



**Committente:**  
Comune di Fosdinovo

**Livello di Progetto:**  
Esecutivo

**Titolo:**

**LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE  
IN FRANA DELLA SP N°10 DI TENERANO, NEI  
PRESSI DELL'ABITATO DI MARCIASO  
- LOTTO 1° -**

**Oggetto:**

**RELAZIONE IDRAULICA**

**Attraversamenti**

**Codice Progetto:**  
P082-16

**Firme:**

**Nome File:**  
P082-16-E-RE-IDR-001-A

Rev.	Modifiche/Revisioni	Redatto	Data	Contr./Appr.	Data
A	PRIMA EMISSIONE	DR	14/09/17	DG	14/09/17

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA IDRAULICA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CRITERI PROGETTUALI.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>VERIFICA IDRAULICA.....</b>	<b>9</b>
5.1	PORTATE DI PROGETTO.....	9
5.2	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	9
5.3	RISULTATI.....	10

### **ALLEGATO A: VERIFICHE IDRAULICHE**

## **1 PREMESSA**

La presente relazione fa parte del progetto definitivo dei Lavori di consolidamento del versante in frana della S.P. n°10 di Tenerano, nei pressi dell'abitato di Marciaso in comune di Fosdinovo (MS).

Lungo tale tratto nel progetto Definitivo approvato in CdS il 22/08/2017 sono stati individuati n.12 interventi principali all'interno dei quali sono state individuate una serie di opere finalizzate al consolidamento sia sul lato di monte sia sul lato di valle della carreggiata stradale.

Alcuni di tali interventi prevedono il rifacimento o la realizzazione di nuovi manufatti di attraversamento in corrispondenza delle interferenze della viabilità con il reticolo idrografico di superficie.

La presente relazione contiene il dimensionamento e la verifica idraulica dei soli attraversamenti interferenti con le opere di cui al lotto 1°.

Nella fattispecie gli attraversamenti da eseguire sono riferiti agli interventi 4 e 5.

## **2 DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE**

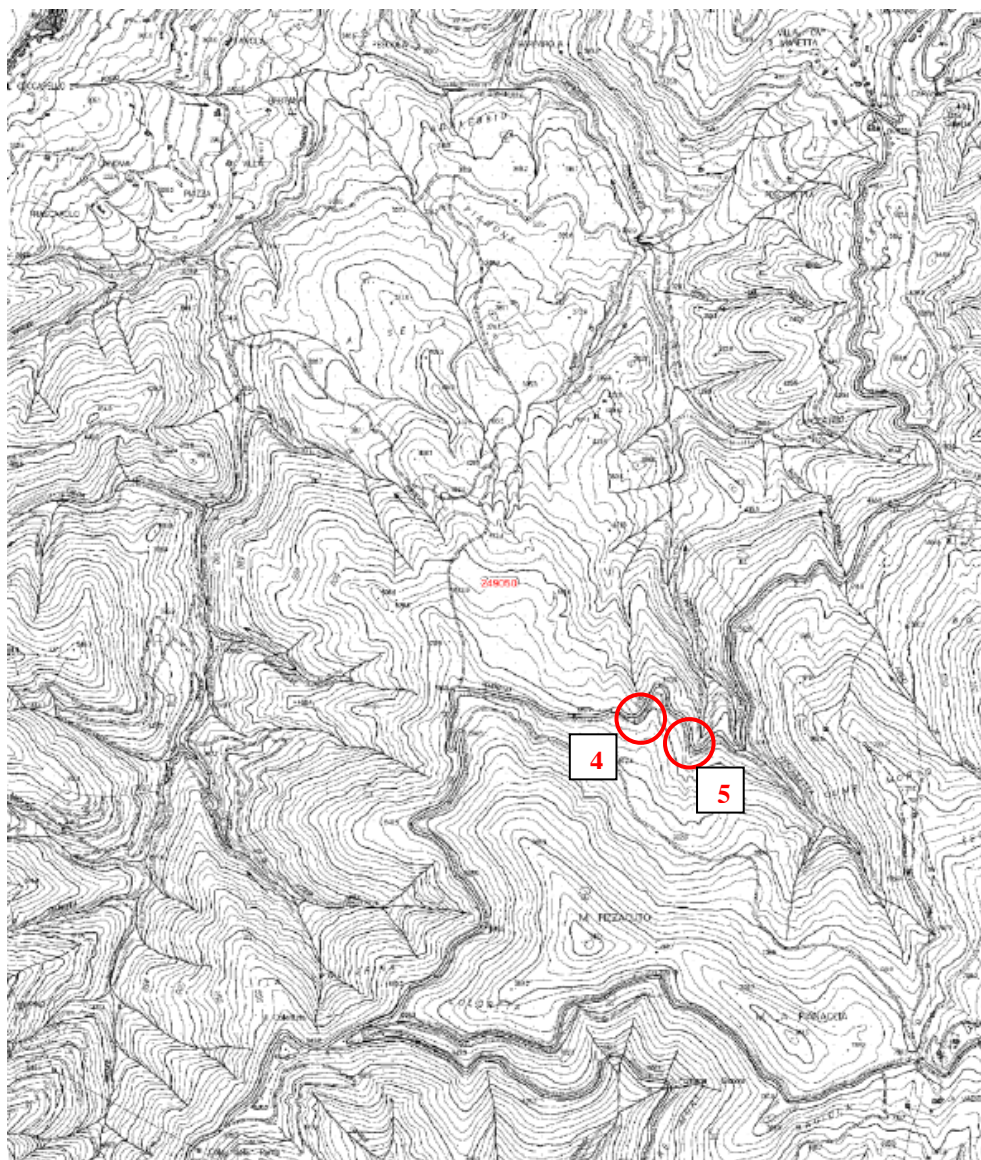
Il reticolo interferente appartiene da un punto di vista idrografico al più vasto bacino del fiume Magra, in una zona prossima allo spartiacque con il bacino del torrente Parmignola e, più a Est, del torrente Carrione.

