Provincia di Brescia

Comune di Bienno

Comune di Prestine

IMPIANTO IDROELETTRICO "VASO RE' BIENNO"

sul canale artificiale esistente Vaso Re'

PROGETTO ESECUTIVO

Soggetto richiedente:

Comune di Bienno, Piazza Liberazione, 1 – 25040 Bienno (BS)
Tel. 0364 400 01 – Fax. 0364 406 610

25/03/2015	*PRIMA EMISSIONE*	*SOLIDeng*	0004	04	T0011
Data	*Descrizione dell'aggiornamento*	*ESTENSORE:*	*CODICE UNIVOCO ELAB.*		

Contenuto dell' elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE

Progettazione a cura dell'A.T.P. "G.S.R."

Mandataria capogruppo: Gruppo Ingegneria Energetica GIE s.r.l.
Via Creta, 31 25124 – Brescia
Codice fiscale e partita IVA: 030 23 580 982
Telefono e FAX: +39.(0)30.24.22.381 – info@gie-hydro.com

Mandante: SOLIDeng s.r.l.
Piazza Medaglie d'Oro, 3/G 25047 – Darfo Boario Terme (BS)
Codice fiscale e partita IVA: 035 02 170 982 – R.E.A.: BS-539523
Telefono e FAX: +39.(0)364.52.95.66 – info@solideng.it – protocollo@pec.solideng.it

Studio associato
ING.RI ROSSA
&
GEOM. PEDRETTI

Mandante: Ing. Rossa Ettore appartenente allo Studio associato Ing.ri Rossa & Geom. Pedretti
Via Pelabrocco – Condominio PERGOLA, 25043 Breno (BS) – ITALY
Telefono: +39.(0)364.22.747 – e-mail: rossa@g3informatica.it

I Progettisti:

II R.U.P.
(Comune di Bienno)

Sommario

Sommario....2
1 VERIFICA IDRAULICA OPERA DI PRESA DAL VASO RE'....3
1.1 Descrizione dell'opera di presa....3
1.1.1 Funzionamento durante fuori servizio prolungati del nuovo impianto....4
1.1.2 Funzionamento durante il normale esercizio del nuovo impianto....4
1.2 Verifica soglia sfiorante a quota 521.50 m. slm. rilascio notturno 50l/s....5
1.3 Verifica soglia sfiorante a quota 521.50 m. slm. rilascio diurno 100l/s....6
1.4 Verifica soglia sfiorante a quota 521.50 m. slm. funzionamento al 100% in bypass rilascio 350l/s....7
1.5 Verifica dello smaltimento delle portate sfiorate dallo stramazzo posto a quota 521.80m. slm.....8
1.6 Verifica del manufatto di presa in condizioni eccezionali....9
1.7 Verifica del funzionamento del dissabbiatore....10
1.8 Verifica del funzionamento ponte canale....11
2 VERIFICA DELLA CONDOTTA FORZATA NEI CONFRONTO DELLE SOVRAPPRESSIONI DA COLPO D'ARIETE....13

1 VERIFICA IDRAULICA OPERA DI PRESA DAL VASO RE'

Il Disciplinare di concessione 5093 del 30-10-13 consente una derivazione media di 275 l/s dal Vaso Re'.

Essendo garantita, per l'effetto del Disciplinare della grande derivazione "III salto", la presenza costante di 350 l/s, ne consegue un rilascio medio di 75 l/s.

A seconda delle modalità di modulazione delle portate definite in ambito di VIA si prevede un rilascio diurno di 100l/s e notturno di 50l/s.

1.1 Descrizione dell'opera di presa

La derivazione della portata richiesta, avviene direttamente dal canale artificiale Vaso Re' a valle del ponte canale. In tale zona è attualmente presente uno sfioratore laterale con luce 8.50 metri seguito 23 metri più a valle da una paratoia limitatrice che permette il contenimento della portata massima transitabile nel canale Vaso Ré. Grazie a questi dispositivi qualora provengano dal condotto di alimentazione del Vaso Ré portate eccessive esse vengono sfiorate e recapitate nell'alveo del Torrente Valle delle Valli.

