Manifattura del Turchino s.p.a.
piazza della Vittoria n.7-4
16121 G E N O V A

AUTORIZZAZIONE UNICA PER COSTRUZIONE
DI IMPIANTO IDROELETTRICO AD ACQUA FLUENTE
IN COMUNE DI BORZONASCA (GENOVA)

DOMANDA DI CONCESSIONE DI DERIVAZIONE DI ACQUA PUBBLICA
AD USO IDROELETTRICO
DAI TORRENTI STORTO, CERESOLE E PORAGINE
IN COMUNE DI BORZONASCA (GENOVA)

RELAZIONE DI CALCOLO

RELATIVO ALLA PORTATA DI PIENA

CON TEMPO DI RITORNO DI 200 ANNI

Studio Tecnico
dr.ing. Aldo Galleti
contrada di Borgoratto, 2
290022 BOBBIO (PC)

tel.+fax: 0523 936182

Firmato da
Galleti Aldo

PREMESSA

La presente relazione è allegata alla domanda di autorizzazione unica per la realizzazione di un impianto idroelettrico in comune di Borzonasca (GE), loc. Zanoni e alla domanda di concessione di derivazione di acqua pubblica dai torrenti r.Storto, f.so Ceresole e f.so Poragine collegata. Il progetto intende attivare un impianto idroelettrico ad acqua fluente, mediante la costruzione di tre piccole traverse per captare le acque dei torrenti e incanalarle in condotte di adduzione fino all'edificio di nuova costruzione, contenente le macchine per la produzione di energia, in prossimità del t.Penna, al quale sono restituite integralmente.

Si seguono le indicazioni della D.G.R.n.357/2008, All.2 delle N.T.A del Piano di Bacino relativa al rischio idrogeologico, Ambito 16 (Bacino Entella).

Le ipotesi adottate per lo studio e le condizioni sono le seguenti:

1- geometria delle sezioni desunte da rilievi sul posto;
2- sezioni idrauliche perpendicolari al fondo corrispondenti alle verticali, trascurando le differenze dovute alla presenza di pendenza del fondo;
3- sezioni idrauliche non compatte, con scabrezza unica, tenendo conto delle irregolarità locali e del moto turbolento mediante il coefficiente $\alpha = 1.1$
4- legame biunivoco nel caso di moto uniforme tra portata Q e profondità y:

$Q = K_s * A * R^{2/3} * i^{1/2}$

dove: A = area della sezione bagnata
K_s = coefficiente di Strickler, tenente conto anche di effetti dissipativi della corrente = = 1/25
R = raggio bagnato della sezione = A/C, con C = contorno bagnato
i = pendenza del fondo

5- valore della energia specifica $E = z + y + \alpha * v^2/2g$

dove: z = quota del fondo della sezione
v = velocità media delle acque nella sezione
g = accelerazione di gravità = 9.81 m/s^2

Di conseguenza tra sezioni limitrofe viene ipotizzata la costanza dell'energia:

$E = z_1 + y_1 + \alpha v_1^2/2g = z_2 + y_2 + \alpha v_2^2/2g + h_f$

dove: z_i = quota del fondo delle sezioni
y_i = profondità dell'acqua
v_i = velocità media dell'acqua nelle sezioni
α = coefficiente per moto turbolento della corrente = 1.1
h_f = perdite idrauliche tra le sezioni, aumentate del coefficiente 1.1 per la formazione di vortici, con d pari alla distanza tra le sezioni = $1.1*d*(k_s*v_m/R_m^{2/3})^2$
k_s = coefficiente di Strikcler-Manning = 25 come indicato dal Regolamento Regionale

5- numero di Froude F della sezione: $F^2 = v^2/g*y$; $F = v/\sqrt{g*y}$
6- pendenza critica del fondo $i_{cr} = g/k_s^2 = 0.0157$ con $k_s = 25$
7- presenza di condizioni al contorno esterne dovute a salti idraulici e impedimenti diffusi presenti lungo sul fondo e sulle pareti
8- utilizzazione di formule classiche dell'idraulica per i calcoli necessari
9- determinazione della sezione di controllo nella quale si forma uno stato critico idraulico.

Ottenuto l'andamento del pelo libero delle acque di piena prima e dopo i lavori, si verifica la compatibilità delle opere di progetto nei riguardi delle norme della D.G.P.

1- RIO STORTO

Nell'All.C della D.G.P. si rileva che la sezione di calcolo PN15 sul t.Penna (rio Storto) è posta a valle del punto nel quale viene inserita la traversa di presa. Riporta i dati della tabella seguente:



Estratto dall'All.C, Piano di Bacino del f.Entella

Piano di bacino Ambito 16 — Verifiche idrauliche di tipo puntuale - bacino Entella-Sturla

SCHEDA VERIFICA IDRAULICA DI TIPO PUNTUALE

Codice	**P*19P13**
Bacino principale:	Entella
Corso d'acqua:	Storto
Sottobacino:	Penna
Sezione idraulica di riferimento:	PN15

Tempo di ritorno		T	50	200	500	Curva Inviluppo
Portata	[m³/s]	Q	46	81	119	-
Larghezza di calcolo	[m]	b0	11.0	11.0	11.0	-
Larghezza sezione ristretta	[m]	b	11.0	11.0	11.0	-
Luce libera netta	[m]	H	11.7	11.7	11.7	-
Rapporto di restringimento		r	1.00	1.00	1.00	-
Numero di Froude limite		FL	1.00	1.00	1.00	-
Coefficiente di forma delle pile		K	1.000	1.000	1.000	-
Altezza pelo libero a monte	[m]	Y	1.2	1.8	2.3	-
Velocità media	[m/s]	V	3.4	4.2	4.7	-
Carico specifico	[m]	E	1.8	2.7	3.4	-
Numero di Froude		Fr	1.0	1.0	1.0	-
Area	[m²]	A	13.3	19.4	25.1	-
Perimetro bagnato	[m]	P	13.4	14.5	15.6	-
Raggio idraulico	[m]	R	1.0	1.3	1.6	-
Profondità critica	[m]	Yc	1.2	1.8	2.3	-
Franco*	[m]	f	10.5	9.9	9.4	-
Verificata			**SI**	**SI**	**SI**	-

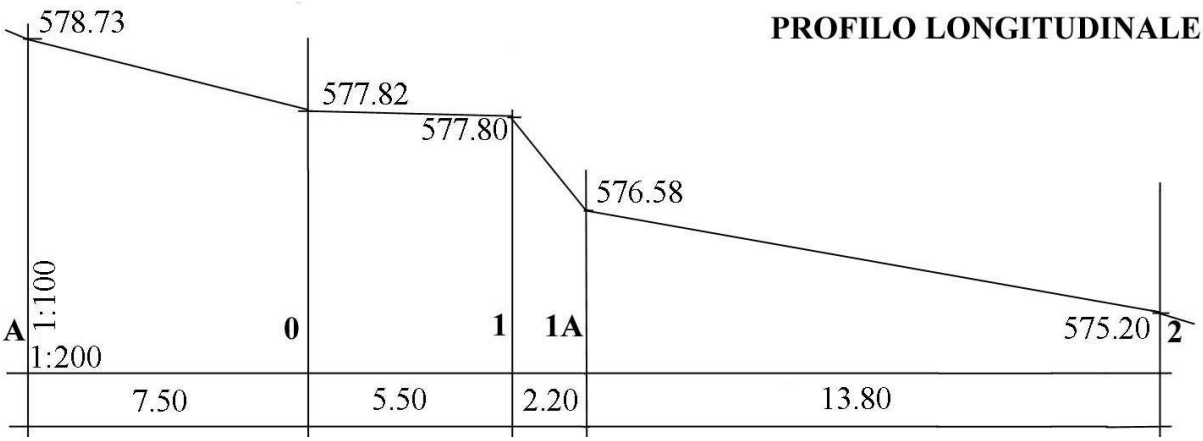
Approvato con D.C.P. n. 8 del 01-03-2006 — Pagina 33 di 44

Tabella della verifica idraulica

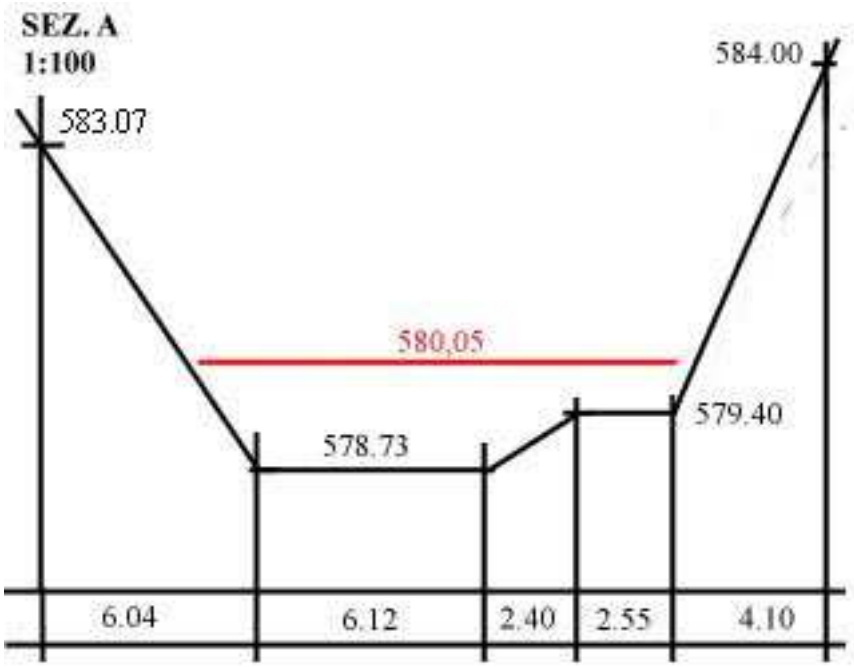
Da quella si desume che la portata con tempo di ritorno di 200 anni alla sezione di presa sul rio Storto vale prudenzialmente Q = 81 m^3/s, essendo situata a monte del punto di rilievo.

A- situazione prima dei lavori

Il profilo longitudinale del tratto indagato, relativo alla posizione della traversa di presa sul rio Storto è riportato nella figura seguente. Prende inizio dalla sez.A presente a monte.



Sulla sezione A a monte della brusca variazione di pendenza della sez.1 viene calcolata la profondità sotto moto uniforme e quindi la stabilizzazione del moto nella sez.0.



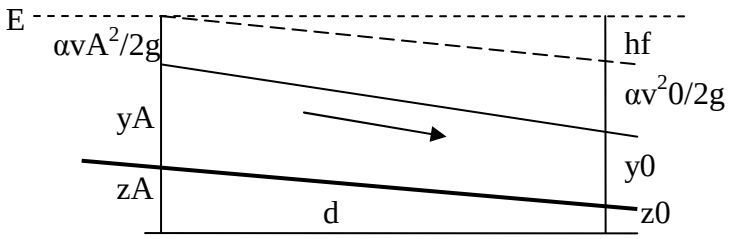
In A risultano:
y = profondità = 1.32 m
v = velocità media = 5.88 m/s
A = area della sezione bagnata = 13.79 m^2
R = raggio idraulico = 0.78 m
ycr = profondità critica = 1.53 m
livello sotto piena = 580.05 m s.l.m., moto supercritico.

