, Überschlagsrechnung nach Budeau**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| für                      | Wassersäule wird als Stankörper betrachtet, Integration der Bremskraft für Änderung des Impulses |
| dynamischer Druckanstieg | ok   |
|                          | delta_h [mW] 78  |
|                          | delta_p [bar] 8.0  |
|                          | delta_p [N/n] 0.80   |

**Starre Wasserstule**

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| für $t_s \gg t_{reflexion}$ | instationärer Term der Bernoulli-Gleichung |
| dynamischer Druckanstieg    | ok   |
|                             | delta_h [mW] 52                            |
|                             | delta_p [bar] 5.3                          |
|                             | delta_p [N/n] 0.53                         |

**ALLEGATO Nr. 8 – Carico di minima sommergenza sulle bocche di presa**

- Configurazione Nr. 1: corto circuito idraulico e utilizzo organo principale

| Ansatz nach Knauss (1987)  |       |  |          |  |  |  |  |
|--|-------|--|----------|--|--|--|--|
| (organo di scarico carico principale)  |       |  |          |  |  |  |  |
| $u_{lim}$ [m/s]  | 2.31  | velocità limite (aspirazione pesci e erosione del fondo)                               |          |  |  |  |  |
| $Q_{pomp}$ [m <sup>3</sup> /s]   | 75.25 | portata pompata  |          |  |  |  |  |
| $A$ [m <sup>2</sup> ]  | 32.58 | area sezione   |          |  |  |  |  |
| $a$ [m]  | 4.1   | altezza  |          |  |  |  |  |
| $b$ [m]  | 8.00  | larghezza  |          |  |  |  |  |
| $D$ [m]  | 6.4   | diametro equivalente   |          |  |  |  |  |
| $x$  | 1     | esponente $x=1$ per vortici liberi; $x=0.5$ per vortici forzati                        |          |  |  |  |  |
| $c$  | 2     | parametro $1 \leq c \leq 3$  |          |  |  |  |  |
| $Fr$ [-]   | 0.291 | Froude (diametro caratteristico) per corrente pompata                                  |          |  |  |  |  |
| $(h/D)_{cr}$   | 1.50  | sommergenza critica adimensionale  |          |  |  |  |  |
| $h_{cr}$ [m]   | 9.66  | sommergenza critica  |          |  |  |  |  |
| Ansatz nach Möller (Vortex_Induced_Air_Entrainment_Rates_at_Intakes_Möller_2015) |       |  |          |  |  |  |  |
| (organo di scarico carico principale)  |       |  |          |  |  |  |  |
| $u_{lim}$ [m/s]  | 2.31  | velocità limite (aspirazione pesci e erosione del fondo)                               |          |  |  |  |  |
| $Q_{pomp}$ [m <sup>3</sup> /s]   | 75.25 | portata pompata  |          |  |  |  |  |
| $A$ [m <sup>2</sup> ]  | 32.58 | area sezione   |          |  |  |  |  |
| $a$ [m]  | 4.1   | altezza  |          |  |  |  |  |
| $b$ [m]  | 8.00  | larghezza  |          |  |  |  |  |
| $D$ [m]  | 6.440 | diametro equivalente   |          |  |  |  |  |
| $Fr$ [-]   | 0.291 | Froude (diametro caratteristico) per corrente pompata vale per $0.26 \leq Fr \leq 1.2$ |          |  |  |  |  |
| $(h/D)_{cr}$   | 0.94  | sommergenza critica adimensionale  |          |  |  |  |  |
| $h_{cr}$ [m]   | 6.06  | sommergenza critica  | 0.290621 |  |  |  |  |

- Configurazione Nr. 2: corto circuito idraulico e utilizzo di entrambi gli organi

|  |        |  |          |  |  |  |  |
|--|--------|--|----------|--|--|--|--|
| $Q_{pomp}$ [m <sup>3</sup> /s]   | 75.25  |  |          |  |  |  |  |
| organo principale  | 0.500  |  |          |  |  |  |  |
| organo secondario  | 0.500  |  |          |  |  |  |  |
| Ansatz nach Knauss (1987)  |        |  |          |  |  |  |  |
| (organo di scarico carico principale)  |        |  |          |  |  |  |  |
| $u_{lim}$ [m/s]  | 2.31   | velocità limite (aspirazione pesci e erosione del fondo)                               |          |  |  |  |  |
| $Q_{pomp}$ [m <sup>3</sup> /s]   | 37.625 | portata pompata  |          |  |  |  |  |
| $A$ [m <sup>2</sup> ]  | 16.29  | area sezione   |          |  |  |  |  |
| $a$ [m]  | 4.1    | altezza  |          |  |  |  |  |
| $b$ [m]  | 4.00   | larghezza  |          |  |  |  |  |
| $D$ [m]  | 4.6    | diametro equivalente   |          |  |  |  |  |
| $x$  | 1      | esponente $x=1$ per vortici liberi; $x=0.5$ per vortici forzati                        |          |  |  |  |  |
| $c$  | 2      | parametro $1 \leq c \leq 3$  |          |  |  |  |  |
| $Fr$ [-]   | 0.346  | Froude (diametro caratteristico) per corrente pompata                                  |          |  |  |  |  |
| $(h/D)_{cr}$   | 1.50   | sommergenza critica adimensionale  |          |  |  |  |  |
| $h_{cr}$ [m]   | 6.83   | sommergenza critica  |          |  |  |  |  |
| Ansatz nach Möller (Vortex_Induced_Air_Entrainment_Rates_at_Intakes_Möller_2015) |        |  |          |  |  |  |  |
| (organo di scarico carico principale)  |        |  |          |  |  |  |  |
| $u_{lim}$ [m/s]  | 2.05   | velocità limite (aspirazione pesci e erosione del fondo)                               |          |  |  |  |  |
| $Q_{pomp}$ [m <sup>3</sup> /s]   | 37.625 | portata pompata  |          |  |  |  |  |
| $A$ [m <sup>2</sup> ]  | 18.35  | area sezione   |          |  |  |  |  |
| $a$ [m]  | 4.6    | altezza  |          |  |  |  |  |
| $b$ [m]  | 4.00   | larghezza  |          |  |  |  |  |
| $D$ [m]  | 4.834  | diametro equivalente   |          |  |  |  |  |
| $Fr$ [-]   | 0.298  | Froude (diametro caratteristico) per corrente pompata vale per $0.26 \leq Fr \leq 1.2$ |          |  |  |  |  |
| $(h/D)_{cr}$   | 0.99   | sommergenza critica adimensionale  |          |  |  |  |  |
| $h_{cr}$ [m]   | 4.77   | sommergenza critica  | 0.297688 |  |  |  |  |