

mipaft

ministero delle politiche agricole
alimentari, forestali e del turismo

FSC

Fondo per lo Sviluppo
e la Coesione

PROGRAMMA OPERATIVO AGRICOLTURA 2014 - 2020

Sottopiano 2 - Interventi nel campo delle Infrastrutture irrigue

C.U.P. E96J16001360009

CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060 - PRIGNANO CILENTO (SA)

Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

COMPLETAMENTO IMPIANTO

IRRIGUO DELL'ALENTO

Sistema di distribuzione intersettoriale

(3° lotto di distribuzione - 1° stralcio)

Fatt. tecnico-economica

Progetto definitivo

Progetto esecutivo

Elaborato

D3

Scala

Varie

Data

Settembre 2020

Revisione

1 2 3 4 5 6

Oggetto

**Relazione idrologica e idraulica,
verifica attraversamenti alvei e fossi**

**TIPOLOGIA
ELABORATO**

Descrittivo

Grafico

Calcolo

Economico

Sicurezza

Disciplinare - Contrattuale

Altro

PROGETTISTA

Velia Ingegneria e Servizi Srl

Loc. Piano Della Rocca 84060 - Prignano Cilento (SA)
Tel. 0974/837206 - Pec: veliaingegneria@pec.it

Ing. Gaetano Suppa

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1854 dal 12.09.1983

GEOLOGO

Dott. Geol. Francesco Peduto

Iscritto all'Albo dei Geologi Regione Campania n. 2683 dal 06.05.1988

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Giancarlo Greco

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 5168 dal 11.09.2006
Consorzio di Bonifica "Velia"

Loc. Piano Della Rocca 84060 - Prignano Cilento (SA)
Tel. 0974/837206 - Fax 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it

Rif. archivio digitale - 15g.2020/Ve.Ing.

**RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA
VERIFICA ATTRAVERSAMENTI ALVEI E FOSSI****Premessa**

La presente Relazione riguarda la verifica idraulica degli attraversamenti generati dalla realizzazione del progetto di "Completamento schema idrico dell'Alento sistema di distribuzione intersettoriale 3° lotto di completamento - 1° stralcio".

Si è verificato che il livello di piena (max tra altezza di moto uniforme e stato critico) per la portata di progetto (T=100anni) sia contenuta all'interna della sezione con una adeguato franco di sicurezza. Il profilo delle sezioni di attraversamento e la pendenza del tratto interessato del corso d'acqua (circa 10m a monte e 10m a valle dell'opera di attraversamento) sono stati ricavati da uno rilievo di dettaglio delle aree. La verifica al trascinarsi dell'opera di attraversamento (Materassino tipo Reno o Gabbionata) è stata effettuata in termini di velocità critica, verificando che la velocità massima della corrente, in condizioni di moto uniforme e/o stato critico, sia inferiore al valore V_{lim} di primo movimento, riportati in letteratura, per le diverse tipologie di rivestimenti.

1. Localizzazione degli interventi

Il seguito si riporta la verifica secondo la normativa del PSAI dell'Autorità di Bacino Campania Sud, degli attraversamenti dei principali alvei dei comuni di Rutino, Torchiara, Prignano e Lustra ed in particolare dei 15 attraversamenti che risultano indicati nella tabella che segue, e riportati nell'elaborato grafico D.5.

Attraversamento
AT01
AT02
AT03
AT04
AT05
AT06
AT07
AT08
AT09
AT10

AT11
AT12
AT13
AT14
AT15

Tab.1 elenco attraversamenti corsi d'acqua censiti

2. Portate di piena

Obiettivo principale dello studio di seguito illustrato è la valutazione delle portate al colmo di piena che possono defluire, nelle sezioni del reticolo idrografico in esame, con assegnato periodo di ritorno T.

A base delle verifiche delle sezioni in corrispondenza degli attraversamenti si sono assunti i valori di portata relativi ad un periodo di ritorno T=100. In sostanza tutti gli attraversamenti degli alvei da verificare, avvengono in sotteraneo ripristinando le dimensioni della sezione preesistente.