L'andamento del pelo libero della corrente tra la sez.A e la sez.0 viene calcolato tenendo conto del moto permanente monodimensionale, sotto l'ipotesi del mantenimento dell'energia totale E:

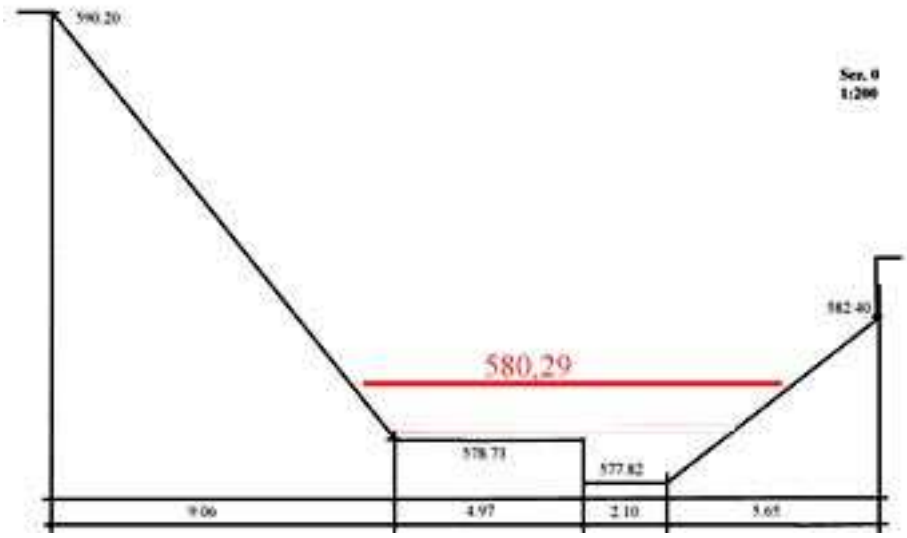
$$E = zA+hA+\alpha*vA^2/(2*g) = z0+h0+\alpha*v0^2/(2*g)+hf \qquad (*)$$

dove: hf = perdite energetiche = $d*\{1/k_s*[(vA+v0)/2]/[(RA+R0)/2]^{2/3}\}^2$,

z = dislivello tra il fondo delle sezioni = zA-z0
d = distanza tra le sezioni

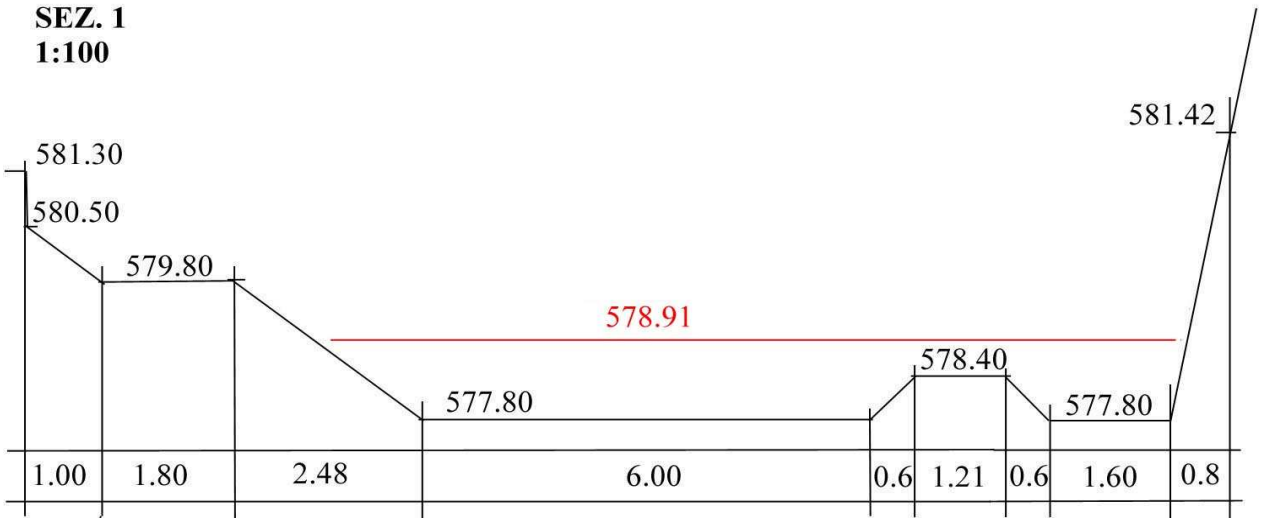


Effettuando i calcoli relativi, innalzando la quota y0 fino al soddisfacimento dell'equaz. (*) vista sopra si ricava nella sez.0 (schema seguente), con d = 7.5 m:



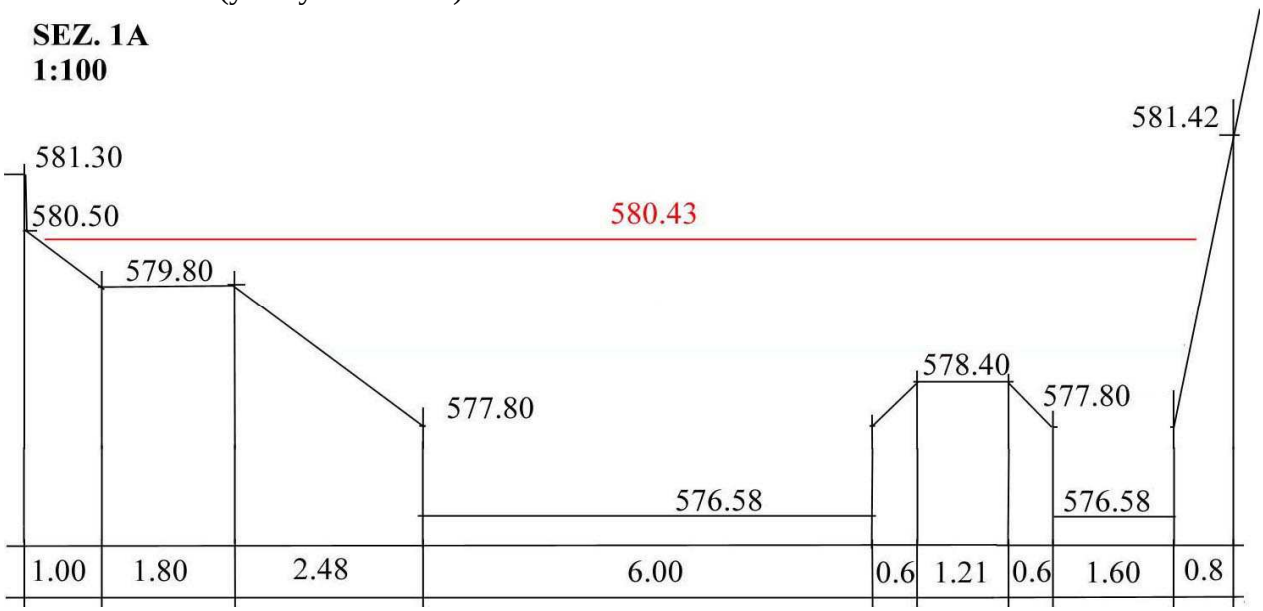
y = profondità sul fondo = 2.47 m
v = velocità media = 4.86 m/s
A = area della sezione bagnata = 16.65 m^2
R = raggio idraulico = 1.19 m
ycr = profondità critica = 1.80 m
hf = perdite = 0.37 m
livello sotto piena = 580.29 m s.l.m., moto subcritico.

Nella sez.1, riportata sotto, ripetendo il calcolo sopra indicato (costanza dell'energia totale), d = distanza dalla sez.0 = 5.5 m:



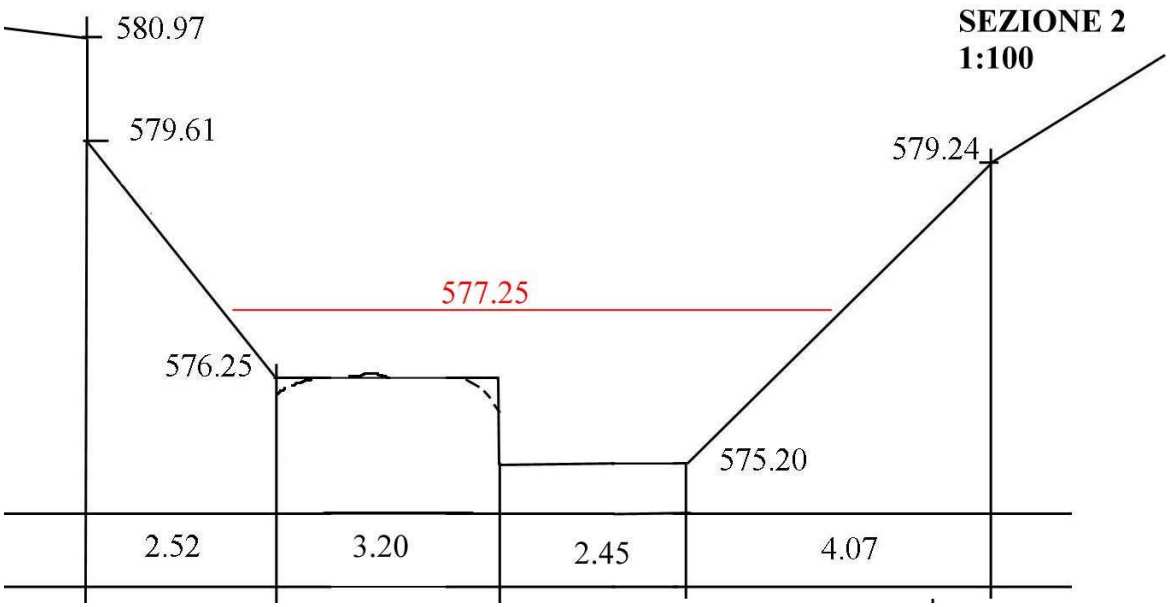
y = profondità sul fondo = 1.11 m
v = velocità media = 6.56 m/s
A = area della sezione bagnata = 12.35 m^2
R = raggio idraulico = 0.92 m
ycr = profondità critica = 1.71 m
livello sotto piena = 578.91 m s.l.m., moto supercritico.

A valle della sez.1, nella sez.1A con caratteri analoghi alla sez.1, il profilo presenta una brusca pendenza sulla quale si forma si forma un salto di Bidone (cfr. Chow, Open Channels Hydraulics, 15.10): infatti con i dati:
h = salto idraulico presente = 1.22 m
v1 = velocità nella sezione 1 = 6.56 m/s
y1 = profondità nella sez.1 = 1.11 m
g = accelerazione di gravità = 9.81 m/s^2
F = numero di Froude = $v1/\sqrt{g*y1} = 6.56/\sqrt{9.81*1.11} = 1.98$,
si ha: h/y1 = 1.22/1.11 = 0.98; quindi da tab.15.14:
y3/y1 = 3.50
si ricava il risalto y3 = y1*3.50 = 1.11*3.5 = 3.85 m, pari a +1.52 m rispetto alla quota del livello sulla sez.1 (y3-h-y1 = 1.52 m).