Le interferenze idrauliche riguardano per lo più rivi minori o compluvi di entità modesta, assimilabili più ad uno smaltimento di acque meteoriche di aree scolanti che a veri e propri corsi d'acqua.

Con riferimento alla numerazione degli interventi puntuali di consolidamento in progetto, gli attraversamenti sono associati in particolare ai seguenti interventi: 2, 4, 5, 6, 8, 12.

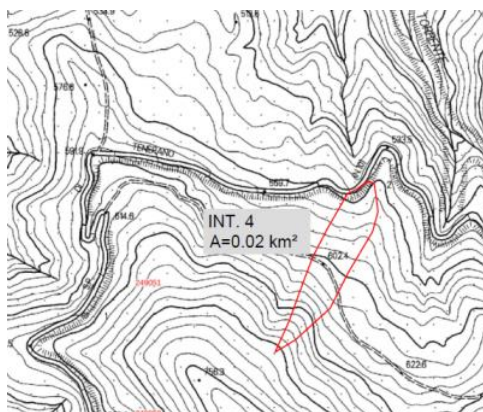
In figura 2.1 sono evidenziati tali attraversamenti su una planimetria fuori scala tratta dalla c.t.r. in scala 1:10000 della Regione Toscana.

Di seguito si riporta la descrizione di ciascuna interferenza e della sua prevista risoluzione di progetto.



**Figura 2.1: Attraversamenti in progetto**

### *Interferenza intervento n. 4*



**Figura 2.3: Bacino sotteso - Intervento 4**

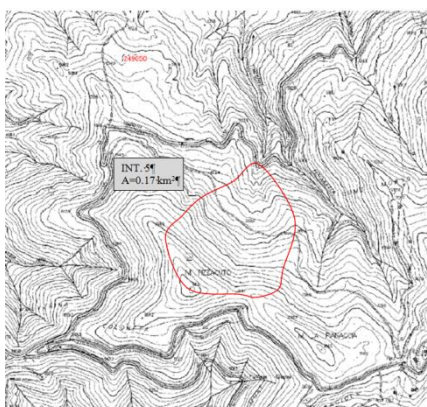
Il rivo interferente è un compluvio che drena una parte di versante modesta entità a monte della strada; il bacino sotteso ha una forma rettangolare allungata orientato in direzione SO-NE con il lato più lungo di circa 300 m ed il lato più corto 70 m circa.