2.1 Metodo di indagine dello studio idrologico

I vari bacini sottesi dalle sezioni di verifica prese a riferimento, ricadono all'interno dell'area A1 di indagine dello studio idrologico, a scala regionale, svolto nell'ambito del Progetto Speciale VAPI (Valutazione delle Piene in Italia), dall'Unità Operativa del Gruppo Nazionale per la Previsione e Prevenzione delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), operante presso l'Università di Salerno.

I risultati dello studio sono stati esposti nel lavoro: "Valutazione delle Piene in Campania", a cura di Fabio Rossi e Paolo Villani, edito dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile.

Senza scendere in dettaglio, la stima della massima portata di piena pluviale, con assegnato periodo di ritorno, viene effettuata secondo una metodologia probabilistica, sicché risulta:

$$Q_T = K_{T,Q} * m(Q) \quad (1)$$

- Q_T = portata pluviale con assegnato periodo di ritorno;
- $K_{T,Q}$ = coefficiente di crescita col periodo di ritorno per le portate;
- $m(Q)$ = parametro centrale della distribuzione dei massimi annuali delle portate al colmo di piena (si assume la "media").

Se si definisce massimo annuale dell'intensità di precipitazione $I(d)$ il rapporto tra il massimo annuale dell'altezza di precipitazione $h(d)$ piovuta in un intervallo di durata "d" e la durata "d"

stessa, $\left(I_d = \frac{h_d}{d} \right)$, si passa ad esaminare come varia la media del massimo annuale

dell'intensità di precipitazione $m[I(d)]$ con la durata d stessa, ottenendo quelle che in letteratura sono note come *curve di probabilità pluviometrica (cpp)*.

Nella regione Campania sono stati identificati dei legami tra $m[I(d)]$, la durata "d" e la quota del bacino "Z" del tipo:

$$m[I(d)] = \frac{I_0}{\left(1 + \frac{d}{dc} \right)^{C-D*Z}} \quad (\text{c.p.p. tri-parametrica}) \quad (2)$$

I_0	d_c	C	$D*10^5$
[mm/h]	[h]	[-]	[-]
77.08	0.3661	0.7995	3.6077

Tab.2 curva di probabilità pluviometrica assunta nelle elaborazioni

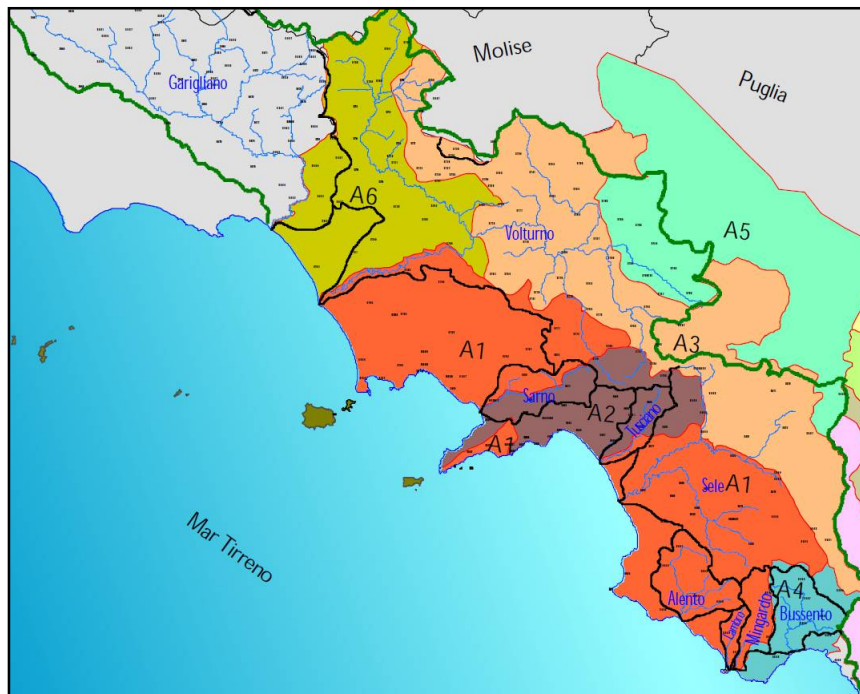


Fig.1 suddivisione del territorio regionale in aree omogenee (rapporto Vapi Campania)

In questa sede è sembrato opportuno procedere nella stima delle portate sviluppando e confrontando due diversi metodi di approccio metodologico:

1. Metodo razionale;
2. Metodo geomorfoclimatico.

Il valore di portata preso alla base dello studio idrologico corrisponde alla media del valore per T=100 dei due metodi di seguito riportati.