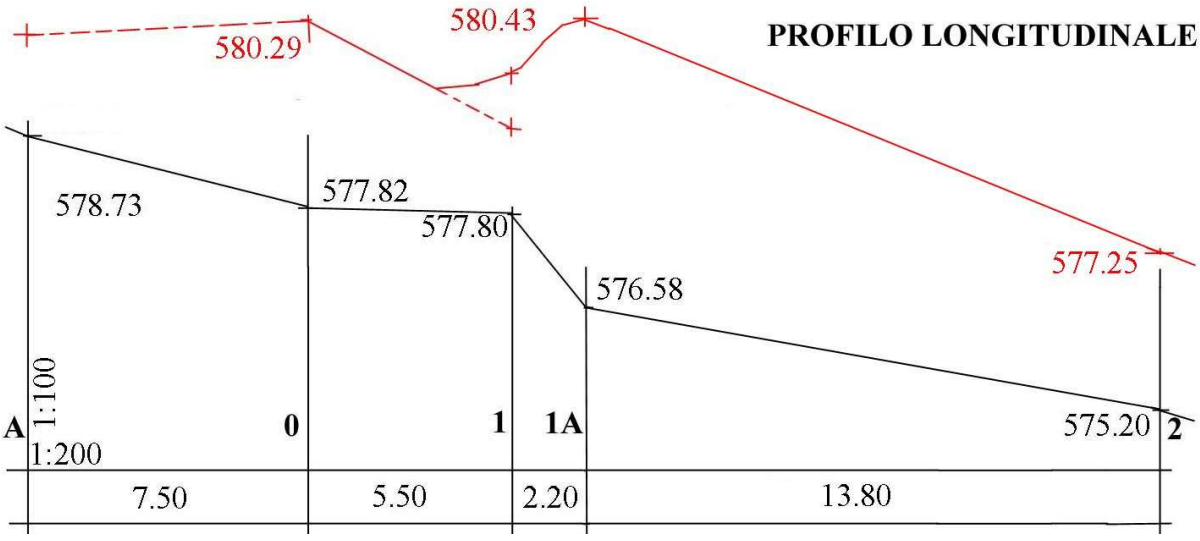
con i caratteri:
z1 = quota di fondo = 576.58
y1A = y3 = profondità = 3.50 m
A1A = sezione bagnata = 48.84 m^2
v1A = velocità media = 1.66 m/s
R1A = raggio bagnato = 2.31 m
quota del pelo libero: 580.43, moto subcritico

L'andamento del pelo libero della corrente tra la sez.1A e la sez.2 viene calcolato tenendo conto del moto permanente monodimensionale, con ipotesi del mantenimento dell'energia totale E costante
$E = z1+y1+\alpha*v1^2/(2*g) = y2+\alpha*v2^2/(2*g)+hf$
dove: $hf = \text{perdite energetiche} = d*\{1/k*[(v1A+v2)/2]/[(R1A+R2)/2]^{2/3}\}^2$,
z1 = 0.72 m; z3 = 0
d = 13.8 m



Con i calcoli relativi si ricavano:
y2 = profondità sul fondo = 2.05 m
v2 = velocità media = 7.25 m/s
A2 = area della sezione bagnata = 11.17 m^2
R2 = raggio bagnato = 1.02 m
hf = 0.21 m
ycr = altezza critica = 2.07
livello sotto piena = 575.20+2.05 = 577.25, moto supercritico

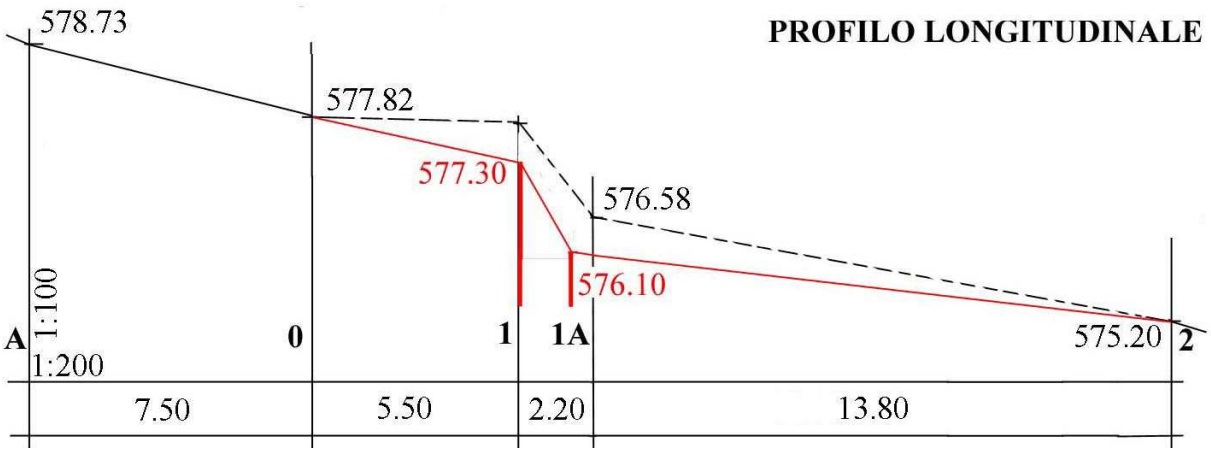
Il profilo longitudinale con i livelli toccati in caso di piena Q = 81 m^3/s risulta:



E' verificata la piena sicurezza delle sponde nei riguardi di possibili esondazioni.

B- Dopo i lavori di progetto

I lavori prevedono l'inserimento della traversa appena a valle della sez.1 del profilo. Si ipotizza per i calcoli che il paramento di monte della briglia di presa venga interrato ad opera del trasporto solido del rio.



Anche in questo caso sulla sez.1 si forma uno stato critico a seguito della repentina variazione della pendenza del fondo con altezza h = 1.2 m.

La sez.1 con la presa prevista dal progetto è la seguente.

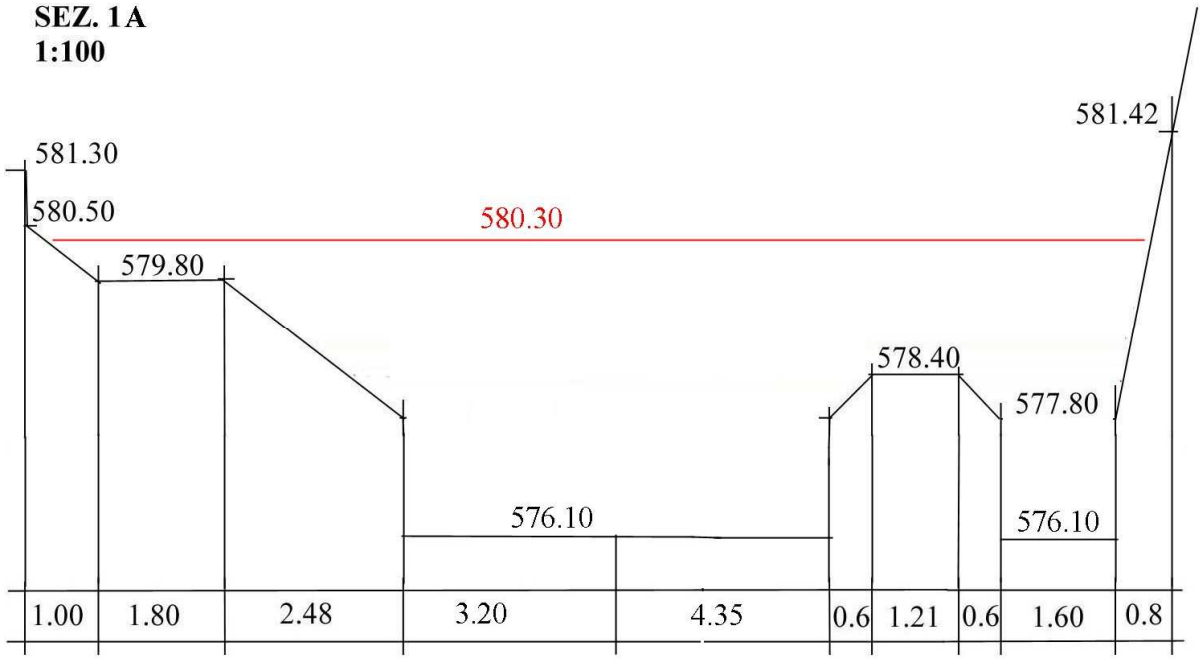


Nella sez.1, riportata sotto, ripetendo il calcolo sopra indicato (equaz. (*), costanza dell'energia totale), d = distanza dalla sez.0 = 5.5 m, si ottengono:

y = profondità sul fondo = 1.09 m
v = velocità media = 7.13 m/s
A = area della sezione bagnata = 11.37 m^2
R = raggio idraulico = 0.70 m
ycr = profondità critica = 1.77 m
livello sotto piena = 578.39 m s.l.m., moto supercritico.

Ripetendo il tipo di calcolo sopra visto si ottengono, nella sez.1A, con caratteri analoghi alla sez.1 e aumento di altezza di 1.2 m pari al salto, si forma il salto di Bidone, dovuto alle caratteristiche (cfr. Chow, op.cit.):

h = salto idraulico = 1.2 m
y1 = profondità nella sez.1 = m 1.09
F = numero di Froude = v1/√g*y1 = 2.17
h/y1 = 1.09/1.2 = 1.10: quindi da tab.15.14: y1A/y1 = 3.85



si ricava il risalto y1A

y1A = y1*3.85 = 1.09*3.85 = 4.20 m,

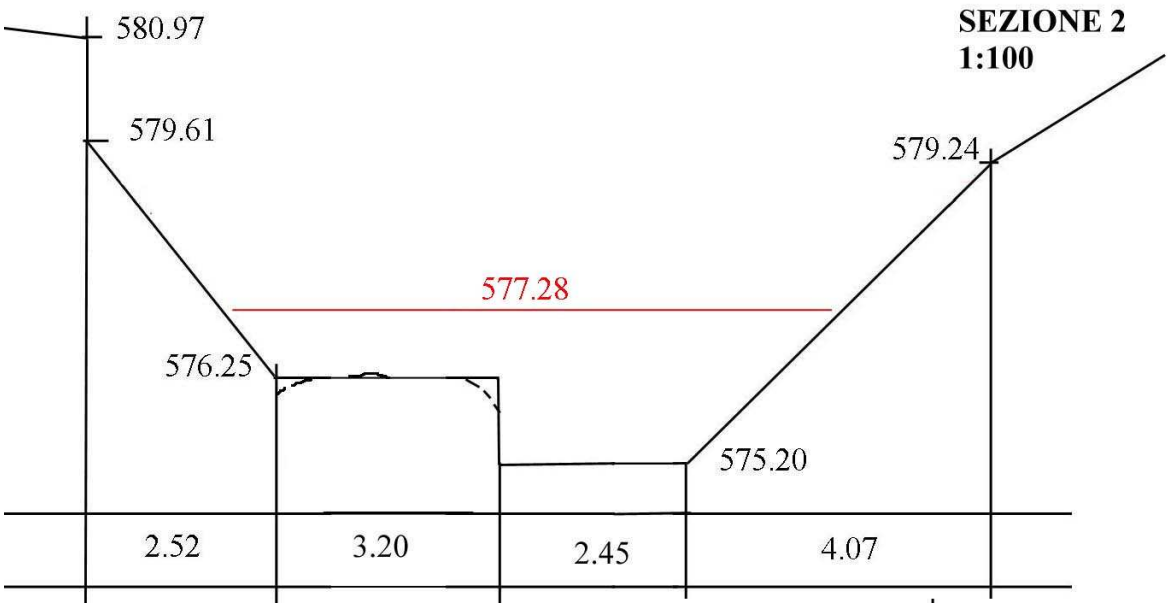
pari a +1.91 m rispetto alla quota del livello sulla sez.1 (y1A-h-y1 = 4.2-1.2-1.09 = 1.91 m).