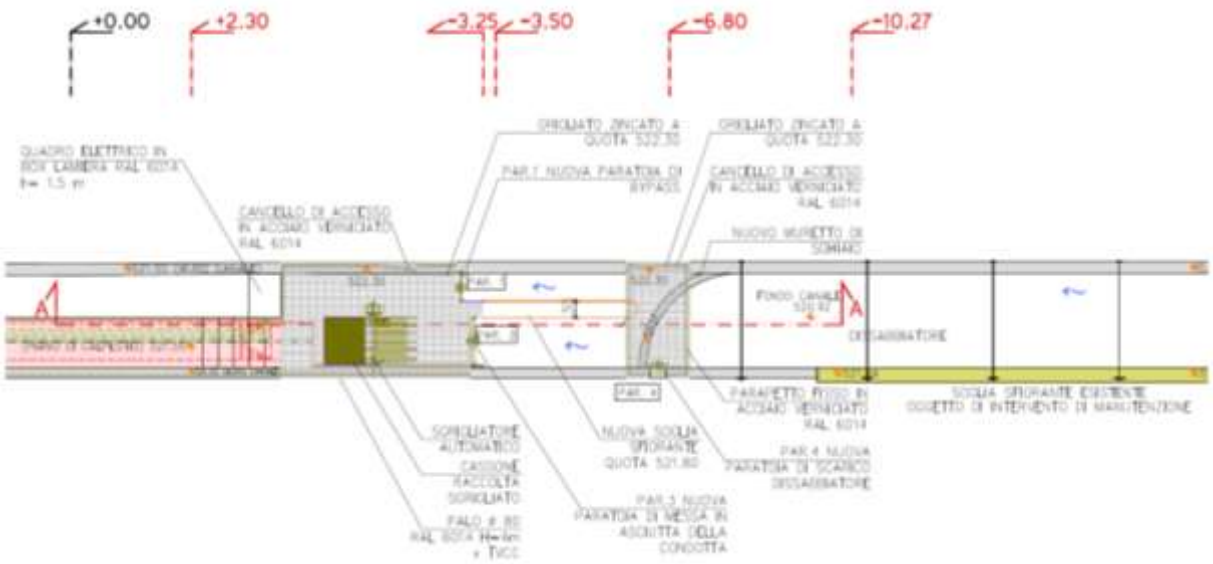
La nuova derivazione prevede di intervenire in corrispondenza della paratoia esistente mettendo in atto un sistema di regolazione delle portate destinate alla centrale di produzione e di quelle rilasciate nel Vaso Ré che sia in grado in ogni situazione di garantire il livello di sicurezza indipendentemente da strumentazioni automatizzate.

Saranno previste le seguenti paratoie aventi le seguenti funzioni:

- P1 paratoia manuale di by-pass
- P3 paratoia manuale di messa in asciutta della condotta
- P4 paratoia di scarico dissabbiatore

La paratoia P2 precedentemente prevista è stata eliminata in quanto risultata non necessaria alla regolazione delle portate transitanti.

Come si può vedere dalla seguente immagine (estratta dalla tavola grafica di progetto relativa alla presa) verranno predisposte 3 paratoie e uno sfioratore da realizzarsi all'interno del canale artificiale.



1.1.1 Funzionamento durante fuori servizio prolungati del nuovo impianto

La paratoia di bypass P1 viene APERTA in posizione CALIBRATA.

La paratoia di messa in asciutta della condotta P3 viene completamente CHIUSA.

La portata di 350 l/s transita attraverso P1 e procede verso valle. Nel caso in cui si registrino portate superiori a quella massima si attiverà lo sfioratore di guardia. La modalità di funzionamento è pressoché identica a quella oggi in atto

1.1.2 Funzionamento durante il normale esercizio del nuovo impianto

La paratoia di bypass P1 viene completamente CHIUSA.

La paratoia di messa in asciutta della condotta P3 viene completamente APERTA.

Il tratto di canale a monte delle paratoie invasa e sfiora a quota 521.80 attraverso la nuova soglia sfiorante inserita nel canale. La portata sfiorata transita verso il Vaso Re'.