2.1.1 Metodo razionale

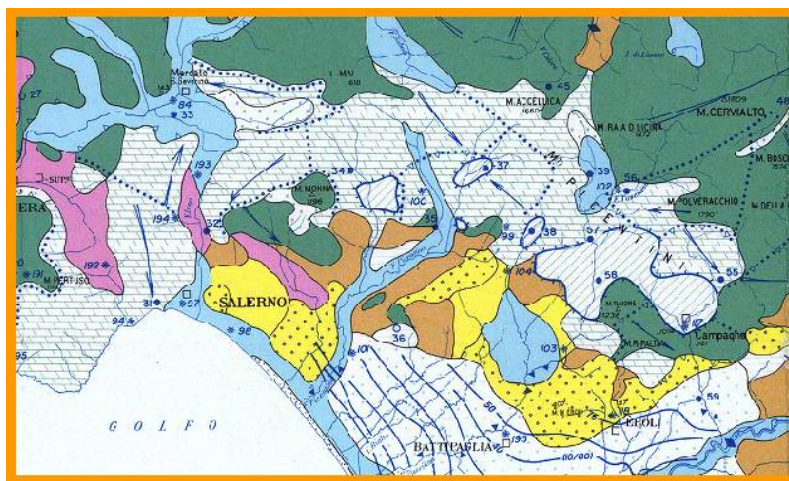
Il coefficiente φ della formula razionale classica è indicata con il simbolo C^* ed è denominato coefficiente di piena del bacino. Per quanto osservato dallo studio VAPI, risulta che, nel caso si assuma $t_c = t_r$, vale anche $C^* = C_f \cdot q$ (ossia del prodotto del coefficiente di afflusso di piena C_f ed il coefficiente corretto di attenuazione del colmo di piena q). Si rileva tra l'altro che q , nel caso in specie, risulta poco variabile (cfr tab. 5.9 studio VAPI). Pertanto il parametro di gran lunga più variabile da una stazione di misura all'altra risulta C_f .

Stima del coefficiente di piena:

Pertanto nel caso in cui si suddivida il territorio in due classi una impermeabile e una permeabile, e inoltre si suddivida questa ultima in funzione della presenza o meno della copertura boschiva, si ha l'espressione

$$C^* = C_1^* \cdot \frac{A_1}{A} + C_2^* \cdot \frac{A_2}{A}$$

Dove si indica con A_1 l'area permeabile del bacino valutata cautelativamente, da carta idrogeologica di seguito riportata, pari al 25% del totale.








Terreni piroclastici limo sabbiosi	
Conglomerato in matrice sabbiosa permeabile per porosità	
Complessi argillosi con permeabilità medio bassa	
Rocce prevalentemente calcaree con permeabilità elevata	
Rocce prevalentemente dolomitiche con permeabilità da medio a elevata	

Fig.2 carta idrogeologica del territorio d'interesse

Stima regionale del tempo di ritardo

Avendo attribuito valore nullo al coefficiente di afflusso nelle aree carbonatiche ricoperte da bosco, esistono solo due possibili vie attraverso le quali una goccia d'acqua caduta in un punto qualsiasi del bacino può giungere alla sezione terminale attraverso scorrimento superficiale attraverso le aree carbonatiche senza bosco ($i=1$) e le aree a bassa permeabilità ($i=2$).

Il valore di t_r in tal caso assume l'espressione:

$$t_r = \frac{C_1^* A_1}{C^* A} \cdot \frac{1.25\sqrt{A_1}}{3.6c_1} + \frac{C_2^* A_2}{C^* A} \cdot \frac{1.25\sqrt{A_2}}{3.6c_2} = [ore]$$

L'analisi regionale fornisce le seguenti stime dei parametri:

$$c_1 = 0.23m/s$$

$$c_2 = 1.87m/s$$

Stima regionale del coefficiente di riduzione areale

La valutazione dell'intensità di pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale) è effettuata considerando il coefficiente moltiplicatore costituito dal fattore di riduzione areale

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$$

dove "A" è l'area del bacino, espressa in Km², "d" la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono

$$c_1 = 0.0021$$

$$c_2 = 0.53$$

$$c_3 = 0.25$$

in cui c_3 non è ottenuto dai dati pluviometrici dell'area in studio, ma viene desunto da analoghe indagini condotte negli Stati Uniti.

