

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA  
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA  
MAXILOTTO 1

PROGETTO ESECUTIVO

CONTRAENTE GENERALE

**Val di Chienti**  
S.C.p.A.

IL RESPONSABILE DEL CONTRAENTE GENERALE

IL PROGETTISTA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

ATI: TECHNITAL s.p.a. (mandataria)  
EGIS STRUCTURES & ENVIRONNEMENT S.A.  
SICS s.r.l. Società Italiana Consulenza Strade  
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.  
SOIL Geologia Geotecnica Opere in sotterraneo Difesa del territorio

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE *Dott. Ing. M. Raccosta*

IL GEOLOGO  
*Dott. Geol. F. Ferrari*

IL GEOLOGO

IL RESPONSABILE DELLA CONGRUENZA FUNZIONALE  
CON IL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO  
(ATI: TECHNITAL-EGIS-SOIL-SIS-SICS)

VISTO:IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Vincenzo Lomma*

VISTO:IL COORDINATORE DELLA  
SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE

LA DIREZIONE LAVORI

SUBLOTTO 2.1: S.S. 77 "VAL DI CHIANTI" TRONCO PONTELATRAVE – FOLIGNO  
TRATTO VALMENOTRE – GALLERIA MUCCIA (esclusa galleria)

RIPRISTINO VIABILITA' SECONDARIA- STRADA 10

STATO DI PROGETTO  
RELAZIONE IDROLOGICO IDRAULICA

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050011 ex F12C03000050010** (comunicazione CIPE 20/04/2015)

REVISIONE

FOGLIO

SCALA

CODICE ELAB. e FILE	Opera	Lotto	Stato	Settore	WBS	Disciplina	Tipo Doc.	N. Progress.
L0703	A2	E	P	CA40200	IDR	REL	001	

A

-- --

-

D

C

B

A

EMISSIONE

30/06/15

ARCELLI

PELLEGRINI

RASIMELLI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

APPROVATO RESP.  
TECNICO ANAS

0	Premessa .....	2
1	Inquadramento .....	2
2	Analisi pluviometrica.....	5
3	Calcolo delle portate .....	6
4	Descrizione e dimensionamento degli interventi .....	8

## **0 Premessa**

La presente Relazione Idrologica e Idraulica si pone l'obiettivo di descrivere e dimensionare le opere di sistemazione idraulica che rientrano nel piano di recupero ambientale della pista 10, situata a nord della località Leggiana, nel Comune di Foligno (PG). Tale pista permette l'accesso all'imbocco della galleria naturale "La Franca", dalla strada comunale omonima. In corrispondenza della progressiva 82.63 m è stato realizzato un guado sul fosso La Franca; le prescrizioni tecniche impartite nel Progetto Esecutivo Approvato e le delibere CIPE prevedono che l'area in oggetto recuperi l'assetto morfologico preesistente all'insediamento del cantiere, e quindi la rimozione della pista. La demolizione del guado provvisorio sul fosso La Franca, che ne ha consentito l'attraversamento da parte dei mezzi di lavoro durante le fasi di cantiere, e la sistemazione dell'alveo (con rivestimento in pietrame nel tratto interessato dalla rimozione della condotta attualmente presente) sono gli interventi di natura idraulica previsti in progetto.