Nella sez.1A si hanno:
z = quota di fondo = 576.10
y1A = profondità = 4.20 m
A1A = sezione bagnata = 51.94 m^2
v1A = velocità media = 1.56 m/s
R1A = raggio bagnato = 2.25 m
quota toccata: 580.30, con moto subcritico

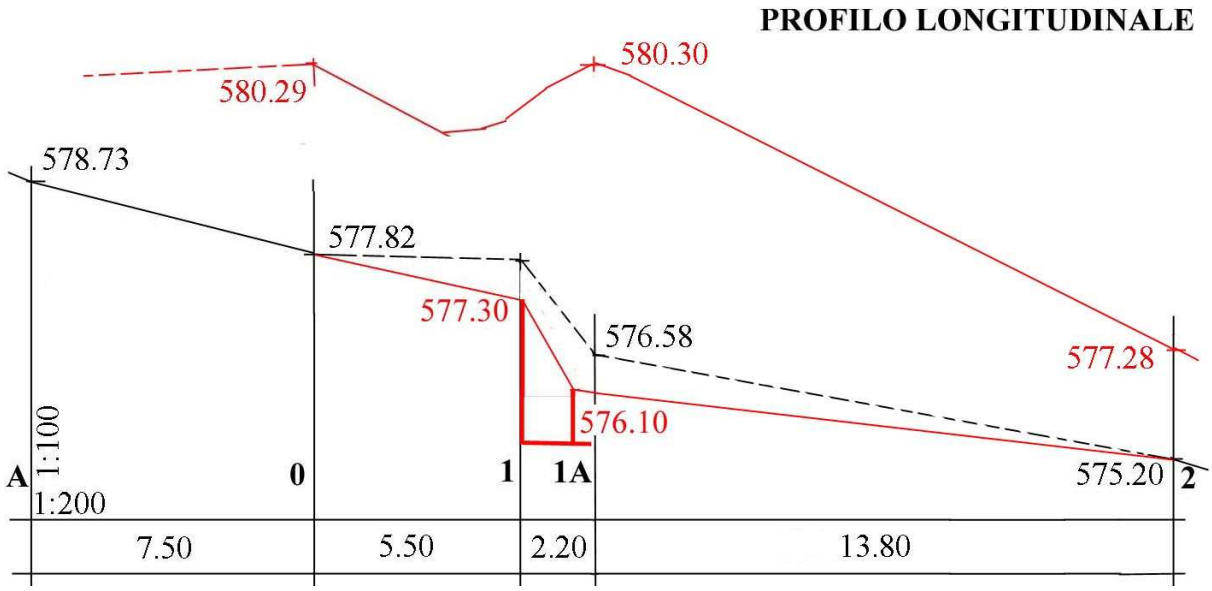
L'andamento del pelo libero della corrente tra la sez.1A e la sez.2 viene calcolato con il moto permanente monodimensionale, utilizzando le formule sopra viste, con d = 14 m. Effettuando i calcoli relativi, sotto la piena con portata Q = 81 m^3/s, dopo i lavori, nella sez.2:

y2' = profondità sul fondo = 2.08 m
v2' = velocità media = 7.39 m/s
A2' = area della sezione bagnata = 10.95 m^2
R2' = raggio bagnato = 1.00 m
hf = 0.22 m
ycr = altezza critica = 2.10 m
quota sul fondo = 577.28 m s.l.m., moto supercritico

Si verifica che alla sez.2 si ripetono all'incirca i valori già trovati per la stessa sezione prima dei lavori, senza pericoli di esondazione sulle sponde esistenti.



Non si hanno quindi variazioni di rilievo nel moto dell'acqua di piena con l'inserimento della briglia di presa nell'alveo del torrente.



Questo risultato può essere anche ottenuto senza calcoli mediante l'esame della sezione longitudinale del corso d'acqua, nel quale si rileva che la sommità della briglia è inferiore alla quota del fondo di alveo presente a monte della stessa.

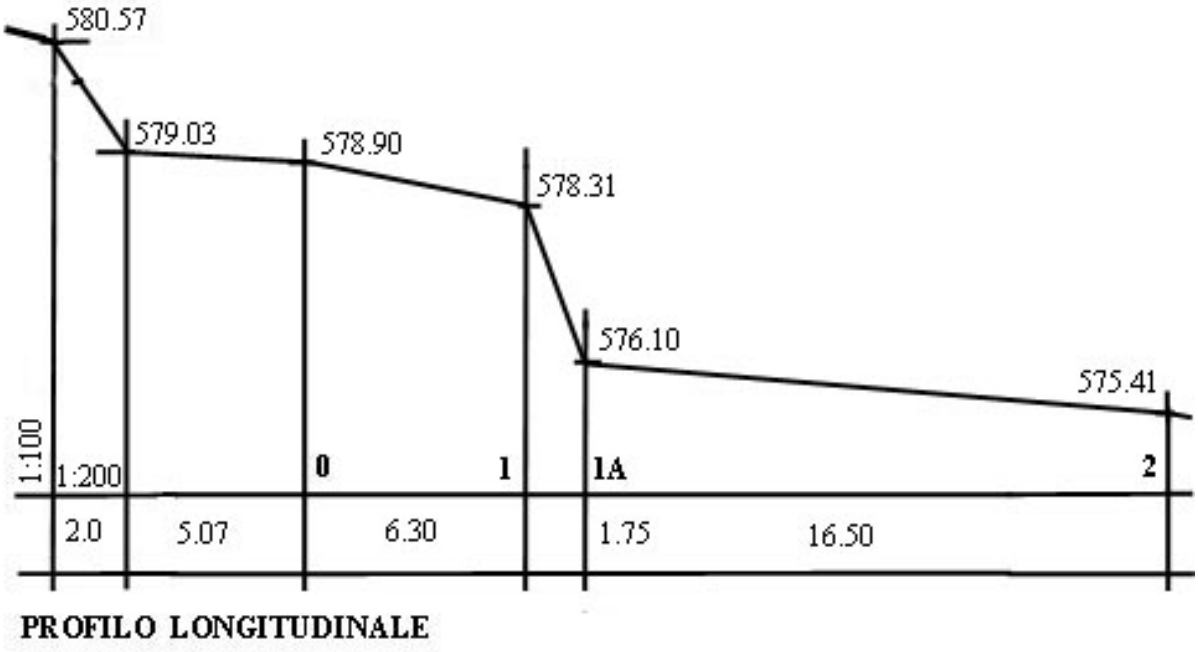
2- FOSSO CERESOLE

Anche in questo caso la briglia di presa viene inserita appena a valle di una serie di salti del torrente. La piena con tempo di ritorno di 200 anni è definita con portata Q = 72 m^3/s, come indica il Piano di Bacino per corsi d'acqua con bacino sotteso ridotto (2 km^2).

A - prima dei lavori

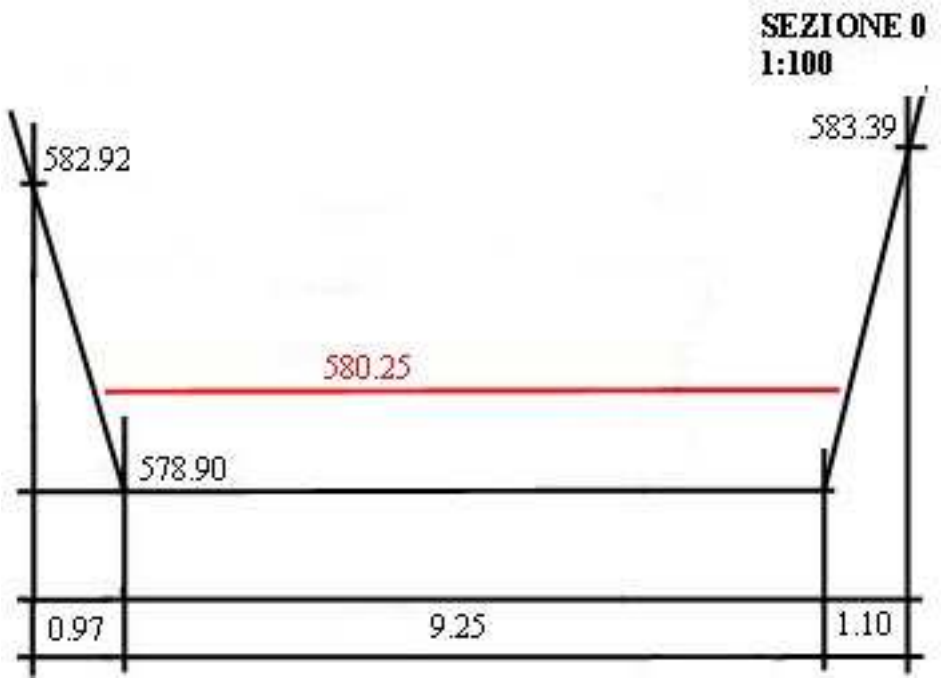
Il profilo longitudinale rilevato nel tratto di interesse è mostrato nella figura sottostante. Si verifica che la sez.1 rappresenta una sezione di controllo, dato il salto idraulico presente sul

quale si verifica lo stato critico della corrente.



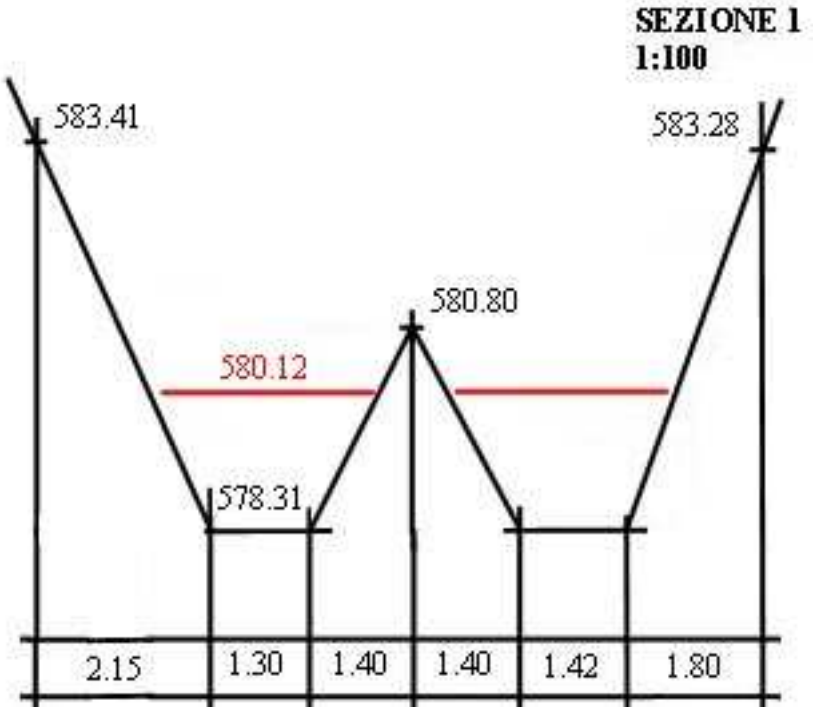
PROFILO LONGITUDINALE

La sezione di partenza per i calcoli è la sez.0, nella quale si ha una corrente veloce (stato supercritico) data la pendenza dell'alveo superiore alla pendenza critica jcr. Il suo schema con riportato il livello delle acque di piena è:



Si ottengono i caratteri della sezione 0
y0 = profondità sul fondo = 1.35 m
v0 = velocità media = 5.42 m/s
A0 = area della sezione bagnata = 13.26 m^2
R0 = raggio bagnato = 1.10 m
ycr = profondità critica = 1.74 m

Sulla sez.1 si forma lo stato critico, con ycr = 1.81 m, vcr = 4.39 m/s.