Valutazione della piena media annua

Il modello razionale porta ad una valutazione della portata di piena media annua che può esprimersi secondo la relazione di seguito riportata:

$$\mu(Q) = C^* K_A(t_r) \mu[I(t_r)] A / 3.6 = [m^3 / s]$$

2.1.2 Metodo geomorfoclimatico

Il modello geomorfoclimatico è il modello i cui parametri possiedono maggiore significato fisico; purtroppo la sua applicazione è anche quella che richiede il maggiore impegno elaborativi.

Stima regionale del coefficiente di afflusso

La determinazione del coefficiente di afflusso di un bacino avviene mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A}$$

con

$$C_{f1} = 0.42$$

$$C_{f2} = 0.56$$

Stima regionale del tempo di ritardo:

Il valore di t_r in tal caso assume l'espressione:

$$t_r = \frac{C_{f1}A_1}{C_f A} \cdot \frac{1.25\sqrt{A_1}}{3.6c_1} + \frac{C_{f2}A_2}{C_f A} \cdot \frac{1.25\sqrt{A_2}}{3.6c_2} = [\text{ore}]$$

L'analisi regionale fornisce le seguenti stime dei parametri:

$$c_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.87 \text{ m/s}$$

Stima regionale del coefficiente di riduzione areale

Il fattore di riduzione areale si calcola come in precedenza con la seguente formula:

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$$

dove A è l'area del bacino, espressa in Km², d la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono

$$c_1 = 0.0021$$

$$c_2 = 0.53$$

$$c_3 = 0.25$$

in cui c₃ non è ottenuto dai dati pluviometrici dell'area in studio, ma viene desunto da analoghe indagini condotte negli Stati Uniti.

Valutazione della piena media annua

In sintesi tale modello conduce alla seguente espressione:

$$m(Q) = C_f q K_A(t_r) m [I(t_r)] A^{3,6}$$

ove le aree sono in km², le durate in ore e le intensità di pioggia in mm/h.

q è il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena, nel nostro caso pari a 0.6, e dipende in maniera complessa da tutti i parametri in gioco nel modello, ma che può essere valutato in prima approssimazione, come:

$$q = 0,60 \text{ se } 0,25 \leq n' = 1 + K_1 A - (\frac{t_r}{d_c}) / (1 + t_r/d_c) \leq 0,45$$

$$q = 0,65 \text{ se } 0,45 \leq n' = 1 + K_1 A - (\frac{t_r}{d_c}) / (1 + t_r/d_c) \leq 0,65 \text{ in cui } \frac{t_r}{d_c} \leq 0,6$$

d_c sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata (zona 2), mentre K₁ è un coefficiente numerico pari a K₁ = 1.44 * 10⁻⁴.

Il valore ottenuto di m(Q) va moltiplicato per il fattore di crescita K_T delle portate, variabile con il periodo di ritorno T secondo quanto riportato nella seguente tabella:

T (anni)	K _r (piogge)
10	1,64
20	2,19
50	2,77
100	3,22
200	3,67
300	3,94

Tab. 3 valori di K_r per le portate

La verifica delle sezioni idrauliche nel pieno rispetto delle dimensioni attuali sono state condotte in moto uniforme con la formula di Gaukler-Strikler assumendo dal punto di vista dimensionale la sezione rettangolare o trapezoidale e verificando dappertutto il contenimento della portata nonché dell'altezza di stato critico.