Qualora provengano portate superiori a quella massima accettata dal sistema Vaso Re queste comporteranno un innalzamento del livello e l'attivazione dello sfioratore di guardia (quota 521.94 m.slm)

Attraverso la condotta viene attivato il prelievo di una quantità di acqua compresa nel range delle portate concesse e la turbina si autoregola sulla base della portata da prelevare e del livello presente a monte della griglia di presa. L'eccesso di portate costituito dalla differenza tra il valore di 350 l/s garantito dai manufatti presenti a monte (ripartitore portate presso vasca di carico "III Salto") ed il valore di prelievo istantaneo da parte della turbina viene mantenuto all'interno del Vaso Re' attraverso il transito sullo sfioro di BYPASS.

Nel caso di brevi fuori servizio della nuova turbina tutte le paratoie rimangono fisse nella medesima posizione. L'eccesso di portata diviene pari all'intera portata proveniente dal ponte canale. Sino a circa 400l/s (come al seguito spiegato) esso transita nel Vaso Re' grazie al sistema di BYPASS, eventuali portate superiori comportano come visto l'innesco dello sfioro di guardia che mantiene la sua funzione di limitare la massima portata che può essere immessa nel Vaso Re'.

1.2 Verifica soglia sfiorante a quota 521.50 m. slm. rilascio notturno 50l/s

Si calcola al seguito la quota raggiunta dal pelo libero a monte dello stramazzo in parete sottile.

Tale stramazzo è realizzato in carpenteria metallica con le seguenti caratteristiche e legge di efflusso:

Larghezza b = 6.00m

Quota soglia sfiorante: 521.80 m.slm.

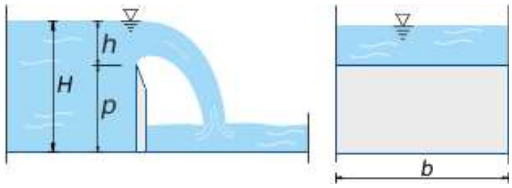
Fondo canale a monte: 521.02 m.slm.

Portata: 50l/s

b *=6.00 [m]*: larghezza della soglia

p *= 0.78 [m]*: altezza della soglia

μ: coefficiente di efflusso



$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

$$\mu = \left(0{,}405 + \frac{0{,}003}{h}\right) \cdot \left(1 + 0{,}55 \cdot \frac{h^2}{H^2}\right)$$

Dai calcoli si desume che, la portata in questione passa dallo stramazzo con un h=0.024 m.

La quota raggiunta dal pelo libero a monte dello stramazzo è dunque 521.82 m.slm.

1.3 Verifica soglia sfiorante a quota 521.50 m. slm. rilascio diurno 100l/s

Analogamente si calcola la quota del pelo libero a monte dello stramazzo, nelle condizioni di funzionamento diurno.

Larghezza b = 6.00m

Quota soglia sfiorante: 521.80 m.slm.

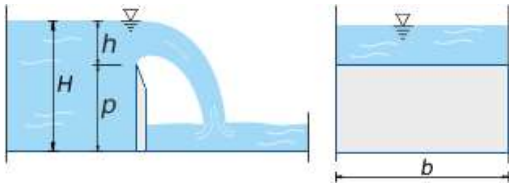
Fondo canale a monte: 521.02 m.slm.

Portata: 100l/s

b *=6.00 [m]*: larghezza della soglia

p *= 0.78 [m]*: altezza della soglia

μ: coefficiente di efflusso



$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

$$\mu = \left(0{,}405 + \frac{0{,}003}{h}\right) \cdot \left(1 + 0{,}55 \cdot \frac{h^2}{H^2}\right)$$

Dai calcoli si desume che, la portata in questione passa dallo stramazzo con un h=0.0395 m.

La quota raggiunta dal pelo libero a monte dello stramazzo è dunque 521.84 m.slm.

Non si attiva nemmeno in tali condizioni lo sfioro dalla soglia verso l'alveo della Valle delle Valli.

1.4 Verifica soglia sfiorante a quota 521.50 m. slm. funzionamento al 100% in bypass rilascio 350l/s

In questo caso si valuta il funzionamento del sistema in condizioni di funzionamento al 100% in bypass.

La portata che giunge alla presa deve poter fluire nel Vaso Re'.

Larghezza b = 6.00m

Quota soglia sfiorante: 521.80 m.slm.

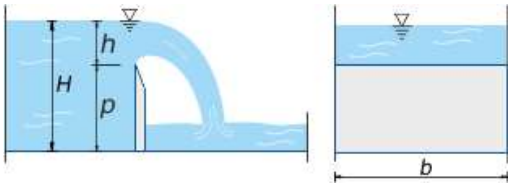
Fondo canale a monte: 521.02 m.slm.

