

REGIONE DEL VENETO
COMUNE DI LIVINALLONGO DEL COL DI LANA
PROVINCIA DI BELLUNO

PROPONENTE:

PORDOI S.p.A.
via Passo Pordoi, 16 - Arabba
32020 Livinallongo del Col di Lana (BL)



INTEGRAZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO

cui alla L.R. n. 21 del 21/11/2008

**Realizzazione di una nuova cabinovia ad
ammorsamento temporaneo dei veicoli denominata
“VAUZ (1854,55) – PORDOI (2234,20)”**

**RELAZIONE INTEGRATIVA
DI CALCOLO IDRAULICO**

IL PROGETTISTA

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
dott. ing. ANDREA GOBBER
Ing. civile e ambientale, industriale e dell'informazione
ISCR. ALBO N° 2101 - Sezione A degli Ingegneri

IL PROPONENTE

versione giugno 2017

Nr. 1713-R07-A 1 6 g i u 2017

MONPLAN
INGEGNERIA

INDICE

1	PREMESSA	2
2	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA	3
2.1	METODO DI GIANDOTTI	4
2.2	FORMULA DI TURAZZA O METODO RAZIONALE	6
2.2.1	<i>STIMA DEL TEMPO DI RITORNO.....</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA.....</i>	<i>8</i>
3	VERIFICA IDRAULICA DEL TORRENTE CORDEVOLE NEL TRATTO IN OGGETTO	9
4	TIMBRI E FIRME	11

1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta la relazione integrativa di calcolo idraulico del progetto per la realizzazione della cabinovia a 10 posti ad ammorsamento temporaneo dei veicoli denominata "Vauz - Pordoi" in sostituzione dell'omonima seggiovia quadriposto esistente A .1.30M nel comune di Livinallongo del Col di Lana.

Il documento riporta il calcolo della portata di piena (capitolo 2), la cui stima è stata eseguita con due differenti metodi di calcolo proposti dalla letteratura tecnica di settore, e procede quindi alla verifica idraulica delle sezioni d'alveo del tratto di torrente Cordevole interessato da sistemazione e consolidamento al fine di verificare l'esistenza in condizioni di massima portata idrica di un adeguato franco minimo (capitolo 3).

Come descritto nella relazione tecnica integrativa, gli interventi previsti lungo il tratto di torrente Cordevole a monte della tombinatura esistente in località Vauz per una lunghezza complessiva di circa 60 m, riguardano la realizzazione di opere di difesa spondale per evitare l'erosione e la lesione delle sponde del corso d'acqua, la previsione di un rivestimento d'alveo con platea in massi per proteggere il fondo del corso d'acqua da erosioni e, infine, la realizzazione di una briglia per introdurre un salto di fondo diminuendo in tal modo la pendenza del corso d'acqua.

2 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA

Per procedere alla verifica idraulica delle sezioni d'alveo in oggetto è stato individuato il bacino idrografico afferente al punto di chiusura individuato in corrispondenza del ponte Vauz. Si riporta in Figura 1 la rappresentazione del bacino.