L'area del bacino è pari a circa 0.02 km<sup>2</sup>, la pendenza dei versanti è del 60% circa.

In tale punto della strada non esiste alcun attraversamento per lo smaltimento delle acque di versante.

Il progetto prevede per tale attraversamento la posa di una nuova tubazione DN 800 in cls. ( $D_{est.}=1143$  mm,  $sp=85$  mm) della lunghezza di circa 13 m, con pendenza minima del 5%, con relativo pozzetto nella sezione di imbocco di monte.

### *Interferenza intervento n. 5*



**Figura 2.4: Bacino sotteso - Intervento 5**

Il rivo dell'intervento 5 è il più importante tra quelli interferenti con la viabilità nel tratto di interesse; esso è un affluente di sinistra del torrente Pescioletta, in cui confluisce circa 150 m a valle dell'attraversamento stradale.

Il bacino sotteso ha una forma assimilabile ad un quadrato con il lato della lunghezza di 450 m circa, con l'asta principale orientata in direzione S-N.

L'area del bacino è pari a circa 0.17 km<sup>2</sup>, la pendenza dei versanti è del 50% circa.

In tale punto esiste una tubazione DN 800 in cattive condizioni e parzialmente ostruita di materiale.

Il progetto prevede per tale attraversamento la posa di una nuova tubazione DN 1200 in cls. ( $D_{est.}=1644$  mm,  $sp=140$  mm) della lunghezza di circa 13 m, con pendenza minima del 6%, con doppio pozzetto nella sezione di imbocco di monte, il primo con funzione di vasca di sedimentazione del materiale trasportato dalla corrente, il secondo atto a favorire il deflusso all'interno della tubazione stessa senza esondazioni sul piano viabile anche in caso della sua eventuale messa in pressione.

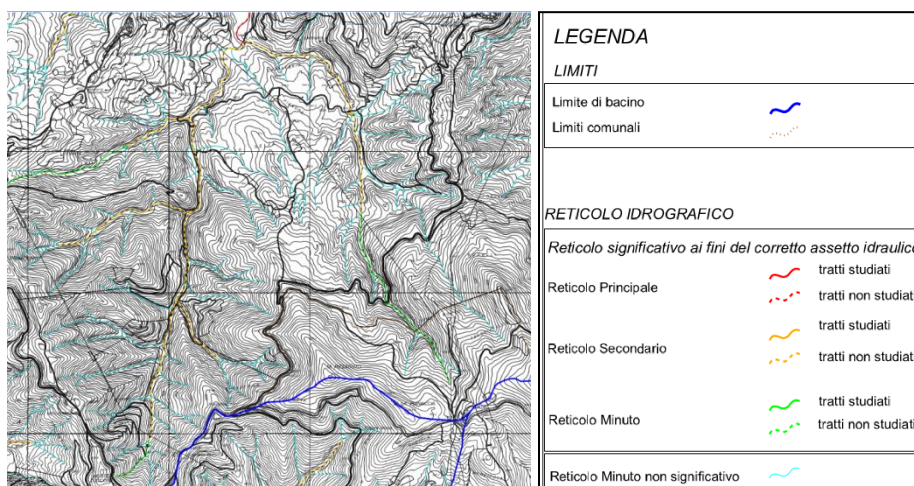
### **3   NORMATIVA IDRAULICA DI RIFERIMENTO**

La normativa di riferimento da un punto di vista idraulico è costituita dal Piano Stralcio "Assetto idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola", ai sensi art. 17 comma 6 ter L. 183/89 e art. 1 comma 1 DL 180/98, adottato nell'aprile 2006 (DCI 180/06), ed in particolare dalle sue Norme di Attuazione, come modificate dal D.C.I. n. 3 del 29/06/2016.