Portata: 350l/s

b *=6.00 [m]*: larghezza della soglia

p *= 0.78 [m]*: altezza della soglia

μ: coefficiente di efflusso



$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

$$\mu = \left(0{,}405 + \frac{0{,}003}{h}\right) \cdot \left(1 + 0{,}55 \cdot \frac{h^2}{H^2}\right)$$

Lo stramazzo permette il passaggio della portata in questione con una quota del pelo libero a monte del manufatto posto a 521.896 m.slm.

La soglia sfiorante verso la Valle delle Valli posta a 521.97 dunque, nel caso descritto lo stramazzo consente il passaggio della portata con un franco di 7 cm.

1.5 Verifica dello smaltimento delle portate sfiorate dallo stramazzo posto a quota 521.80m. slm.

Le acque provenienti dallo stramazzo entrano in un bacino con fondo a quota 521.02 m.slm.

Di qui, le portate vengono convogliate verso il canale del Vaso Re' con un comportamento assimilabile ad uno stramazzo a parete larga con le caratteristiche sotto riportate.

Larghezza b = 0.30m

Quota soglia sfiorante: 521.02 m.slm.

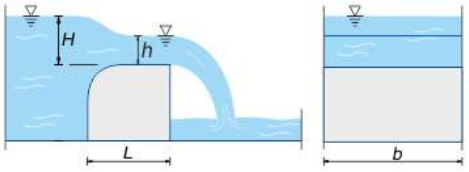
Fondo canale a monte: 521.02 m.slm.

Portata: 350l/s

b =larghezza della soglia

H = altezza del fluido indisturbato a monte della soglia

h *=2/3 H [m]: altezza della vena fluida sopra la soglia*



$$Q = 0{,}385 \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot H^{3/2} = 1{,}705 \cdot b \cdot H^{3/2}$$

La portata richiesta viene smaltita con un'altezza della vena fluida sopra la soglia di 0.77m ad una quota di 521.79 m.

1.6 Verifica del manufatto di presa in condizioni eccezionali

In condizioni eccezionali che superino portate di 400l/s, l'efficienza dello stramazzo e dello smaltimento delle portate da esso sfiorate si riduce evitando di convogliare portate eccedenti, eventualmente legate ad errori di regolazione del "Terzo salto", nel Vaso Re'.

Questa limitazione della portata impone un incremento della quota del pelo libero attivando lo sfioro verso la Valle delle Valli che garantisce lo smaltimento delle eccedenze.

Pertanto, considerando come massima portata i 400l/s sopra detti, parte conclusiva di tale verifica riguarda il controllo che il canale del vaso Re', sia in grado di smaltirla con tiranti idrici accettabili.

La sezione caratterizzata dalla maggior resistenza idraulica ha larghezza b= 0.76m, altezza h= 0.58m e pendenza 2.25%.

Tale restrizione, rispetto a quanto previsto in VIA, è legata al posizionamento della condotta, precedentemente prevista all'esterno, entro il canale.

Le pareti del canale verranno risanate a mezzo di una malta elastica bicomponente. Si considera cautelativamente una scabrezza secondo Strickler di 75 $m^{1/3}$ s^{-1}.

La scala delle portate sotto evidenzia come tiranti idrici dell'ordine dei 20 cm consentano di convogliare portate superiori a quanto richiesto. Si ritiene pertanto la verifica soddisfatta.

Andamento della Scala delle Portate per la Sezione prescelta
(Calcoli con TOLLERANZE pari ad 1/1000 della portata)

H0 (m)	Q (mc/s)	Area (mq)	R (m)	V (m/s)	Tol (l/s)
0.039	0.035	0.029	0.035	1.206	0.035
0.077	0.106	0.059	0.064	1.805	0.106
0.116	0.198	0.088	0.089	2.240	0.198
0.155	0.303	0.118	0.110	2.582	0.303
0.193	0.420	0.147	0.128	2.859	0.420
0.232	0.545	0.176	0.144	3.091	0.545
0.271	0.677	0.206	0.158	3.289	0.677
0.309	0.813	0.235	0.171	3.459	0.813
0.348	0.954	0.264	0.182	3.608	0.954
0.387	1.099	0.294	0.192	3.740	1.099
0.425	1.247	0.323	0.201	3.856	1.247
0.464	1.397	0.353	0.209	3.961	1.397
0.503	1.549	0.382	0.216	4.055	1.549
0.541	1.703	0.411	0.223	4.140	1.703
0.580	1.859	0.441	0.230	4.218	1.859

1.7 Verifica del funzionamento del dissabbiatore

A monte dell'opera di presa è realizzato un setto in ca con sommità a quota 521.27m. slm..