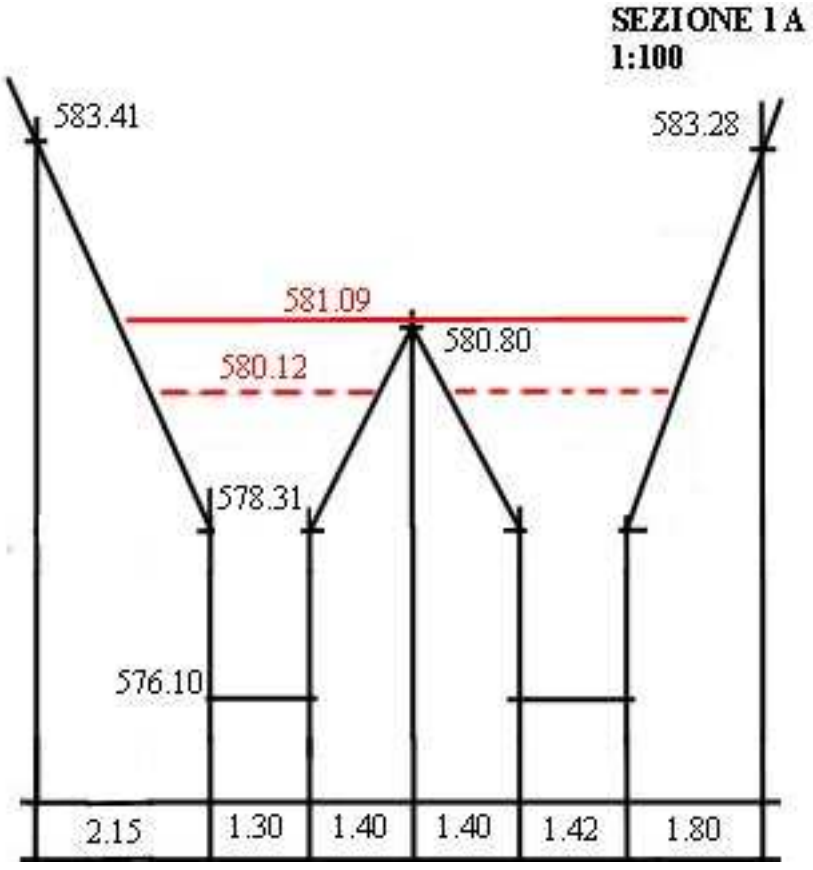


Tra le sezz.1 e 1A il repentino dislivello h = 2.21 m forma un salto di Bidone (cfr. Chow, op. cit., 15.10) con i valori: F = numero di Froude = $v0/\sqrt{g*y0} = 5.42/\sqrt{9.81*1.35} = 1.49$, $h/y0 = 2.21/1.35 = 1.64$ e quindi dalla tab.15.14:

$y1A/y0 = 3.7$

si ricava il valore $y1A = y0*3.7 = 1.35*3.7 = 4.99$ m,

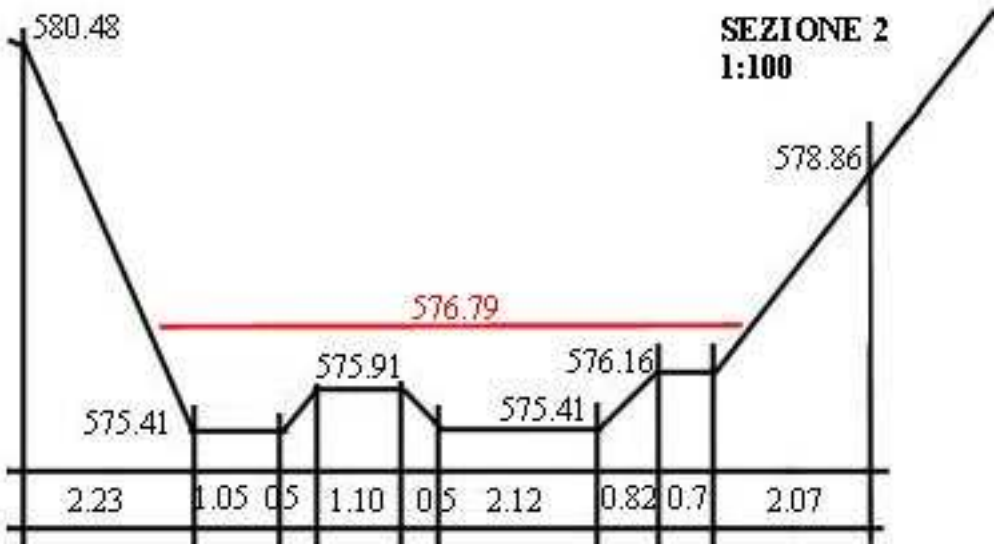
con risalto pari a +0.97 m rispetto alla quota del livello sulla sez.1: $y1A-h-y1 = 4.99-2.21-1.81 = 0.97$ m.



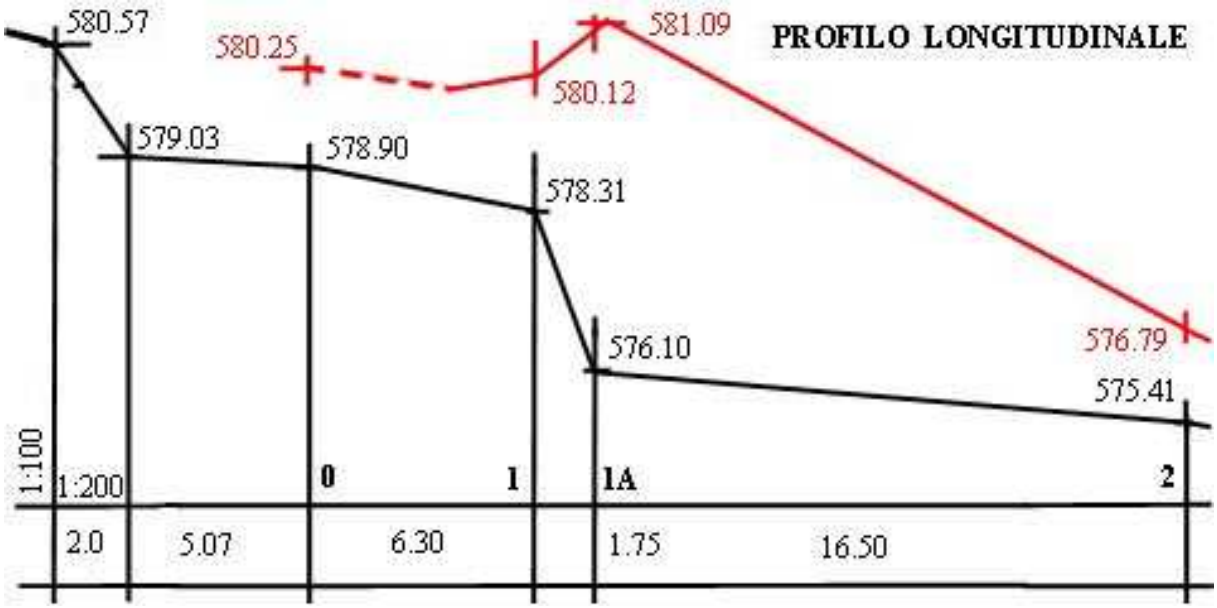
con i caratteri (corrente lenta, stato subcritico):
z1A = quota di fondo = 578.31-2.21 = 576.10
y1A = profondità = 4.99 m
A1A = sezione bagnata = 38.32 m^2
v2A = velocità media = 1.88 m/s

L'andamento del pelo libero della corrente tra la sez.1A e la sez.2 viene calcolato tenendo conto del moto permanente monodimensionale, utilizzando:

Q = 72 m^3/s:
z = dislivello tra sezz.1A e 2 = 0.69 m
d = distanza tra sezioni = 16.5 m
E1 = energia totale in 1A = $y1A+\alpha v1A^2/2g+z = 4.99+1.1*1.88^2/19.62+0.69 = 5.88$ m



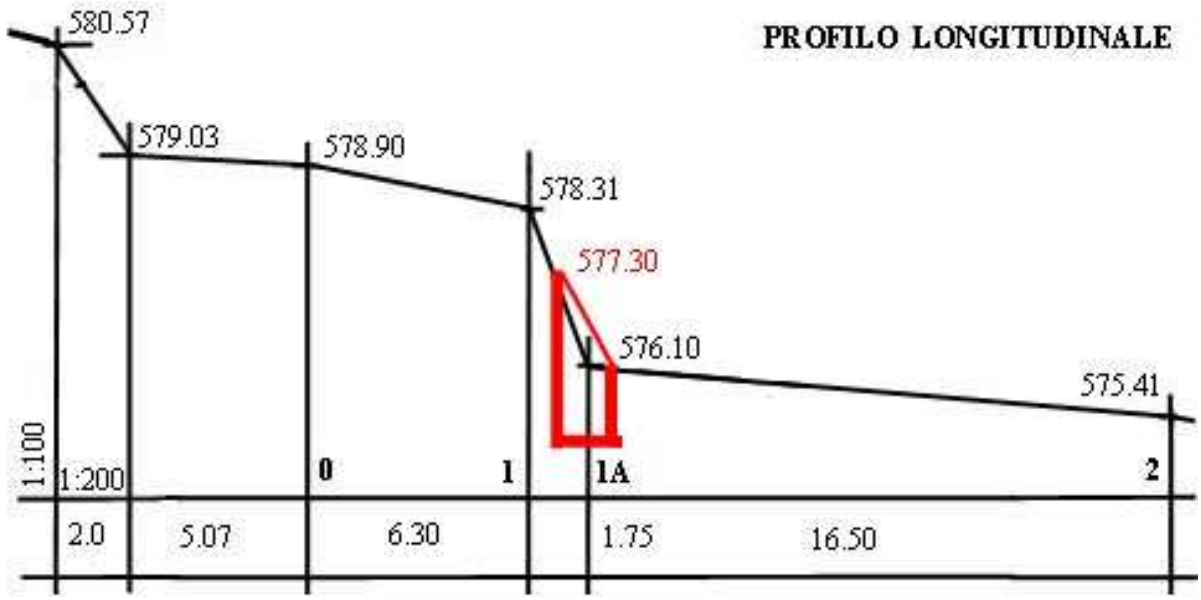
Risultano:
y2 = profondità sul fondo = 1.38 m
v2 = velocità media = 8.42 m/s
A2 = area della sezione bagnata = 8.56 m^2
R2 = raggio bagnato = 1.03 m
hf = perdite tra le sezioni = $d*(1/k*vm/Rm^{2/3})^2$ = 0.43 m
ycr2 = 2.27 m > y2, con corrente veloce, stato supercritico, con profilo:



Si verifica che la piena resta compresa entro gli argini di sponda con franchi elevati.