Bacino	Sup. (mq)	Z (m slmm)	tr (ore)	Q100 metodo razionale	Q100 metodo geomorf.	Q media (mc/s)
AT1	2210	290	0,01	0,05	0,047	0,05
AT2	68372	325	0,07	1,39	1,28	1,34
AT3	8077	325	0,03	0,18	0,17	0,18
AT4	71875	315	0,08	1,46	1,34	1,40
AT5	107303	290	0,09	2,11	1,95	2,03
AT6	5806	265	0,02	0,13	0,12	0,13
AT7	109031	285	0,09	2,14	1,97	2,06
AT8	547418	250	0,21	8,93	8,27	8,60
AT9	2473261	170	0,45	30,5	28,36	29,43
AT10	8742	200	0,03	0,2	0,18	0,19
AT11	224251	290	0,14	4,1	3,79	3,95
AT12	58333	265	0,07	1,2	1,11	1,16
AT13	2685546	300	0,47	32,34	30,1	31,22
AT14	46275	225	0,06	0,96	0,89	0,93
AT15	1063195	250	0,3	15,54	14,42	14,98

Tab. 4 valori di portata centennale per le diverse sezioni di attraversamento

3. CARATTERISTICHE TECNICHE E COSTRUTTIVE DEI MANUFATTI

Per gli attraversamenti dei corsi d'acqua rilevanti, di cui si è effettuata la verifica, è prevista la posa in opera con un semplice ripristino della sezione esistente protetta con materassi tipo reno e/o gabbioni e il rinfianco della condotta con protezione in cls.

Laddove la condotta attraversa corsi d'acqua poco rilevanti, e/o fossi, si provvederà a posare la condotta con un semplice ripristino della sezione esistente e il rinfianco di tale condotta con bauletto in cls. Per questi attraversamenti non si effettua la verifica idraulica, in quanto, ripristinando la sezione esistente e non intervenendo sulle sponde, tali interventi sono tali da:

- Non incrementare le condizioni di rischio idraulico attuali;
- Non costituire elementi di intralcio per futuri interventi di sistemazione tesi all'abbattimento complessivo del rischio idraulico.

Le tipologie delle opere tipo adoperate sono state già utilizzate in precedenti interventi che hanno ottenuto parere favorevole da Codesta Autorità di Bacino- e si rifanno essenzialmente a quanto riportato nelle Quaderno delle Opere Tipo, come opere idrauliche di "Protezione Trasversale".

Nello specifico verranno utilizzate delle "soglie di fondo" e delle "protezioni spondali".

Le soglie, completamente interrato nel fondo dall'alveo, in un corso tendente all'erosione hanno semplicemente lo scopo di fissare localmente l'altimetria, in modo che esso non possa abbassarsi e quindi, nel caso che nel tratto a monte si verificasse erosione, questa diminuirà la pendenza.

Le soglie saranno fondate abbastanza profondamente in modo che il previsto abbassamento dell'alveo a valle non ne provochi lo scalzamento. La protezione delle sponde invece, sarà eseguita con difese radenti cioè con difese appoggiate alla sponda che esse proteggono, in modo che la corrente vi scorra dinanzi tangenzialmente. Esse hanno scopi essenzialmente difensivi e non modificano l'andamento del corso d'acqua.

Quaderno delle opere tipo

Disegno: A_2_01_04
1 di 1

A	Opere di sistemazione idraulica
A.2	Protezione delle sponde e delle scarpate arginali
A.2.01	Difese spondali su aste fluviali o torrentizie senza livelli d'acqua semipermanenti
A.2.01.04	Difesa in gabbioni metallici