I rivi interferenti con la viabilità di cui è prevista la realizzazione di nuovi manufatti di attraversamento, non risultano nemmeno indicati nella Carta del reticolo idrografico del Piano.

Essi costituiscono infatti le appendici superiori (esterne al reticolo) di rivi indicati come appartenenti al reticolo idrografico minuto non significativo e quindi non studiati ai fini della pericolosità idraulica.





Le Norme di Attuazione forniscono comunque (Allegato 4) la metodologia per il calcolo delle portate di piena per assegnati tempi di ritorno per i corsi d'acqua appartenenti al bacino del fiume Magra secondo il seguente schema:

Tempi di ritorno	Affluenti fiume Magra a valle della confluenza	Alto Vara ed Affluenti	Alto Magra ed affluenti a monte della confluenza
30 anni	$Q = 12 \cdot A^{0.7}$	$Q = 16 \cdot A^{0.85}$ (A < 15 km <sup>2</sup> ) $Q = 24 \cdot A^{0.7}$ (A > 15 km <sup>2</sup> )	$Q = 15 \cdot A^{0.85}$ (A < 39 km <sup>2</sup> ) $Q = 26 \cdot A^{0.7}$ (A > 39 km <sup>2</sup> )
100 anni	$Q = 16 \cdot A^{0.7}$	$Q = 21 \cdot A^{0.85}$ (A < 36 km <sup>2</sup> ) $Q = 33 \cdot A^{0.7}$ (A > 36 km <sup>2</sup> )	$Q = 20 \cdot A^{0.85}$ (A < 50 km <sup>2</sup> ) $Q = 36 \cdot A^{0.7}$ (A > 50 km <sup>2</sup> )
200 anni	$Q = 18 \cdot A^{0.7}$	$Q = 25 \cdot A^{0.85}$ (A < 23 km <sup>2</sup> ) $Q = 40 \cdot A^{0.7}$ (A > 23 km <sup>2</sup> )	$Q = 23 \cdot A^{0.85}$ (A < 65 km <sup>2</sup> ) $Q = 43 \cdot A^{0.7}$ (A > 65 km <sup>2</sup> )
500 anni	$Q = 21 \cdot A^{0.7}$	$Q = 29 \cdot A^{0.85}$ (A < 43 km <sup>2</sup> ) $Q = 51 \cdot A^{0.7}$ (A > 43 km <sup>2</sup> )	$Q = 28 \cdot A^{0.85}$ (A < 80 km <sup>2</sup> ) $Q = 54 \cdot A^{0.7}$ (A > 80 km <sup>2</sup> )

L'area contribuyente A è espressa in Km<sup>2</sup> e la portata al colmo Q in m<sup>3</sup>/s.

L'Allegato 5 fornisce inoltre gli indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche con particolare riferimento ai coefficienti di scabrezza e ai franchi idraulici di riferimento per il dimensionamento e le verifiche delle opere idrauliche sui corsi d'acqua del reticolo idrografico.

In particolare vengono indicati i seguenti valori dei coefficienti di scabrezza:

Descrizione corso d'acqua	Ks di Strickler (m <sup>3/2</sup> s <sup>-1</sup> )
Alvei naturali con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea, fondo mobile con materiale di grossa pezzatura, alvei in roccia con sporgenze e grossi massi	20-25
Alvei naturali tortuosi con presenza di vegetazione arbustiva e arborea, fondo mobile con sedimenti di media pezzatura	25-30
Alvei naturali rettilinei con scarsa presenza di vegetazione arbustiva e arborea, fondo mobile con sedimenti di piccola pezzatura	30-35
Alvei artificiali inerti in assenza di vegetazione arbustiva e arborea	35-40
Alvei artificiali rivestiti in calcestruzzo in assenza di manufatti interferenti con le acque	40-45

E vengono raccomandati i seguenti valori minimi dei franchi idraulici:

Stato del bacino sotteso	Tipo di opere	
	Argini e difese spondali	Attraversamento
Sufficientemente sistemato	cm 50	cm 75
Poco sistemato, ma non dissestato	cm 75	cm 100
Dissestato	cm 100	cm 150

La Norma ammette tuttavia deroghe ai franchi di sicurezza in relazione a casi specifici ed a seguito di adeguate analisi e valutazioni, a condizione che sia comunque assicurata l'adeguata sicurezza delle opere in progetto e delle aree limitrofe ai fini della tutela della pubblica e privata incolumità ed in particolare per i bacini di modesta rilevanza quali ad esempio quelli di estensione inferiore a 2 km<sup>2</sup> e quelli del reticolo minuto non significativo.