Tale elemento ha lo scopo di fermare le particelle trasportate dalla corrente che per effetto del loro moto vengono ad accumularsi sul fondo del canale.

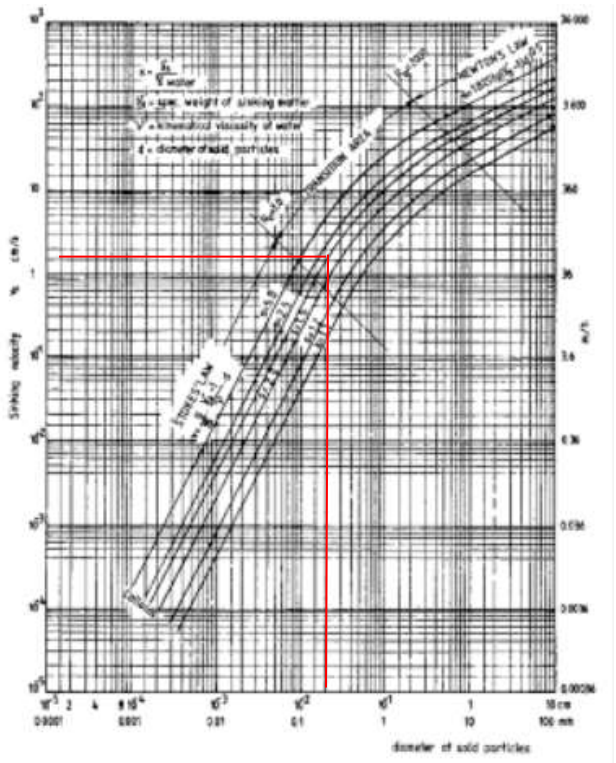
L'obiettivo prefissato risulta essere quello di non consentire il passaggio alle particelle di dimensione superiore agli 0.2mm che potrebbero danneggiare gli impianti a valle.

Considerando la condizione di portata pari a 350l/s, a monte dell'opera di presa il canale ha larghezza pari ad 1.80m. La quota del pelo libero risulta posta a 521.80 m s.l.m.

Pensando al moto della particella trasportata come composizione di una componente legata al flusso dell'acqua ed una connessa all'affondamento della particella sotto l'azione del peso proprio, si stima la lunghezza minima del dissabbiatore come: $L > h\, v/v_s$.

Il caso più gravoso risulta quello in cui il dissabbiatore sia pieno di depositato e si debba procedere alla sua pulizia. In tale condizione l'altezza disponibile per il convogliamento della portata si riduce imponendo un incremento della velocità che assume valore pari a 0.366m/s =v.

Invece v_s rappresenta la velocità di affondamento desunta grafico a seguito riportato incrociando il diametro delle particelle in analisi (d= 0.2mm) con il rapporto (γS / γW) fra peso specifico del materiale base del trasportato con quello dell'acqua. Assumendo quest'ultimo rapporto γS / γW = 25 si ottiene v_s = 0.02m/s.



Dunque la lunghezza minima del dissabbiatore risulta:

$L > h\ v/v_s = (0.53m * 0.366m/s) /0.02m/s = 9.70m.$

Il tratto di canale a monte ha lunghezza superiore dunque il dissabbiatore è considerato correttamente dimensionato.

1.8 Verifica del funzionamento ponte canale

La portata che giunge alla presa, è garantita per l'effetto del Disciplinare della grande derivazione "III salto". Come già detto, tale portata è di 350l/s.

In questo capitolo si considera la verifica degli effetti che il posizionamento del sistema di presa hanno sulle portate che giungono dal ponte canale. In altri termini si va a calcolare se, l'incremento di quota del pelo libero alla presa vada a ripercuotersi sulla quota di pelo libero in corrispondenza del manufatto del "III salto" e in tal caso se tale effetto possa alterare la portata convogliata al Vaso Re'.