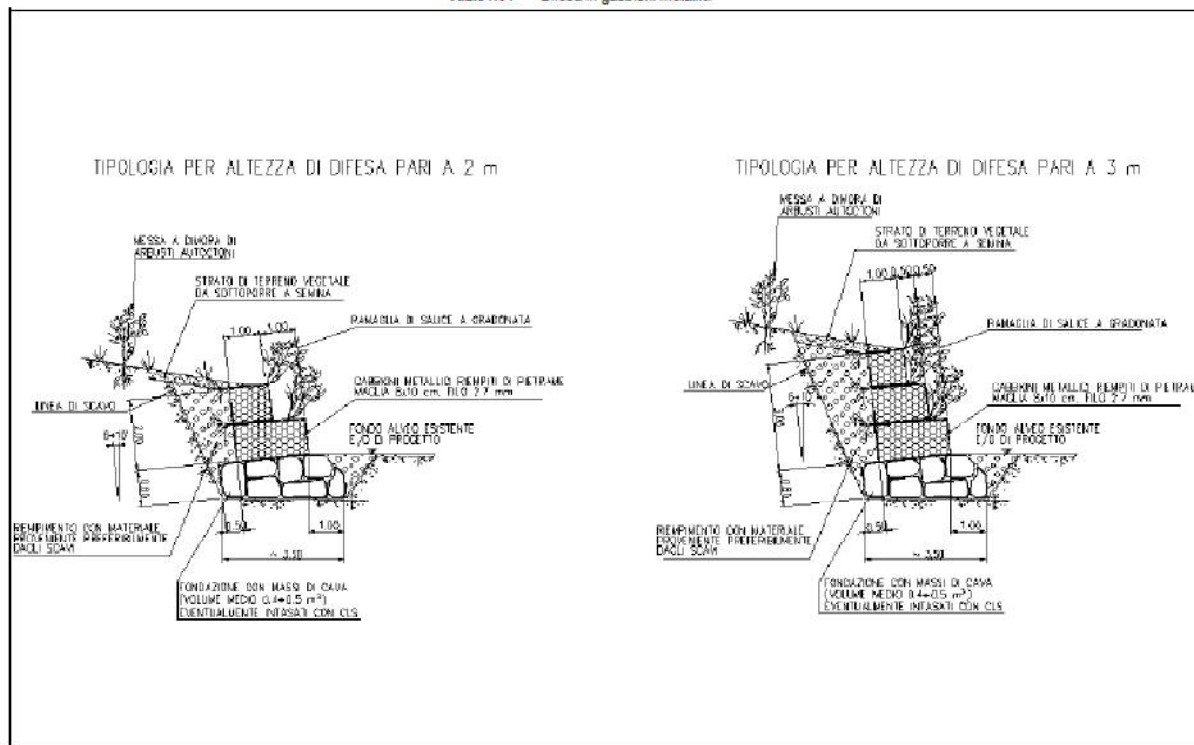


Fig. 3 Opera tipo tratta dal "Quaderno delle Opere tipo" ex AdB Sinistra Sele

Con riferimento alle **opere tipo** riportati nelle figure seguenti, gli attraversamenti sono realizzati con bauletto in calcestruzzo di dimensione 1.30m x 1.30m a protezione della condotta e materassi tipo Reno di spessore variabile da 0.15 a 0.30 metri completamente interrati al di sotto del profilo dell'alveo attuale del corso d'acqua. Il profilo dei gabbione di progetto è interno a quello della scarpata esistente, pertanto la sezione dell'alveo, dopo l'inserimento delle opere tipo, risulta sempre maggiore o al minimo uguale a quella dello stato di fatto.

Nella sezione di attraversamento è stato determinata l'altezza di moto uniforme mediante la formula di Gaukler Strikler e di stato critico. La scabrezza adoperata per il calcolo del moto uniforme è pari a $K_s=35 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$

Si è verificato che il livello di piena (max tra altezza di moto uniforme e stato critico) per la portata di progetto (T=100anni) sia contenuta all'interna della sezione con una adeguato franco di sicurezza. Il profilo delle sezioni di attraversamento e la pendenza del tratto interessato del corso d'acqua (circa 10m a monte e 10m a valle dell'opera di attraversamento) sono stati ricavati da uno rilievo di dettaglio delle aree. La verifica al trascinarsi dell'opera di attraversamento (Materassino tipo Reno o Gabbionata) è stata effettuata in termini di velocità critica, verificando che la velocità massima della corrente, in condizioni di moto uniforme e/o stato critico, sia inferiore al valore V_{lim} di primo movimento riportati nella Fig validi per diverse tipologie di rivestimenti.

VERIFICA IN TERMINI DI VELOCITÀ

Velocità critica (primo movimento) e limite (alla max. deformazione) derivate da test di laboratorio.
Entrambe le velocità dipendono dallo spessore dei rivestimenti e dalle dimensioni delle pietre (indicata in mm) di riempimento

Type	Thickness (m)	Filling stones		Critical velocity (*)	Limit velocity (*)
		stone size	d_{60}		
Reno mattress	0,15-0,17	70-100	0,085	3.5	4.2
		70-150	0.110	4.2	4.5
	0,23-0,25	70-100	0,085	3.6	5.5
		70-150	0.120	4.5	6.1
	0,30	70-120	0.100	4.2	5.5
		100-150	0.125	5.0	6.4
Gabions	0,50	100-200	0.150	5.8	7.6
		120-250	0.190	6.4	8.0

Fig. 4 Velocità critica di primo movimento dei rivestimenti.