#### 4 CRITERI PROGETTUALI

Pur trattandosi di bacini di modesta entità (con superfici inferiori a 0.5 km<sup>2</sup>) non compresi nel reticolo idrografico di riferimento, nel dimensionamento dei manufatti di attraversamento si è comunque fatto riferimento alle indicazioni contenute nelle Norme di Attuazione del Piano di Bacino del fiume Magra.

Si è assunta per tutti i corsi d'acqua la portata di piena 200-ennale calcolata con la metodologia indicata dalle Norme.

In ragione delle modeste dimensioni dei bacini sottesi e dei relativi compluvi, si è assunto un grado di riempimento massimo inferiore a 0.7 con un franco rispetto all'intradosso superiore a 0.5 m.

Nella scelta dei diametri si è optato per far prevalere gli aspetti manutentivi rispetto all'efficienza idraulica (pur sempre sovradimensionata). A tale scopo il diametro minimo dell'attraversamento è pari a ø800 in modo da consentire una più agevole manutenzione.

Per quanto riguarda i coefficienti di scabrezza si è utilizzato il valore di 0.025 di Manning (40 di Strickler) indicato dalle Norme di Piano come proprio di alvei artificiali rivestiti in calcestruzzo.

Il pozzetto di monte è stato dimensionato per contenere il livello di piena al di sotto del piano viabile anche nel caso più sfavorevole di messa in pressione della sezione di imbocco.

A favore di sicurezza si è mantenuto un rapporto tra la portata massima smaltibile e la portata di progetto, pari almeno a 2; al fine di evitare il funzionamento in pressione, si è verificato che la pendenza minima del fondo fosse sempre superiore (con un coefficiente superiore a 3) alla pendenza motrice J relativa all'eventuale funzionamento in pressione.



Nei casi in cui la morfologia dei luoghi lo consente si è previsto a monte la realizzazione di un ulteriore pozzetto per il deposito del materiale trasportato dalla corrente e la trattenuta del materiale flottante (rami, foglie ecc.) a protezione del tombino sottostante.

Al fine di evitare possibili fenomeni erosivi della corrente nella sezione di sbocco, è previsto, dove le condizioni del versante lo rendano possibile, la realizzazione di un'opera di protezione quale ad esempio una platea di massi naturali intasati di calcestruzzo o di materassi tipo Reno, o ancora una serie di palificate con riempimento di pietrame a tergo.

## 5 VERIFICA IDRAULICA

### 5.1 PORTATE DI PROGETTO

E' stata assunta quale riferimento per il dimensionamento e la verifica dei manufatti di attraversamento la portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni.

Tale valore di portata è stato ricavato per ciascun attraversamento mediante la formulazione contenuta nell'Allegato 4 delle Norme di Attuazione del PAI, valida per i bacini del Magra a monte della confluenza con il Vara:

$$Q=23 \cdot A^{0.85}$$

Di seguito si riportano i valori della portata di piena 200-ennale per tutti gli attraversamenti ricavate da tale formulazione:

Attraversamento	A [km <sup>2</sup> ]	Q200 [m <sup>3</sup> /s]
Intervento 4	0.020	0.83
Intervento 5	0.170	5.10

Tali valori sono stati assunti quale riferimento nelle successive verifiche idrauliche.