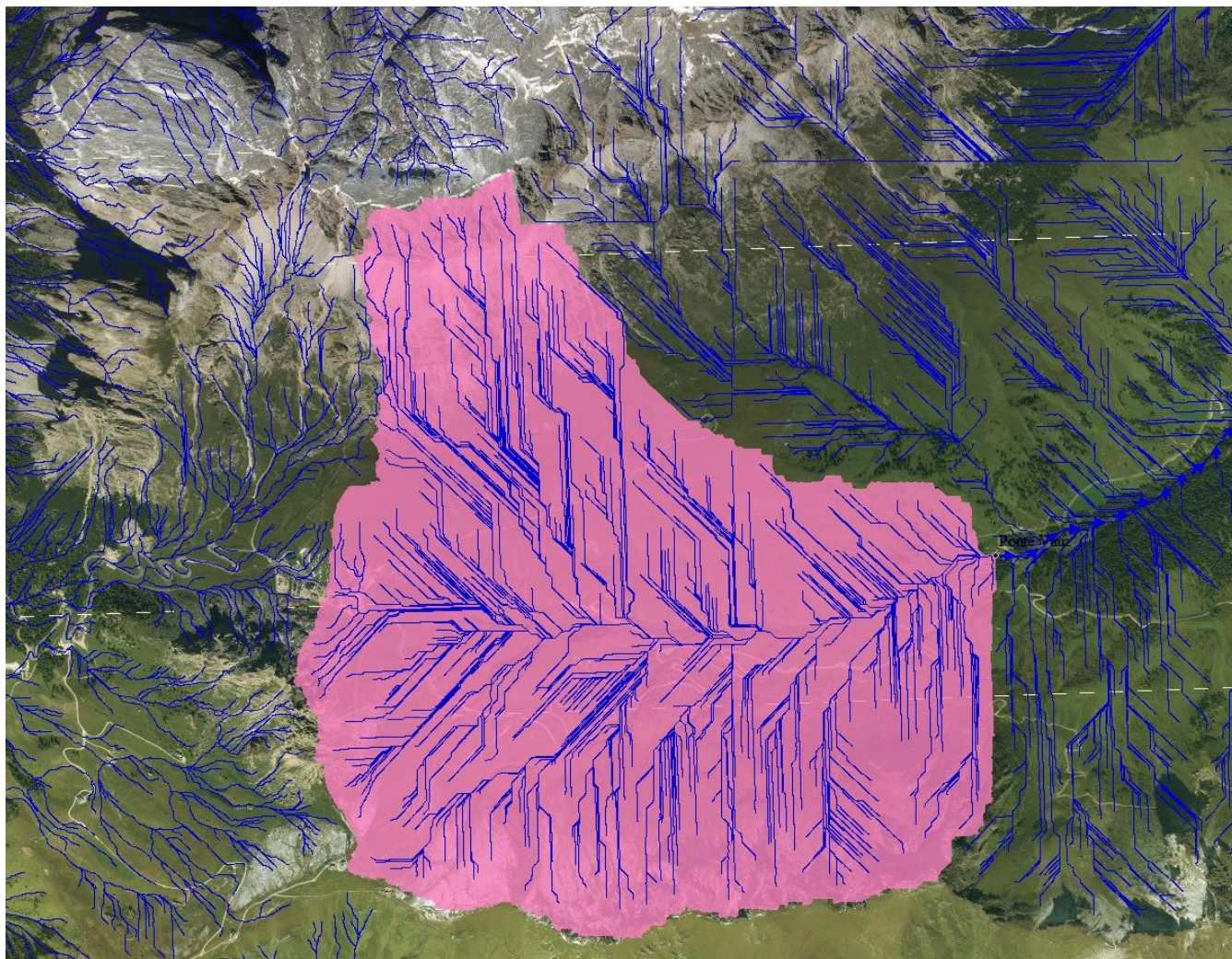


Figura 1. Bacino idrografico afferente al punto di chiusura presso "Ponte Vauz".

Per la determinazione della massima portata del torrente sono stati utilizzati due metodi di calcolo proposti dalla letteratura tecnica di settore.

2.1 METODO DI GIANDOTTI

Il primo metodo è stato proposto da **Giandotti** e fa riferimento ai dati sperimentali registrati durante gli eventi catastrofici del novembre 1966 rappresentati nel grafico di Figura 2. Il metodo si basa sulla valutazione del tempo di corrivazione t_c , vale a dire del tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino. Il tempo di corrivazione si determina secondo la seguente relazione valida per bacini di medie dimensioni:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8\sqrt{\bar{H}}}$$

per la quale valgono le seguenti definizioni:

A = superficie del bacino idrografico afferente al punto di chiusura (km^2)

L = lunghezza dell'asta principale del bacino (km)

\bar{H} = altitudine media del bacino riferita alla sezione di chiusura considerata (m)

Calcolato il tempo di corrivazione, il metodo Giandotti calcola la portata di piena Q_p secondo la seguente relazione:

$$Q_p = \lambda \frac{chA}{kt_c}$$

per la quale valgono le seguenti definizioni:

λ = rapporto tra la portata al colmo Q_c e la portata media Q_m

k e c = parametri che assumono valori variabili in funzione dell'estensione del bacino

h = massima altezza di pioggia associata ad un evento di durata pari al tempo di corrivazione