Lo schema idraulico di riferimento viene valutato nell'ipotesi di quota di pelo libero a livello della vasca di carico del nuovo impianto pari a 521.94 m. slm. : livello di incipiente sfioro verso la Valle delle Valli.

Dagli elaborati progettuali della grande derivazione "III salto", si desume che, il ponte canale e lo sfioratore che regola la portata verso il Vaso Re' hanno le seguenti caratteristiche:

Larghezza	b = 0.80m
Altezza	h = 1.20
Pendenza	i = 0.226%
Lunghezza del canale	L=242.85m
Scabrezza	ks = 70 $m^{1/3}$ s^{-1}.
Portata:	350l/s

Quota soglia sfiorante Valle delle Valli	521.94 m.slm.
Quota soglia sfiorante vasca "III salto"	522.42m. slm.

```
CARATTERISTICHE DEL PROFILO DA ESEGUIRE:
Canale con pendenza       :              DEBOLE
Profilo tipo              :              D1
Tipo di corrente          :              LENTA
Segno del Delta h         :              -
Calcolo del profilo verso :              MONTE
Altezza di partenza       :     0.850
Altezza limite di arrivo  :     0.388
Massima possibile altezza :     1.200
```

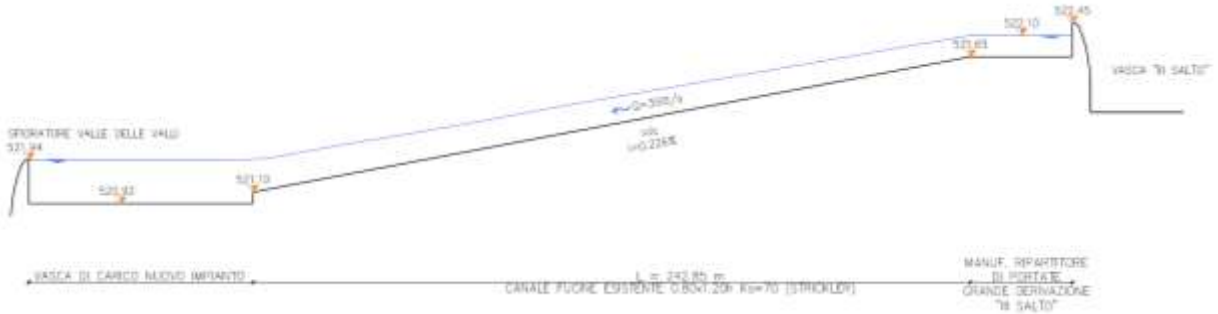
PROFILO DI PELO LIBERO

DS (m)	SUMDS (m)	h (m)	Energia (m)	Spinta (kg)
0.00	0.00	0.850	0.864	3.074E+02
-4.97	-4.97	0.840	0.854	3.008E+02
-4.98	-9.95	0.830	0.844	2.944E+02
-5.00	-14.95	0.820	0.835	2.880E+02
-5.02	-19.97	0.810	0.825	2.817E+02
-5.04	-25.01	0.800	0.815	2.755E+02
-5.06	-30.07	0.790	0.806	2.694E+02
-5.08	-35.16	0.780	0.796	2.634E+02
-5.11	-40.26	0.770	0.786	2.574E+02
-5.13	-45.40	0.760	0.777	2.516E+02
-5.16	-50.56	0.750	0.767	2.458E+02
-5.19	-55.75	0.740	0.758	2.401E+02
-5.22	-60.96	0.730	0.748	2.346E+02
-5.25	-66.22	0.720	0.739	2.291E+02
DS (m)	SUMDS (m)	h (m)	Energia (m)	Spinta (kg)
-5.29	-71.50	0.710	0.729	2.236E+02
-5.32	-76.82	0.700	0.720	2.183E+02
-5.36	-82.18	0.690	0.710	2.131E+02
-5.40	-87.59	0.680	0.701	2.079E+02
-5.45	-93.04	0.670	0.692	2.029E+02
-5.50	-98.53	0.660	0.682	1.979E+02
-5.55	-104.08	0.650	0.673	1.930E+02
-5.61	-109.69	0.640	0.664	1.882E+02
-5.67	-115.36	0.630	0.655	1.836E+02
-5.74	-121.10	0.620	0.645	1.790E+02
-5.81	-126.91	0.610	0.636	1.744E+02
-5.89	-132.80	0.600	0.627	1.700E+02
-5.98	-138.78	0.590	0.618	1.657E+02
-6.08	-144.87	0.580	0.609	1.615E+02
-6.19	-151.06	0.570	0.600	1.574E+02
DS (m)	SUMDS (m)	h (m)	Energia (m)	Spinta (kg)
-6.32	-157.37	0.560	0.591	1.533E+02
-6.45	-163.83	0.550	0.582	1.494E+02
-6.61	-170.44	0.540	0.573	1.456E+02
-6.79	-177.23	0.530	0.565	1.418E+02
-7.00	-184.23	0.520	0.556	1.382E+02
-7.24	-191.47	0.510	0.548	1.347E+02
-7.52	-198.99	0.500	0.539	1.312E+02
-7.86	-206.84	0.490	0.531	1.279E+02
-8.26	-215.11	0.480	0.522	1.247E+02
-8.77	-223.87	0.470	0.514	1.216E+02
-9.40	-233.28	0.460	0.506	1.186E+02
-9.57	-242.85	0.451	0.498	1.157E+02