### 5.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Trattandosi di attraversamenti puntuali di lunghezza e dimensioni modeste, la verifica idraulica è stata condotta assumendo le condizioni di moto uniforme tramite l'applicazione della formula di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove  $Q$ [m<sup>3</sup>/s] è la portata,  $\chi$ [m<sup>1/2</sup> s<sup>-1</sup>] il coefficiente di attrito,  $A$ [m<sup>2</sup>] l'area della sezione liquida,  $R$ [m] il raggio idraulico,  $i_f$  la pendenza del canale o del condotto.

Per il calcolo di  $\chi$  è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove  $n[m^{-1/3}s]$  è un coefficiente dimensionale che definisce la scabrezza in funzione della tipologia e dello stato di servizio del manufatto da dimensionare.

Tale parametro è stato assunto pari a  $0.025 m^{-1/3}s$  indicato dalle Norme di Piano come proprio di alvei artificiali rivestiti in calcestruzzo.

Con tale metodologia si sono calcolate le caratteristiche del moto (profondità  $y[m]$ , velocità  $U[m/s]$ , numero di Froude  $Fr[-]$ ) per la portata di progetto.

Si è inoltre individuata la portata massima smaltibile a pelo libero in condizioni di incipiente pressione.

E' stata inoltre eseguita una verifica della sezione di imbocco (pozzetto) accertandosi che il l'altezza tra il piano viabile e l'intradosso sia superiore a 1.5 volte l'altezza cinetica della corrente nel caso di messa in pressione della sezione stessa:

$$DZ \geq 1.5 \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g}$$

Dove  $U[m/s]$  è la velocità di deflusso a bocca piena della sezione di imbocco e  $g[m/s^2]$  è l'accelerazione di gravità.

Una ulteriore verifica ha riguardato la condizione necessaria e sufficiente perché il tombino non vada in pressione e cioè che la pendenza del fondo  $if$  risulti maggiore della pendenza motrice  $J$  calcolata come:

$$J = \frac{10.3 \cdot n^2 \cdot Q^2}{D^{(16/3)}}$$

valida per tubazioni circolari, dove  $n$  è il coefficiente di scabrezza di Manning,  $Q[m^3/s]$  è la portata di progetto e  $D[m]$  è il diametro interno della tubazione.

### 5.3 RISULTATI

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche idrauliche per ciascun attraversamento.

In Allegato A sono riportate in forma tabellare le relative scale di deflusso.

#### *Interferenza intervento n. 4*

Dati  $D_i=973$  mm e  $i_f=0.05$ , la portata di  $0.83$  m<sup>3</sup>/s defluisce all'interno della tombinatura in corrente veloce con una profondità di  $0.38$  m (grado di riempimento  $0.39$ ), velocità  $3.1$  m/s, numero di Froude  $1.9$ .

Il franco rispetto all'intradosso è  $0.59$  m.

La portata massima smaltibile a pelo libero è pari a  $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$  che è maggiore di oltre 3 volte il valore della portata di progetto.

Il rapporto tra la pendenza del fondo  $i_f (=0.05)$  e la pendenza motrice  $J (=0.005)$  è circa 10, quindi tale da escludere il funzionamento in pressione della tubazione.

Infine nel caso più sfavorevole di messa in pressione della sezione di imbocco il carico sopra l'estradosso vale 0.1 m.

### ***Interferenza intervento n. 5***

E' l'attraversamento di maggiori dimensioni tra quelli esaminati.

Dati  $D_i=1725 \text{ mm}$  (DN 1500) e  $i_f=0.06$ , la portata di  $5.10 \text{ m}^3/\text{s}$  defluisce all'interno della tombinatura in corrente veloce con una profondità di 0.86 m (grado di riempimento 0.63), velocità 5.2 m/s, numero di Froude 1.90.

Il franco rispetto all'intradosso è 0.50 m.

La portata massima smaltibile a pelo libero è pari a  $7.4 \text{ m}^3/\text{s}$  che è maggiore di circa 1.5 volte il valore della portata di progetto.

Il rapporto tra la pendenza del fondo  $i_f (=0.06)$  e la pendenza motrice  $J (=0.03)$  è circa 2, quindi tale da escludere il funzionamento in pressione della tubazione.