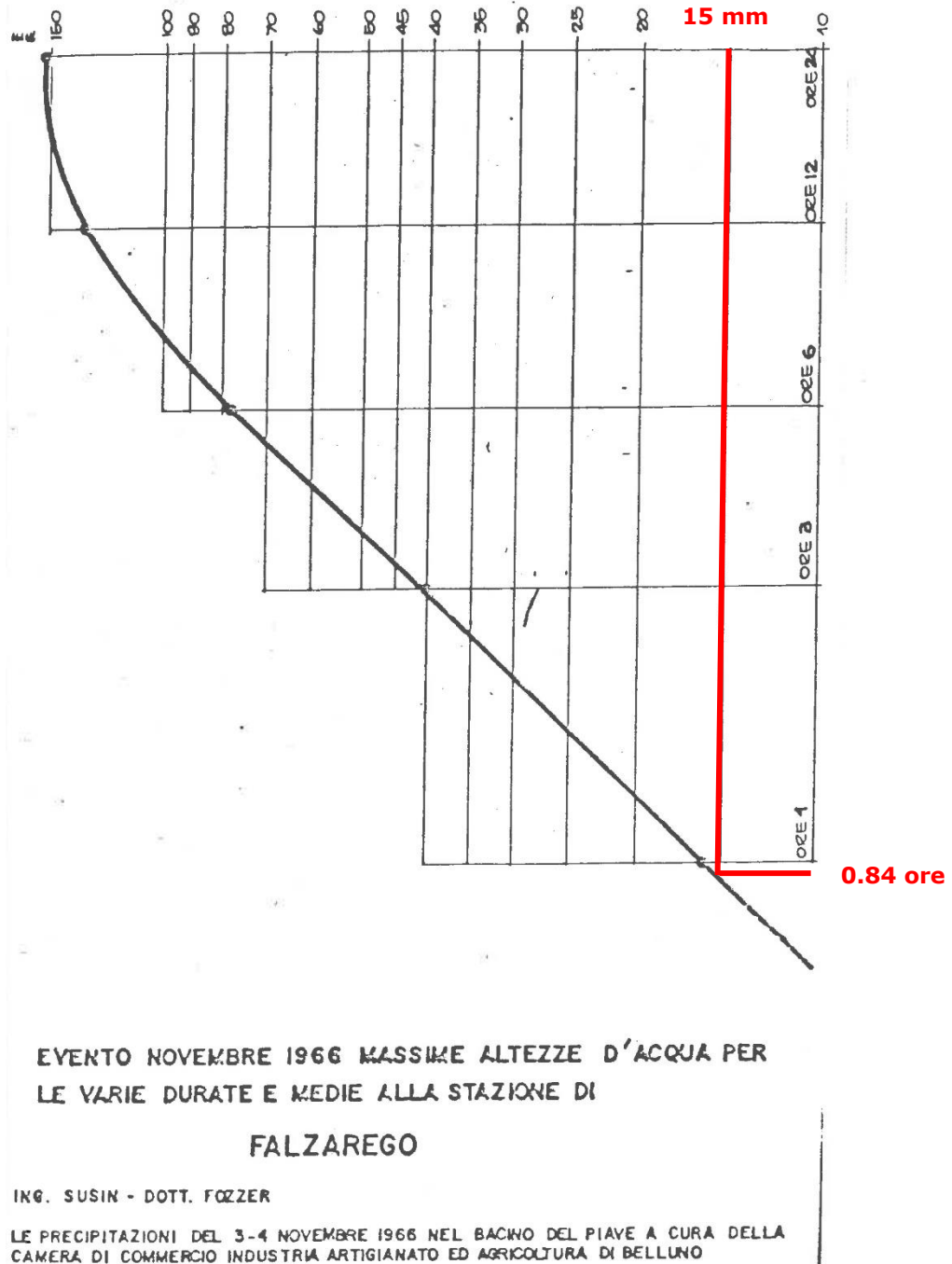


Figura 2. Grafico sperimentale relativo all'evento del 3-4 novembre 1966 che riporta la correlazione tra massime altezze di pioggia e durata della precipitazione