Dal calcolo del profilo si desume che, in corrispondenza del manufatto di ripartizione delle portate la quota del pelo libero si attesta al valore di 522.10 m. slm. inferiore al valore di quota necessario all'attivazione dello sfioratore verso la vasca di carico della grande derivazione "III salto" (522.45 m. slm.).

Pertanto si ritiene la verifica soddisfatta.

Al seguito si riporta lo schema idraulico riassuntivo di tale porzione di manufatti



2 VERIFICA DELLA CONDOTTA FORZATA NEI CONFRONTO DELLE SOVRAPPRESSIONI DA COLPO D'ARIETE

Fase importante delle verifiche della condotta in pressione è la valutazione delle sovrappressioni e depressioni che possono essere indotte in modo accidentale o voluto tramite manovre effettuate sugli organi di regolazione. Nelle valutazioni riportate al seguito si effettuerà la valutazione di tali sovrappressioni tramite la formula di Allevi-Michaud atta alla stima di tali valori in caso di manovre lente e nell'ipotesi di assenza di perdite di carico.

Affinché una manovra possa definirsi lenta il tempo necessario a portare, con l'azionamento degli organi di manovra ad azzerare la portata transitante deve essere: $Tm > T0 = 2L/c$

Ove L rappresenta la lunghezza della condotta e c la celerità di propagazione delle perturbazioni.

Tralasciando la trattazione del problema si riportano direttamente i risultati in termini di sovrappressione massima rilevabile nel caso previsto di Tm= 60s.

Il Tm = 60 è garantito dalla tipologia di valvola di macchina da installare che sarà munita di attuatore oleodinamico con limitatore di flusso dell'olio atto a garantire un tempo di chiusura non inferiore a Tm.

Essendo il tempo critico T0= 2.4s, appare valido l'utilizzo della formula sopra citata ed al seguito riportata.

Per semplicità il calcolo è stato sviluppato ipotizzando che la condotta sia realizzata con una tubazione di diametro e sezione costante. In realtà tali caratteristiche sono variabili.

La condizione più gravosa per tale fenomeno pare quella con condotta DN 500 sp 6.3mm.

$\Delta hL = \pm (2\ L\ V0)/(g\ Tm) = \pm 6.8$ m H2O

Rapportando dunque la massima pressione così incrementata con quella in condizione i idrostatiche, si rileva un coefficiente amplificativo di 1.06.

Dati tubazione		
Diametro :	mm	500
Spessore:	mm	6,3
lunghezza L:	m	1300
Tempo di manovra		
Tm	s	60
T0	s	2,4
Pressioni		
Pressione di esercizio:	m H2O	113.3
Δh colpo d'ariete	m H2O	6,8
Pressione totale	m H2O	120.1
Press tot/Press es	-	1,06

Le verifiche strutturali della condotta, nei confronti del colpo d'ariete riportate nella relazione di calcolo delle strutture, saranno valutate con un coefficiente amplificativo forfettario pari a 1.5.