Infine nel caso più sfavorevole di messa in pressione della sezione di imbocco il carico sopra l'estradosso vale 0.9 m.

**ALLEGATO A**

**VERIFICHE IDRAULICHE**

**Tabella : INTERVENTO 4**  
**Scala di deflusso sezione circolare**

	<b>DN</b>	800		
	<b>De</b>	=	1143	
	<b>2s=</b>	=	170	
Diametro	<b>D</b>	=	973	mm
Raggio	<b>R</b>	=	0.49	m
Coefficiente di scabrezza di Mann	<b>n</b>	=	0.025	m <sup>-1/3</sup> s
Pendenza fondo	<b>if</b>	=	0.05	m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [m <sup>2</sup> ]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m <sup>3</sup> /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.18
0.097	0.10	1.29	0.63	0.04	0.06	0.58	0.054	1.40	0.100	0.197	1.73
0.195	0.20	1.85	0.90	0.11	0.12	0.78	0.227	2.14	0.234	0.429	1.86
0.292	0.30	2.32	1.13	0.19	0.17	0.89	0.508	2.71	0.373	0.665	1.88
0.389	0.40	2.74	1.33	0.28	0.21	0.95	0.873	3.14	0.504	0.893	1.86
0.487	0.50	3.14	1.53	0.37	0.24	0.97	1.296	3.49	0.619	1.106	1.80
0.584	0.60	3.54	1.72	0.47	0.27	0.95	1.741	3.74	0.712	1.296	1.71
0.681	0.70	3.96	1.93	0.56	0.29	0.89	2.170	3.90	0.776	1.457	1.58
0.778	0.80	4.43	2.15	0.64	0.30	0.78	2.533	3.97	0.804	1.583	1.40
0.876	0.90	5.00	2.43	0.70	0.29	0.58	2.762	3.92	0.783	1.658	1.14
0.973	1.00	6.24	3.04	0.74	0.24	0.02	2.603	3.50	0.625	1.597	0.18
<b>0.38</b>	<b>0.39</b>	<b>2.69</b>	<b>1.31</b>	<b>0.27</b>	<b>0.20</b>	<b>0.95</b>	<b>0.83</b>	<b>3.10</b>	<b>0.49</b>	<b>0.87</b>	<b>1.86</b>



**Tabella : INTERVENTO 5**  
**Scala di deflusso sezione circolare**

			DN	1200								
			De	=	1644							
			2s=	=	280							
Diametro			D	=	1364	mm						
Raggio			R	=	0.68	m						
Coefficiente di scabrezza di Mann			n	=	0.025	m <sup>-1/3</sup> s						
Pendenza fondo			if	=	0.06	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude	
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	V	Hc	H	Fr	
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]	
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.20	
0.136	0.10	1.29	0.88	0.08	0.09	0.82	0.146	1.92	0.188	0.324	2.01	
0.273	0.20	1.85	1.26	0.21	0.16	1.09	0.612	2.94	0.441	0.714	2.15	
0.409	0.30	2.32	1.58	0.37	0.23	1.25	1.368	3.71	0.702	1.111	2.18	
0.546	0.40	2.74	1.87	0.55	0.29	1.34	2.355	4.31	0.949	1.494	2.16	
0.682	0.50	3.14	2.14	0.73	0.34	1.36	3.494	4.78	1.166	1.848	2.09	
0.818	0.60	3.54	2.42	0.92	0.38	1.34	4.695	5.13	1.341	2.159	1.98	
0.955	0.70	3.96	2.70	1.09	0.40	1.25	5.851	5.36	1.462	2.416	1.83	
1.091	0.80	4.43	3.02	1.25	0.41	1.09	6.831	5.45	1.514	2.605	1.62	
1.228	0.90	5.00	3.41	1.39	0.41	0.82	7.448	5.38	1.474	2.701	1.32	
1.364	1.00	6.25	4.26	1.46	0.34	0.02	7.014	4.80	1.174	2.538	0.19	
0.87	0.63	3.68	2.51	0.98	0.39	1.31	5.10	5.22	1.39	2.25	1.93	