Per il caso in esame, stimate la superficie del bacino pari a 4,8 km², la lunghezza dell'asta principale pari a 2,5 km e l'altitudine media del bacino pari a 345 m (quota di monte 2.559 m s.l.m. e quota chiusura 1.870 m s.l.m.), si calcola un tempo di corrivazione pari a:

$$t_c = \frac{4\sqrt{4,8} + 1,5 \cdot 2,5}{0,8\sqrt{345}} = 0,84 \text{ h}$$

al quale corrisponde sul grafico di Figura 2 un'altezza massima di pioggia pari a 15 mm.

Per bacini con estensione inferiore a 300 km² i coefficienti λ , k e c assumono rispettivamente i valori di 10, 4,0 e 0,50. Si calcola quindi con il metodo Giandotti una portata di piena pari a:

$$Q_p = \frac{1000}{3600} \cdot 10 \cdot \frac{0,50 \cdot 15 \cdot 4,8}{4,0 \cdot 0,84} = 29,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2 FORMULA DI TURAZZA O METODO RAZIONALE

2.2.1 STIMA DEL TEMPO DI RITORNO

Le opere idrauliche di difesa si differenziano da molte altre opere di ingegneria in quanto sono destinate a regolare grandezze naturalmente variabili, che possono essere considerate e trattate come grandezze aleatorie. Assumendo dunque che le precipitazioni meteoriche possano, in generale, essere considerate come un evento casuale, è pratica comune assumere che anche le portate in un corso d'acqua possano essere trattate come tali. Grazie ad analisi di tipo statistico e probabilistico è possibile far corrispondere ad ogni valore di una variabile idrologica la probabilità che si verifichi un evento maggiore o uguale di quello dato, cioè di individuare per ogni evento il suo tempo di ritorno.

Per la stima del tempo di ritorno da assumere per l'intervento previsto sul torrente Cordevole è stato fatto riferimento a quanto riportato per questo tipo di opere nel Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP) della Provincia di Trento e, in particolare, nella Parte Quinta. A tal riguardo si evidenzia che quanto riportato nel Piano preso a riferimento rappresenta un ottimo sunto dello stato dell'arte relativo alla sistemazione dei corsi d'acqua riportando i principali riferimenti di letteratura tecnica del settore sia a livello locale che nazionale.

Per gli interventi di sistemazione e manutenzione idraulica il PGUAP definisce un intervallo di condizioni di rischio potenzialmente accettabili individuando un tempo di ritorno minimo pari a 30 anni e un valore massimo di 200 anni. Il criterio proposto prevede di determinare il tempo di ritorno da usare nella progettazione dell'opera con la formula:

$$T_{r,prog} = T_{r,min} + \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot (T_{r,max} - T_{r,min})$$

I coefficienti α , che possono assumere valori compresi tra 0 e l'unità, sono determinati in base all'uso del suolo cui sono soggette le zone circostanti e del tipo di evento che interessa il corso d'acqua. Si riportano nelle immagini a seguire i valori assegnati alle due variabili come riportati nel Piano preso a riferimento.

Classe di uso del suolo	Valore α_1
Centri abitati, edifici	1
Aree produttive, aree con infrastrutture, depuratori, imp. idroelettrici, strutture turistiche	0,93
Aree agricole	0,23
Aree verdi e bosco	0,15
Paesaggi naturali ed improduttivo	0,02

Figura 3. Valori assegnati alle classi di uso del suolo

Descrizione del fenomeno	Valore α_2
Colate detritiche (debris flow) in zone pendenti (superiori al 20%) e sui conoidi caratterizzati da violenta attività torrentizia con elevatissimo trasporto solido che si instaura in seguito a precipitazioni di forte intensità e breve durata in bacini idrografici di ridotte dimensioni con elevata disponibilità di materiale solido movimentabile sui versanti (per frane) e in alveo.	1
Corsi d'acqua a carattere torrentizio caratterizzati da trasporto solido generalmente molto elevato, alimentato dai fenomeni di monte. In questo caso il livello idrico di piena non è controllato dalla portata liquida, ma dall'innalzamento del fondo dovuto al deposito del materiale solido trasportato dalla corrente. La situazione è aggravata dal fatto che l'eventuale esondazione interessa zone pendenti (fino al 20%).	0,9
Corsi d'acqua maggiori a carattere fluviale caratterizzati da fenomeni di trasporto solido generalmente ridotti. In questo caso si può considerare che il livello idrico di piena sia controllato dalla portata liquida, l'eventuale esondazione interessa zone pianeggianti.	0,7
Corsi d'acqua minori nella rete idrografica di pianura, caratterizzate da fenomeni di trasporto solido e da portate liquide di piena ridotti. L'eventuale esondazione interessa zone pianeggianti.	0,55