B- Dopo i lavori

L'inserimento della presa a valle del salto tra le sezz.1 e 1A con le quote di progetto comporta il profilo longitudinale seguente.



A valle della sez.1 è sempre presente il salto idraulico, che assume in questo caso l'altezza h corrispondente alla precedente e per tale motivo vengono ripetuti gli andamenti del pelo libero sotto piena già visti.

3- FOSSO PORAGINE

Questo torrente è situato a est dell'abitato di Zanoni.

Nell'All.C della D.G.P. si rileva che la sezione di calcolo PN14 sul t.Poragine è posta più a valle del punto nel quale viene inserita la traversa di presa; riporta i dati della tabella della pagina seguente.

Da quella si desume che la portata con tempo di ritorno di 200 anni alla sezione di presa sul rio Storto vale prudenzialmente Q = 58 m^3/s, essendo situata a monte del punto di rilievo.

A- situazione prima dei lavori

Il profilo longitudinale del tratto indagato, relativo alla posizione della traversa di presa sul rio Storto, è riportato nella figura riportata più avanti.

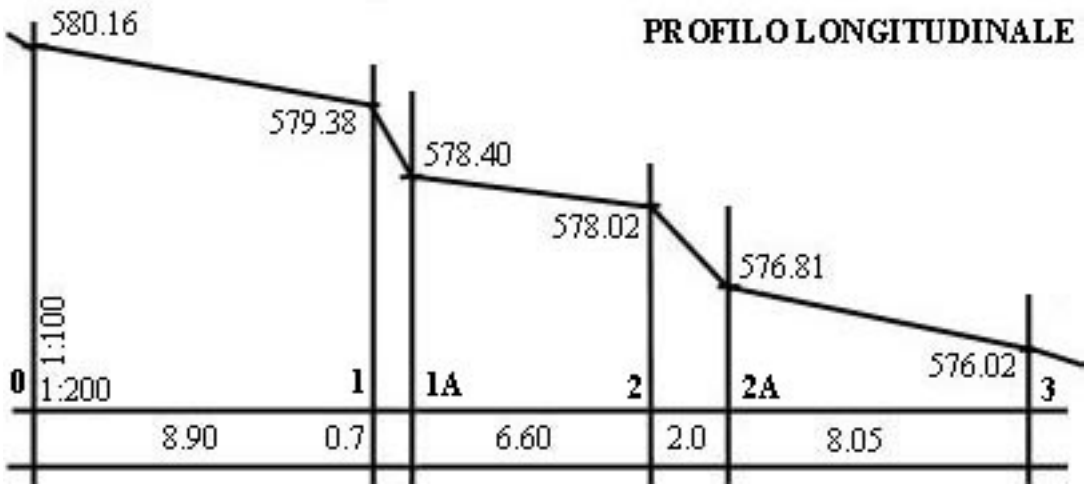
Prende inizio dalla sez.A presente a monte del punto previsto per l'inserimento della traversa di presa.

Anche in questo torrente sono presenti numerosi salti d'acqua che determinano sezioni di controllo e di riferimento.

SCHEDA VERIFICA IDRAULICA DI TIPO PUNTUALE

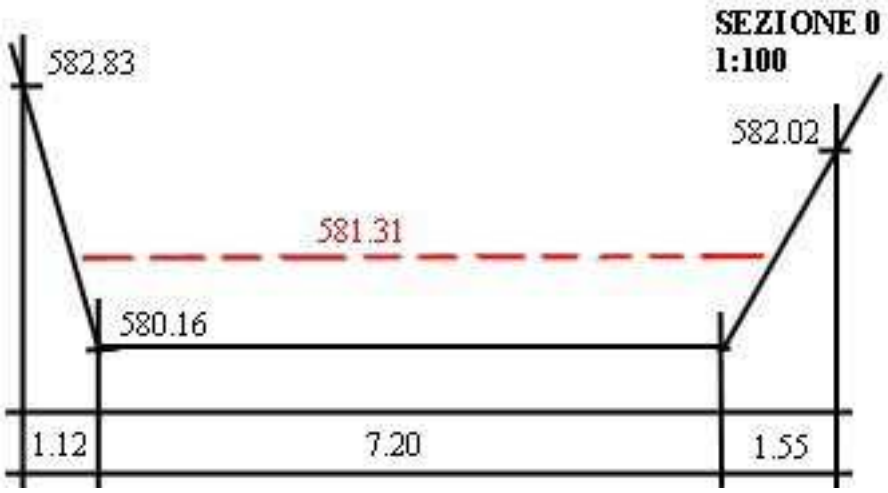
Codice	**P*20P14**
Bacino principale:	Entella
Corso d'acqua:	Poragine
Sottobacino:	Penna
Sezione idraulica di riferimento:	PN14

Tempo di ritorno		T	50	200	500	Curva Inviluppo
Portata	[m³/s]	Q	32	58	84	-
Larghezza di calcolo	[m]	bo	7.3	7.3	7.3	-
Larghezza sezione ristretta	[m]	b	7.3	7.3	7.3	-
Luce libera netta	[m]	H	3.8	3.8	3.8	-
Rapporto di restringimento		r	1.00	1.00	1.00	-
Numero di Froude limite		FL	1.00	1.00	1.00	-
Coefficiente di forma delle pile		K	1.000	1.000	1.000	-
Altezza pelo libero a monte	[m]	Y	1.3	1.9	2.4	-
Velocità media	[m/s]	V	3.5	4.3	4.8	-
Carico specifico	[m]	E	1.9	2.8	3.6	-
Numero di Froude		Fr	1.0	1.0	1.0	-
Area	[m²]	A	9.1	13.6	17.4	-
Perimetro bagnato	[m]	P	9.8	11.0	12.1	-
Raggio idraulico	[m]	R	0.9	1.2	1.4	-
Profondità critica	[m]	Yc	1.3	1.9	2.4	-
Franco*	[m]	f	2.5	1.9	1.4	-
Verificata			**SI**	**SI**	**SI**	-

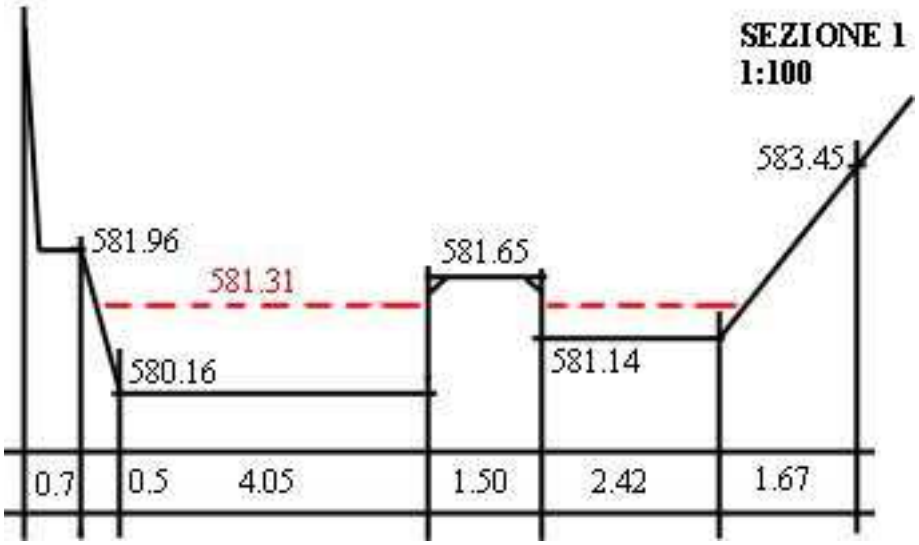


Come per gli altri fossi, viene scelta la sez.0 a monte per un primo calcolo di livello con moto uniforme. Nella sezione risultano:

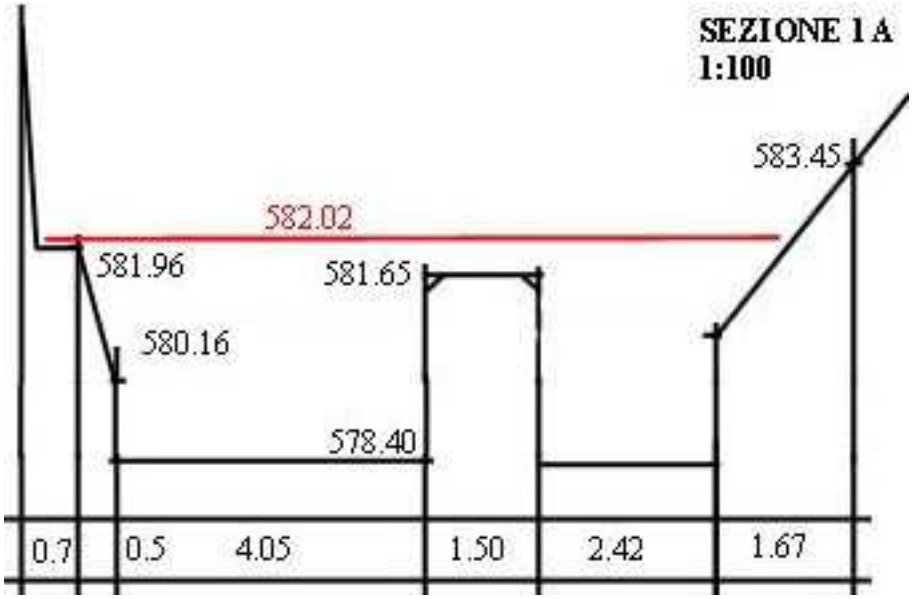
y = profondità = 1.15 m
v = velocità media = 6.81 m/s
A = area della sezione bagnata = 8.92 m^2
R = raggio idraulico = 0.92 m
ycr = profondità critica = 1.72 m
livello sotto piena = 581.31 m s.l.m., moto supercritico.



Anche in questo caso sulla sez.1 seguente nasce uno stato critico a seguito della repentina variazione della pendenza del fondo con altezza h = 0.92 m, con la formazione di un salto di Bidone:



cfr. Chow, op. cit., 15.10: F = numero di Froude = $v0/\sqrt{g*y0}$ = $6.51/\sqrt{9.81*1.15}$ = 1.94, h/y0 = 0.92/1.15 = 0.80 e quindi dalla tab.15.14:



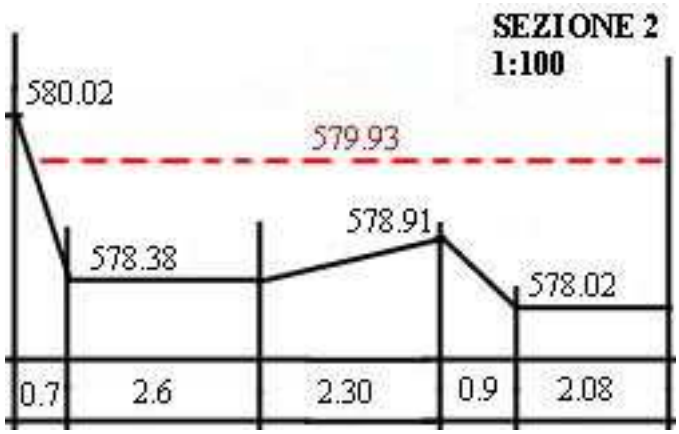
y1A/y0 = 3.15

si ricava il valore y1A = y0*3.15 = 1.15*3.15 = 3.62 m,

con risalto pari a +0.97 m rispetto alla quota del livello sulla sez.1: y1A-h-y1 = 3.62-0.92-1.15 = 1.55 m.