Di seguito vengono riportate le verifiche idrauliche, sia in termini di franco di sicurezza (fr) della sezione considerata al passaggio della portata massima (differenza tra l'altezza della sezione H e la max tra altezza di stato critico h_c o altezza di moto uniforme h_u), sia in termini di verifica che la velocità massima prevista (max tra la velocità di stato critico e di

moto uniforme) sia inferiore ai limite di trascinamento (V_{lim}) adottato per i due tipi di rivestimento (gabbioni o materassi reno).

CODICE	COMUNE	TUBAZIONE	ID TRATTO	A	B	H
AT-02	PRIGNANO	PEAD-PN16-Ø110	317-319	5	6	1,5
AT-04	PRIGNANO-TORCHIARA	PEAD-PN16-Ø110	306-311	5	5	1,5
AT-08	PRIGNANO	ACCIAIO-PN35-Ø500	0-1	5	4,5	2,5
AT-09	PRIGNANO-TORCHIARA	ACCIAIO-PN35-Ø500	0-1	5	10	1,5
AT-10	TORCHIARA	ACCIAIO-PN35-Ø500	0-1	5	2	1,5
AT-12	RUTINO	PEAD-PN25-Ø200	72-74	5	9	2,5
AT-13	RUTINO-LUSTRA	PEAD-PN25-Ø180	26-17	5	9	2,5

Tab. 5 attraversamenti con opera in gabbioni- sezione rettangolare

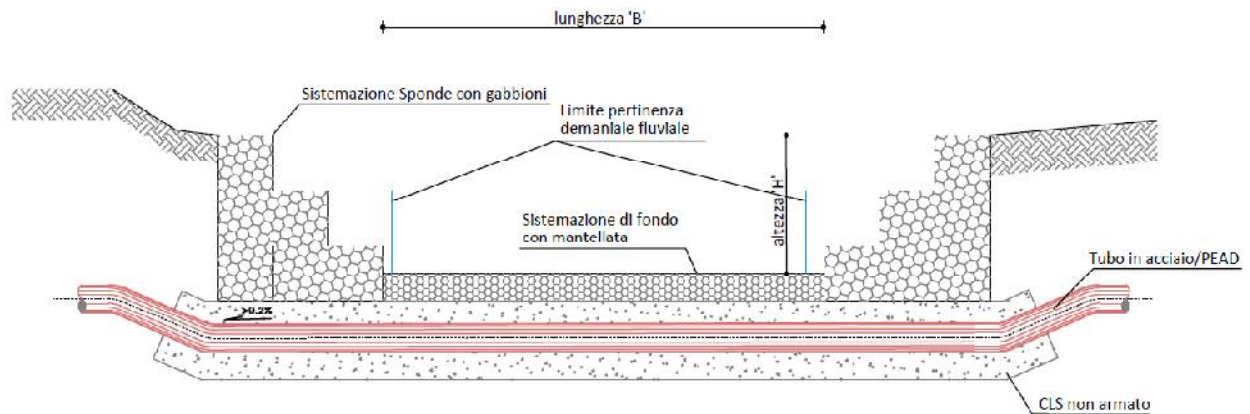


Fig. 5 opera tipo attraversamento con protezione spondale in gabbioni

CODICE	COMUNE	TUBAZIONE	ID TRATTO	A	B	H
AT-01	PRIGNANO	PEAD-PN16-Ø110	317-319	5	6	1
AT-03	PRIGNANO	PEAD-PN16-Ø180	3051-312	5	4	1
AT-05	TORCHIARA	PEAD-PN16-Ø110	330-332	5	3	1
AT-06	TORCHIARA	PEAD-PN16-Ø110	332-338	5	3	1
AT-07	TORCHIARA	PEAD-PN16-Ø180	335-336	5	5	1
AT-11	RUTINO	PEAD-PN25-Ø180	7-72	5	5	1
AT-14	LUSTRA	PEAD-PN25-Ø125	31-244	5	5	1
AT-15	PRIGNANO	PEAD-PN16-Ø180	335-339	5	5	1