Figura 4. Definizione del valore del coefficiente α_2 per i vari fenomeni

Per il caso in esame è stato assunto un valore del coefficiente α_1 pari a 0,15 corrispondente ad aree verdi e bosco e un valore del coefficiente α_2 pari a 0,9.

Sulla base dei coefficienti così determinati, si calcola un tempo di ritorno pari a 53 anni. **A favore di sicurezza**, si è deciso di utilizzare un **tempo di ritorno di progetto** pari a **100 anni**.

2.2.2 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA

Per la determinazione della portata di piena ci si è basati sull'elaborazione dei dati pluviometrici con il metodo di E.J. Gumbel - 1958 (per il calcolo delle altezze di pioggia) e, come detto, sul metodo cinematico o razionale - D.Turazza, 1880. Si sono esaminate le serie di dati registrati dal 1976 al 1996 negli annali idrologici per eventi di notevole intensità e breve durata nelle stazioni pluviometriche di Arabba (BL), Caprile (BL) e Cortina d'Ampezzo (BL). La stazione pluviometrica più vicina al sito di interesse è quella di Arabba, tuttavia le misure disponibili per questa stazione nel ventennio esaminato sono solo 4. Pertanto sono state elaborate le precipitazioni registrate nelle altre due stazioni menzionate, disponendo queste di un discreto numero di dati corrispondenti a 13 anni (Caprile) e 18 anni (Cortina d'Ampezzo).

La portata massima è quantificata per un tempo di pioggia di 0,5 ore secondo la formula:

$$Q_p = \frac{C \cdot h \cdot A}{t_p}$$

per la quale valgono le seguenti definizioni:

C = coefficiente di deflusso del bacino idrografico afferente al punto di chiusura

h = altezza massima di pioggia per l'evento di una certa durata (mm)

A = superficie del bacino idrografico afferente al punto di chiusura (km²)

t_p = durata dell'evento meteorico considerato (ore)

Di seguito si riassumono i risultati ottenuti dalle elaborazioni numeriche per il tempo di ritorno di progetto (100 anni) considerando scrosci di 30' e assumendo un coefficiente di deflusso medio ponderato del bacino pari a 0,50. La portata di piena riferita ai dati pluviometrici di Cortina d'Ampezzo è stimata pari a 49,1 m³/s, mentre per i dati pluviometrici di Caprile la portata di piena è quantificata in 34,2 m³/s.

CORTINA (BL)			CAPRILE (BL)		
Tempo di ritorno	Altezza di pioggia osservata alla stazione pluviometrica	Portata equivalente sul bacino di progetto	Tempo di ritorno	Altezza di pioggia osservata alla stazione pluviometrica	Portata equivalente sul bacino di progetto
T_r [anni]	h [mm]	Q [m ³ /s]	T_r [anni]	h [mm]	Q [m ³ /s]
100	36,8	49,1	100	25,7	34,2

3 VERIFICA IDRAULICA DEL TORRENTE CORDEVOLE NEL TRATTO IN OGGETTO

Agendo a favore di sicurezza, per la verifica delle sezioni idrauliche del torrente Cordevole si è scelto di adottare come **portata di progetto** quella calcolata con il metodo razionale riferita ai dati pluviometrici di Cortina d'Ampezzo pari a **49,1 m³/s**.