Nella sez.1A si hanno:
z = quota di fondo = 578.40
y1A = profondità = 3.62 m
A1A = sezione bagnata = 27.37 m^2
v1A = velocità media = 2.12 m/s
R1A = raggio bagnato = 1.60 m
ycr = altezza critica = 1.69 m
quota toccata: 582.02, con moto subcritico

L'andamento del pelo libero della corrente tra la sez.1A e la sez.2 viene calcolato con il moto permanente monodimensionale, utilizzando le formule sopra viste della costanza dell'energia totale, con d = 6.6 m. Effettuando i calcoli relativi, sotto la piena con portata Q = 58 m^3/s nella sez.2 si ottengono:



y2 = profondità sul fondo = 1.91 m
v2 = velocità media = 6.20 m/s
A2 = area della sezione bagnata = 9.36 m^2
R2 = raggio bagnato = 1.01 m
hf = 0.14 m
ycr = altezza critica = 1.69 m
quota sul fondo = 577.28 m s.l.m., moto subcritico

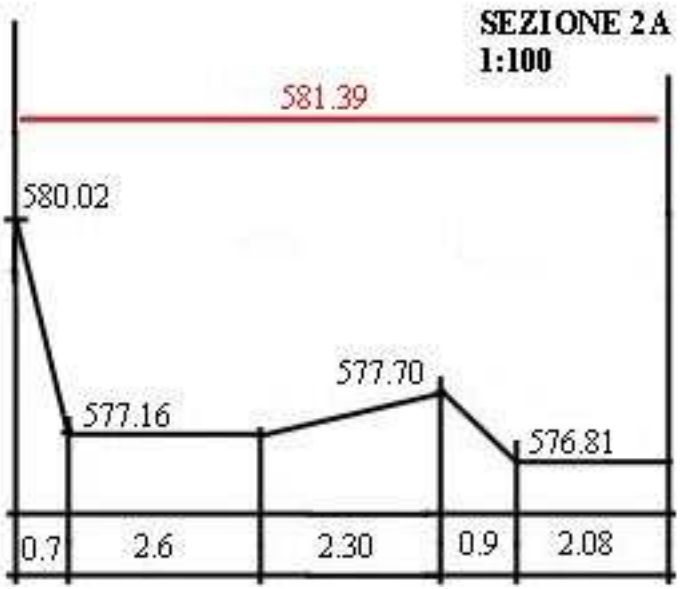
Si presenta un secondo salto idraulico tra le sezz.2 e 2A , con altezza h = 1.2 m e con i dati:

F = numero di Froude = $v2/\sqrt{g*y2}$ = $6.20/\sqrt{9.81*1.91}$ = 1.43, h/y2 = 1.2/1.91 = 0.80 e quindi dalla tab.15.14, cap. 15.10, Op.Cit.:

y2A/y2 = 2.40

si ricava il valore y2A = y2*2.40 = 1.91*2.40 = 4.58 m,

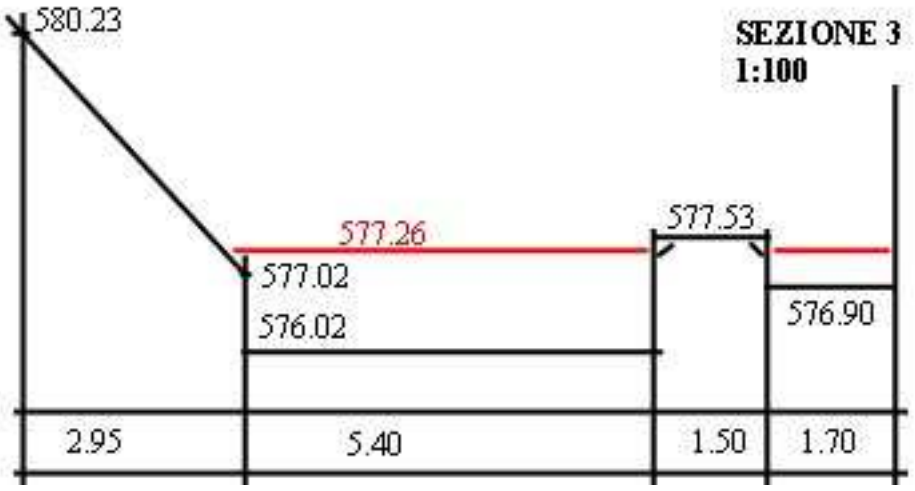
con risalto pari a +1.57 m rispetto alla quota del livello sulla sez.2: y2A-h-y1 = 4.58-1.2-1.91 = 1.57 m.



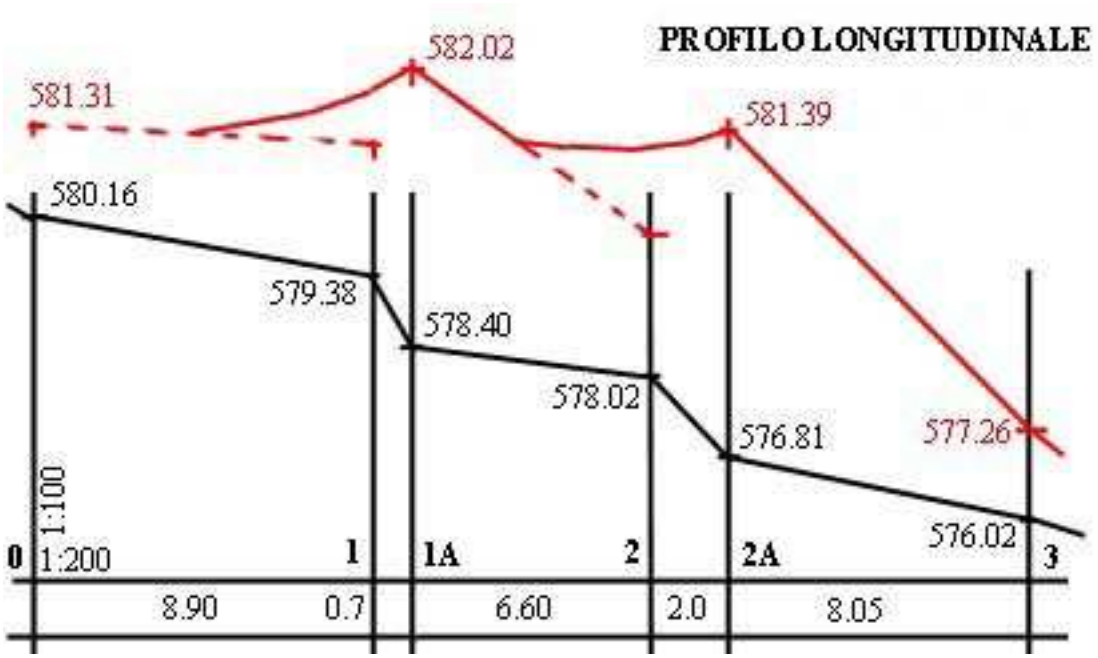
Nella sez.2A si hanno:
z = quota di fondo = 576.81
y2A = profondità = 4.58 m
A2A = sezione bagnata = 28.47 m^2
v2A = velocità media = 1.51 m/s
R2A = raggio bagnato = 1.14 m
quota toccata: 581.39, con moto subcritico.

L'andamento del pelo libero della corrente tra la sez.2A e la sez.3 viene calcolato tenendo conto del moto permanente monodimensionale, utilizzando l'equazione (*):

z = dislivello tra sezz.2A e 3 = 0.79 m
d = distanza tra sezioni = 8.05 m



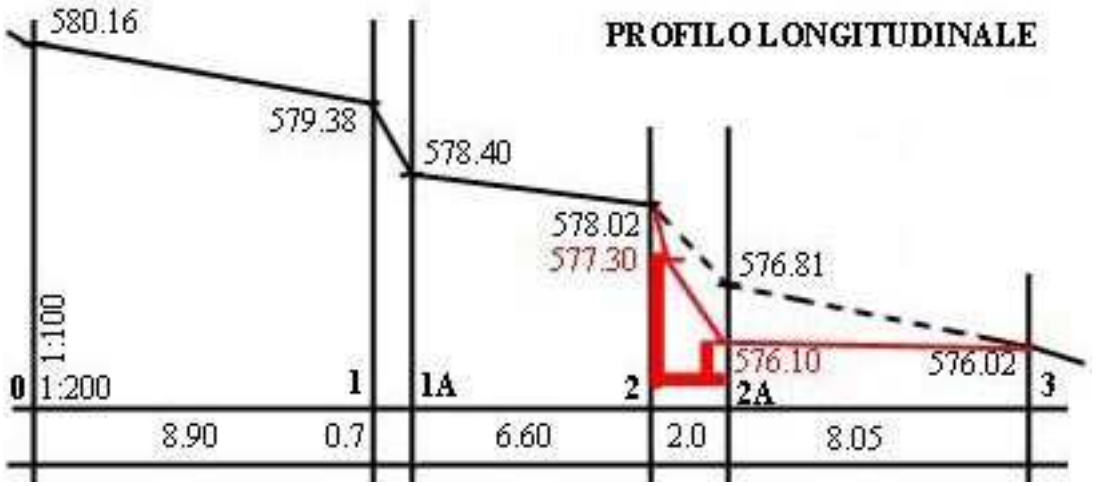
Risultano:
y3 = profondità sul fondo = 1.21 m
v3 = velocità media = 8.20 m/s
A3 = area della sezione bagnata = 7.07 m^2
R3 = raggio bagnato = 1.03 m
hf = perdite tra le sezioni = $d*(1/k*vm/Rm^{2/3})^2$ = 0.28 m
ycr = 1.86 m, corrente veloce, stato supercritico, con profilo:



Anche per questo torrente la piena con tempo di ritorno di 200 anni risulta ampiamente contenuta entro le sponde, senza pericolo di esondazioni.