Tab. 6 attraversamenti con rivestimento in materassi reno- sezione trapezoidale

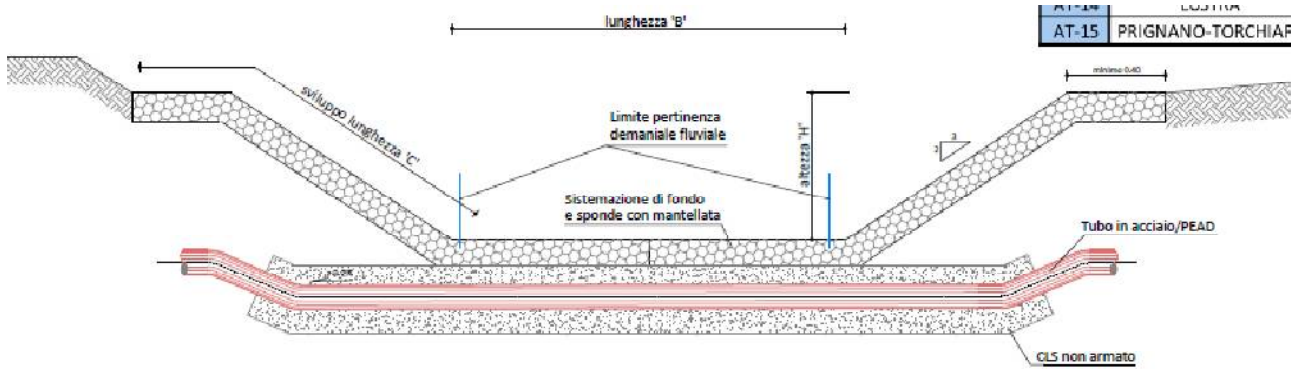


Fig. 6 opera tipo attraversamento con protezione spondale in materassi reno

Bacino	i [m/m]	Q [mc/s]	h_u [m]	V_u [m/s]	h_c [m]	V_c [m/s]	H [m]	fr [m]	V_{lim} [m/s]	
AT2	0,22	1,34	0,08	3,00	0,17	1,33	1,50	1,33	7,60	SEZIONE RETTANGOLARE CON GABBIONI
AT4	0,17	1,40	0,10	3,03	0,20	1,44	1,50	1,30	7,60	
AT8	0,08	8,60	0,39	4,82	0,75	2,65	2,50	1,75	7,60	
AT9	0,05	29,43	0,58	5,10	0,95	3,07	1,50	0,55	7,60	
AT10	0,15	0,19	0,05	1,80	0,10	0,94	1,50	1,40	7,60	
AT12	0,18	1,16	0,06	2,25	0,11	1,10	2,50	2,39	7,60	
AT13	0,03	31,22	0,76	4,53	1,08	3,25	2,50	1,42	7,60	SEZIONE TRAPEZOIDALE CON MATERASSI RENO
AT1	0,27	0,05	0,007	0,60	0,01	0,50	1,00	0,99	5,50	
AT3	0,32	0,18	0,03	1,85	0,04	0,72	1,00	0,96	5,50	
AT5	0,12	2,03	0,18	3,55	0,26	1,74	1,00	0,74	5,50	
AT6	0,26	0,13	0,03	1,60	0,04	0,75	1,00	0,96	5,50	
AT7	0,17	2,06	0,11	3,30	0,21	1,15	1,00	0,79	5,50	
AT11	0,11	3,95	0,18	3,65	0,32	1,85	1,00	0,68	5,50	
AT14	0,16	0,93	0,07	2,33	0,12	1,19	1,00	0,88	5,50	
AT15	0,04	14,98	0,58	4,30	0,87	2,68	1,00	0,13	5,50	

Tab. 7 verifiche idrauliche attraversamenti

Come evidenziato in tabella, esiste sempre un adeguato franco di sicurezza (fr), così come le velocità massime stimate risultano sempre inferiori ai limiti di velocità di primo movimento per le due tipologie di rivestimento delle sponde previste.