La proposta progettuale prevede di sistemare il tratto di alveo a monte della tombinatura esistente per una lunghezza di circa 60 m. Il fondo dell'alveo verrà allargato fino a 5,0 m nell'ipotesi di sistemazione 1 e 4,0 m nell'ipotesi 2 e verrà rivestito con platea in massi, mentre entrambe le sponde verranno rinforzate da scogliere in massi. La pendenza del tratto in esame passerà dal 16,7% nel tratto più a monte al 11,5% nel tratto di valle.

Per la verifica idraulica delle sezioni d'alveo si farà uso della formula modificata di Gauckler-Strickler per il calcolo della portata di moto uniforme in un canale a pelo libero approssimabile a sezione rettangolare:

$$Q = K_s \cdot b \cdot h \cdot \left(\frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h} \right)^{3/2} \cdot i_F^{1/2}$$

in cui b è la larghezza del canale (m), h l'altezza di moto uniforme (m), i_F la pendenza del fondo e K_s il coefficiente di scabrezza, che può essere assunto pari a 50 m^{1/3}/s in caso di pietrame in opera.

Fissate la portata da smaltire pari alla portata di progetto quantificata ai paragrafi precedenti e le caratteristiche delle sezioni d'alveo per entrambe le ipotesi di sistemazione, è possibile determinare l'altezza idrica massima nella sezione e conseguentemente il franco disponibile.

Per le sezioni P-P, Q-Q e R-R riportate nella tavola 1713-D28-A si riportano in Tabella 1 i risultati delle verifiche idrauliche condotte per le due ipotesi di sistemazione dell'alveo effettuate in sede progettuale.

Come è possibile evincere dai risultati riportati in tabella 1, la sistemazione d'alveo proposto consente di avere una sezione idraulica utile maggiore di quella esistente in grado di smaltire la portata di piena con tempo di ritorno di 100 anni. Il franco minimo per ciascuna delle sezioni è adeguato e tale da garantire la sicurezza idraulica dell'area.

Calcolo portata in moto uniforme - Canale a pelo libero a sezione rettangolare
IPOTESI 1

		sez. P-P	sez. Q-Q	sez. R-R	
Portata di piena	$Q_c =$	49,1			m^3/s
Larghezza sezione d'alveo	$b =$	5,0	5,0	5,0	m
Altezza minima sezione d'alveo	$H =$	2,0	1,5	2,2	m
Lunghezza tratto omogeneo d'alveo	$L =$	26	26	30	m
Pendenza tratto omogeneo d'alveo	$i_f =$	11,5%	11,5%	16,7%	%
Coefficiente di Strickler	$K_s =$	50			$m^{1/3}/s$
Quota fondo canale		1.852,30	1.854,00	1.857,30	m s.l.m.
Quota pelo libero canale		1.853,11	1.854,81	1.858,01	m s.l.m.
Tirante di moto uniforme	$h =$	0,81	0,81	0,71	m
Franco disponibile	$Fr =$	1,19	0,69	1,49	m

Calcolo portata in moto uniforme - Canale a pelo libero a sezione rettangolare
IPOTESI 2

		sez. P-P	sez. Q-Q	sez. R-R	
Portata di piena	$Q_c =$	49,1			m^3/s
Larghezza sezione d'alveo	$b =$	4,0	4,0	4,0	m
Altezza minima sezione d'alveo	$H =$	2,0	1,5	2,2	m
Lunghezza tratto omogeneo d'alveo	$L =$	26	26	30	m
Pendenza tratto omogeneo d'alveo	$i_f =$	11,5%	11,5%	16,7%	%
Coefficiente di Strickler	$K_s =$	50			$m^{1/3}/s$
Quota fondo canale		1.852,30	1.854,00	1.857,30	m s.l.m.
Quota pelo libero canale		1.853,41	1.855,10	1.858,30	m s.l.m.
Tirante di moto uniforme	$h =$	1,11	1,10	1,00	m
Franco disponibile	$Fr =$	0,89	0,40	1,20	m

Tabella 1 Risultati verifiche in condizioni di moto uniforme

4 TIMBRI E FIRME

I PROGETTISTI

dott. ing. Andrea Gobber



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
dott. ing. ANDREA GOBBER
Ing. civile e ambientale, industriale e dell'informazione
ISCR. ALBO N° 2101 - Sezione A degli Ingegneri