B - Dopo i lavori

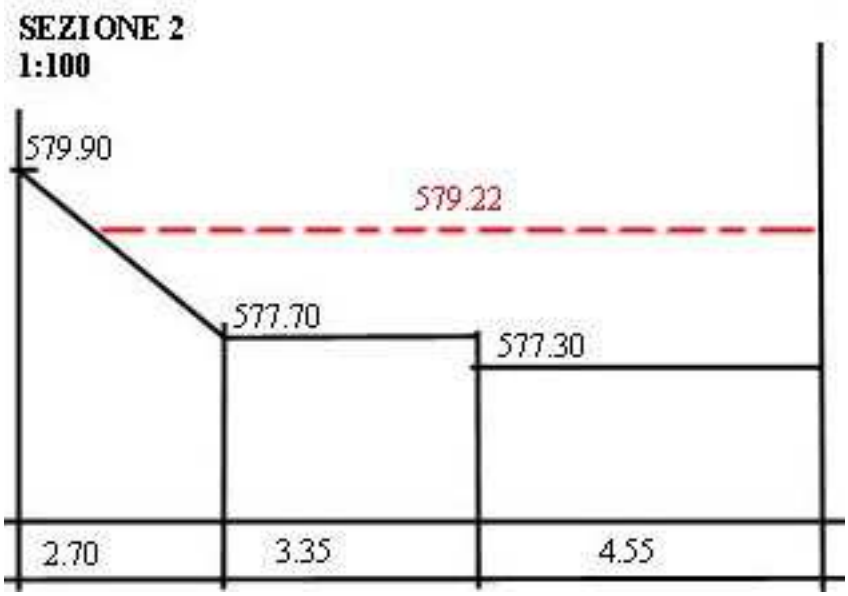
I lavori consistono nell'inserimento della briglia di presa tra le sezz.2 e 2A, con la gaveta alla stessa quota delle altre traverse di presa (577.30 m s.l.m.).



Le modifiche al profilo longitudinale consistono nella variazione del salto idraulico sulla sez. 2 e della pendenza del tratto successivo, che diminuisce.

Si ripetono i calcoli seguendo il tracciato proposto:

- calcolo del p.l. nella sez.2A dopo il salto dalla sez.2;
- calcolo dei dati della sez.2A;
- calcolo della profondità nella sez.3
- verifica delle differenze rispetto alla situazione precedente.

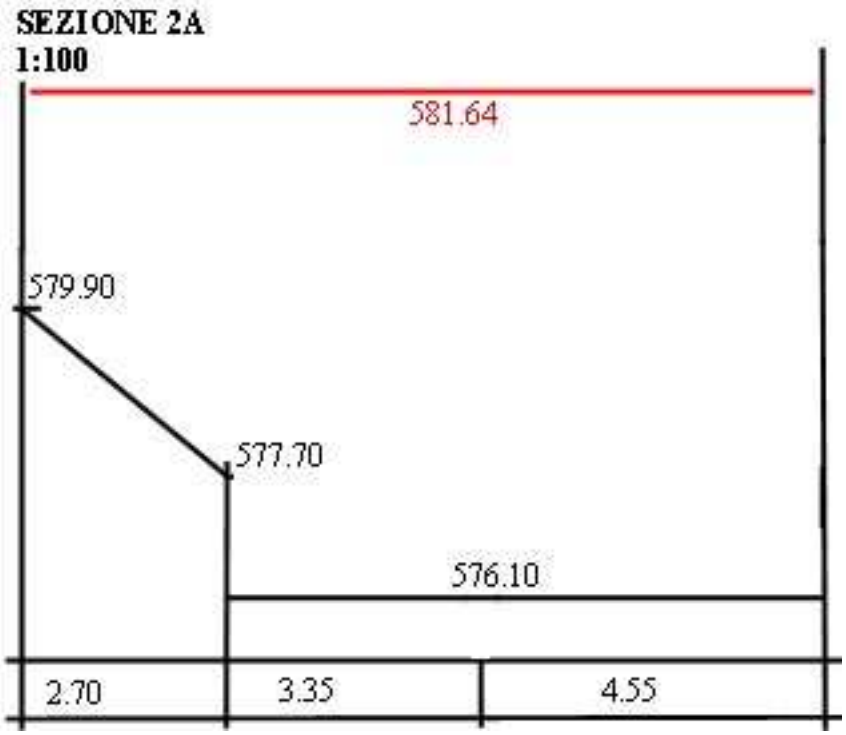


Dati: salto: h = 1.92 m
y2 = 1.91
v2 = 6.20 m/s
h/y2 = 1____
F = v2/√g*y2 = 6.20/√9.81*1.91 = 1.43
dalla tab.15.14, cap. 15.10, Op.Cit.:

y2A/y2 = 2.90

si ricava il valore y2A = y2*2.90 = 1.91*2.90 = 5.54 m,

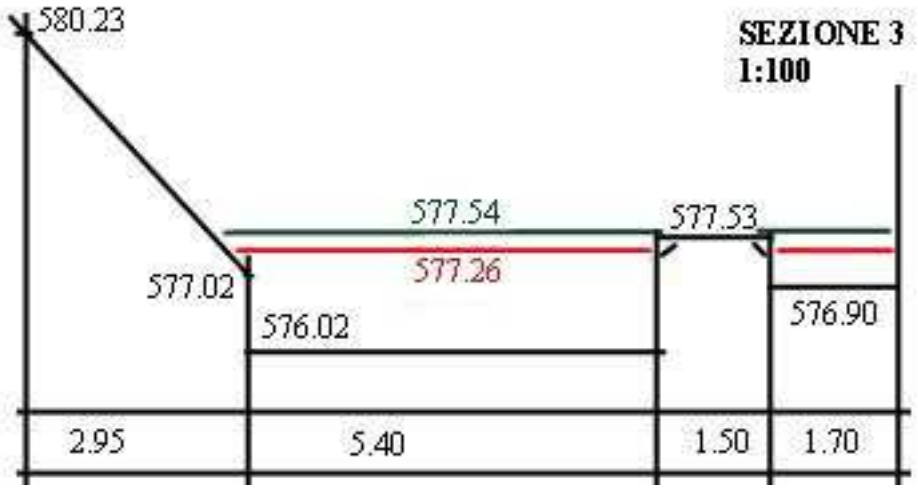
con risalto pari a +1.71 m rispetto alla quota del livello sulla sez.2: y2A-h-y1 = 5.54-1.92-1.91 = 1.71 m.



Nella sez.2A si hanno:
z = quota di fondo = 576.10
y2A = profondità = 5.54 m
A2A = sezione bagnata =46.53 m^2
v2A = velocità media = 1.25 m/s
R2A = raggio bagnato = 2.35 m
ycr = 1.70 m
quota toccata: 581.64, con moto subcritico.

L'andamento del pelo libero della corrente tra la sez.2A e la sez.3 viene calcolato tenendo conto del moto permanente monodimensionale, utilizzando l'equazione (*):

z = dislivello tra sezz.2A e 3 = 0.08 m
d = distanza tra sezioni = 8.05 m

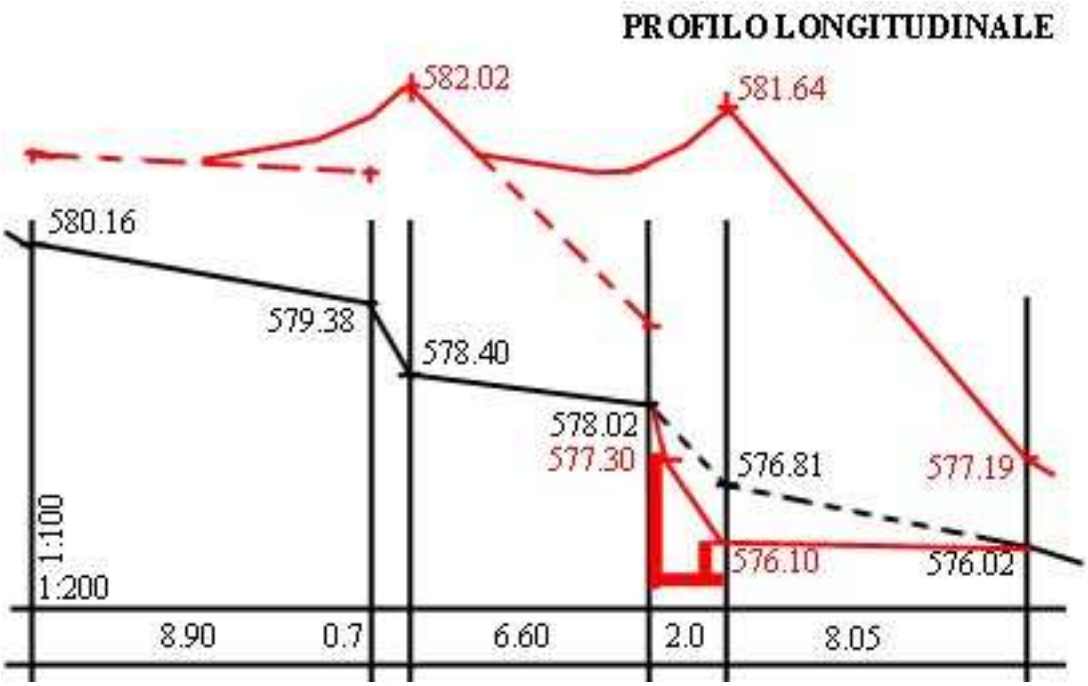


Risultano:
y3 = profondità sul fondo = 1.52 m
v3 = velocità media = 5.80 m/s
A3 = area della sezione bagnata = 9.99 m^2
R3 = raggio bagnato = 0.79 m
hf = perdite tra le sezioni = $d*(1/k*vm/Rm^{2/3})^2$ = 0.22 m
ycr = 1.58 m, corrente veloce, stato supercritico, con profilo:

Nella figura precedente il livello toccato dopo i lavori nella sez.3 è indicato in colore verde.

Viene riportato il profilo longitudinale del torrente sotto piena massima dopo i lavori nella figura della pagina che segue.

Si può concludere anche in questo caso che che l'inserimento della traversa di presa si traduce in un miglioramento del caratteri idraulici del corso d'acqua, poichè la velocità viene diminuita, come accade con la costruzione di nuove briglie sui torrenti montani.



4 - CENTRALE

La realizzazione del vano interrato destinato a centrale avviene appena a valle della sezione di verifica puntuale PN15 sopra riportata. I dati della sezione sotto piena con tempo di ritorno di 200 anni sono utilizzati per la verifica della realizzazione del vano interrato da destinare a centrale.

A norma di regolamento provinciale deve esistere un franco maggiore di 0.75 m o maggiore di $0.5*v^2/2g$ per la nuova costruzione.

Tali dati sono:

- y = altezza del pelo libero = 1.8 m
- v = velocità media = 4.2 m/s

I dati di rilievo sul posto sono:

- quota del piano del terrazzo esistente: 475.00 m s.l.m.
- quota del pavimento del futuro manufatto: 471.5 m s.l.m.
- quota del fondo dell'alveo: 468.48 m s.l.m.

Risultano:

- $v^2/2g = 4.2^2/19.62 = 0.9$ m
- $0.5*v^2/2g = 0.5*0.9$ m = 0.45 m
- franco: $f = 471.5-(468.48+0.5*v^2/2g+y) = 471.5-(468.48+0.45+1.8) = 471.4-470.53 =$
  $= 0.77$ m

Quindi: f > franco minimo = 0.75 m
f > $0.5*v^2/2g$ = 0.45 m

Vengono rispettati i limiti imposti dalla D.G.P.

5- CONDOTTE IN ALVEO

Le condotte sistemate in alveo o sulle sponde dei torrenti sono completamente interrate e di conseguenza non alterano il deflusso delle portate di piena.

Bobbio, 31 ottobre 2013

Il tecnico
(dr.ing. Aldo Galleti)