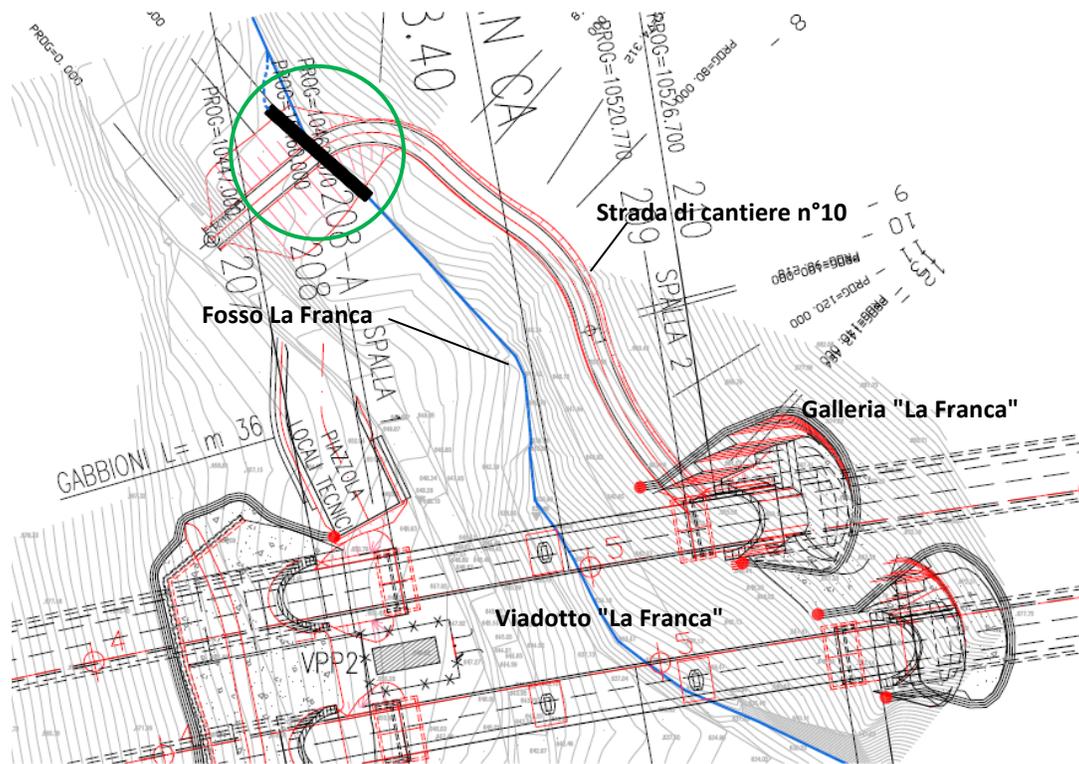
## **1 Inquadramento**

La pista di cantiere 10 lungo la quale è prevista la demolizione del guado provvisorio sul fosso La Franca si trova a nord della località Leggiana (PG), tra il viadotto "La Franca" e l'omonima galleria naturale, entrambi di progetto.

Il fosso La Franca è un corso d'acqua secondario, dal carattere torrentizio, che durante il passaggio delle onde di piena più intense trascina una notevole quantità di materiale solido; per tale ragione, al fine di evitare l'ostruzione della tombinatura provvisoria, e data anche la notevole pendenza longitudinale che comporterebbe elevate velocità della corrente e fenomeni di turbolenza ed erosione in presenza di variazioni geometriche, in fase di dimensionamento del manufatto di attraversamento si è optato per una condotta circolare in lamiera ondulata di diametro elevato, DN3000.

Il fosso La Franca è un modesto corso d'acqua che drena una porzione del versante principale destro del fiume Menotre, nel quale confluisce all'altezza dell'abitato omonimo. Si tratta di un bacino ricadente in ambito montano, all'interno della Regione Umbria in prossimità del confine regionale marchigiano (figura 1).





**Figura 2: Ubicazione dell'attraversamento sul fosso La Franca**

In sintesi la morfometria del bacino può essere riassunta nei seguenti parametri significativi:

- Superficie del bacino sotteso: 1.05 km<sup>2</sup>
- Quota massima: 884 m s.m.m.
- Quota minima: 634 m s.m.m.
- Lunghezza asta principale: 1.35 km
- Tempo di corrivazione: 0.94 ore

Una volta definite le caratteristiche geomorfologiche del bacino tributario del fosso, per il quale è prevista la demolizione del guado provvisorio lungo la pista di cantiere n° 10, è necessario effettuare un'analisi idrologica per poter definire, partendo dalle precipitazioni, le portate di riferimento e quindi i tiranti corrispondenti. Tali grandezze permetteranno di verificare la pezzatura minima del pietrame che verrà posato come rivestimento dell'alveo e delle sponde nel tratto ove verrà rimosso il guado.

## 2 Analisi pluviometrica

Lo studio idrologico condotto nell'ambito del Progetto Esecutivo Approvato, per quanto riguarda la regione Umbria, ha fatto propri i risultati di uno studio di regionalizzazione statistica, riportato nella pubblicazione *“Determinazione delle precipitazioni di massima intensità e breve durata per la Regione Umbria”*, prodotto dal Servizio Idrografico Regionale della Regione dell'Umbria. Secondo tale studio, i valori delle altezze cumulate di pioggia per la zona di Foligno assumono i valori riportati in tabella 1:

Tr =	2	5	10	20	25	50	100	200	500
<b>D (h)</b>	<b>Altezza di pioggia cumulata (mm)</b>								
<b>0.80</b>	27.08	40.98	50.18	59.01	61.81	70.43	78.99	87.52	98.77
<b>1.00</b>	28.64	43.33	53.06	62.39	65.35	74.47	83.52	92.54	104.44
<b>1.20</b>	29.97	45.35	55.53	65.30	68.40	77.94	87.42	96.85	109.31
<b>1.50</b>	31.69	47.95	58.72	69.05	72.32	82.41	92.43	102.41	115.58
<b>2.00</b>	34.06	51.53	63.10	74.20	77.72	88.56	99.32	110.05	124.20
<b>3.00</b>	37.69	57.03	69.83	82.11	86.01	98.01	109.92	121.79	137.45
<b>4.00</b>	40.50	61.28	75.04	88.23	92.42	105.32	118.12	130.87	147.70
<b>6.00</b>	44.82	67.82	83.04	97.65	102.28	116.55	130.72	144.83	163.45
<b>9.00</b>	49.60	75.05	91.90	108.06	113.19	128.99	144.66	160.28	180.89
<b>12.00</b>	53.30	80.65	98.76	116.12	121.63	138.60	155.45	172.23	194.38

**Tabella 1 - Altezze cumulate di precipitazione per la zona di Foligno**

I valori delle altezze di pioggia sono funzione della durata della precipitazione e del tempo di ritorno e vengono ricavati dalla curva di possibilità pluviometrica, che per la zona di Foligno assume la forma:

$$P(\text{Tr}, t) = m_1 * (1 + V * K_T) * t^n \quad (1)$$

dove i valori dei parametri si ricavano dalla tabella seguente:

Tr (anni)	2	5	10	20	25	50	100	200	500
(1+V·K <sub>T</sub> )	0.91	1.38	1.69	1.99	2.08	2.37	2.66	2.95	3.33
a	28.64	43.33	53.06	62.39	65.35	74.47	83.52	92.54	104.4
n	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

**Tabella 2 - Curve di possibilità pluviometrica per la zona di Foligno**

La correlazione tra l'intensità di pioggia e la sua probabilità di accadimento ottenuta a seguito di analisi di tipo statistico, consente di assegnare a ciascun punto del territorio il valore dell'altezza di pioggia per un determinato tempo di ritorno. Tale correlazione assume validità puntuale in quanto si riferisce alla storia pluviometrica osservata negli anni in quel particolare punto dello spazio.

Volendo determinare il valore dell'altezza di pioggia media caduta all'interno di una regione spaziale di significative dimensioni è necessario affrontare il problema della probabilità della contemporaneità degli eventi in quanto il manifestarsi, in un punto del territorio, di una precipitazione di eccezionale intensità è difficilmente accompagnata da una precipitazione di analoga intensità in un punto posto ad una certa distanza da esso. Per evitare di sovrastimare l'intensità dell'evento meteorico, si applica un coefficiente correttivo (detto ARF(S,d), coefficiente di riduzione areale), che permette di determinare la precipitazione media che interessa un'area di superficie S (kmq) in funzione della sua durata d (ore); esso, in base alla definizione dell'USWB (United States Weather Bureau) è determinabile come:

$$ARF(S, d) = 1 - (1 - \exp(c_1 * S)) * \exp(c_2 * d^{c_3}) \quad (2)$$

I coefficienti  $c_1$ ,  $c_2$  e  $c_3$  dipendono dalla regione geografica di appartenenza e devono essere valutati mediante apposite valutazioni sui dati disponibili. Attualmente non esistono studi realizzati in tal senso e per la pratica valutazione del coefficiente ARF è possibile fare riferimento unicamente ai risultati ottenuti per il bacino del fiume Reno chiuso a Casalecchio ( $S=1051$  kmq):

$$c_1 = -0.01298$$

$$c_2 = -0.6787$$

$$c_3 = 0.332.$$

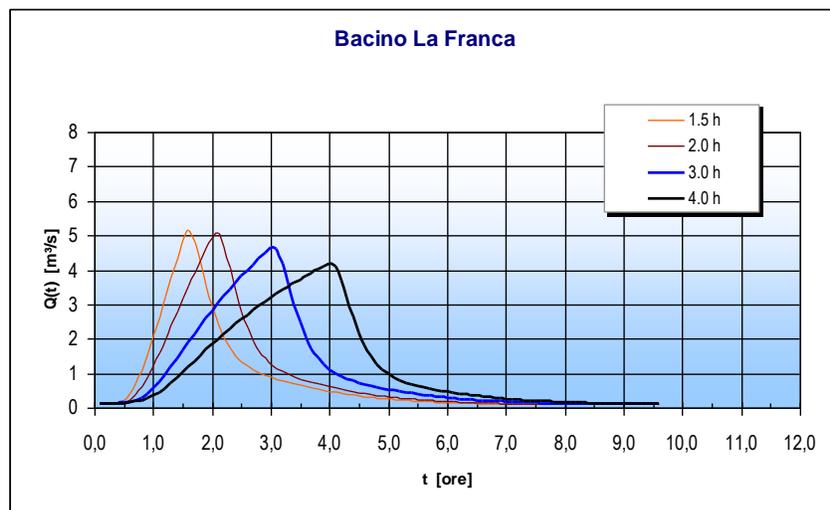
### **3 Calcolo delle portate**

Nell'ambito dello studio idraulico del PEA, il fosso La Franca è stato studiato in ragione dell'interferenza con l'omonimo viadotto, localizzato lungo il fosso circa un centinaio di metri più a valle rispetto al guado oggetto di demolizione.

In sede di Progetto Esecutivo, la produzione di deflusso superficiale (o pioggia efficace) a partire dalla precipitazione totale è stata calcolata mediante il metodo del Curve Number, suggerito dal SCS.

Il processo di propagazione dei deflussi verso la sezione di chiusura è stato simulato mediante il noto modello di propagazione di Nash.

La durata della precipitazione è stata determinata per tentativi, ricercando la situazione in grado di restituire le massime portate di piena. Il tempo di pioggia critico è stato valutato per tentativi, come si osserva in figura 3, ove si riportano gli idrogrammi di piena relativi al Fosso La Franca prodotti da eventi meteorici aventi pari tempo di ritorno ( $T_r = 100$  anni) e diversa durata di precipitazione. Il tempo critico è risultato essere pari a  $1.5 \div 2.0$  h, che fornisce i valori maggiori rispetto agli altri scenari simulati.



**Figura 3: Idrogrammi di piena per diverse durate di pioggia**

I risultati delle elaborazioni, eseguite con riferimento a differenti tempi di ritorno, hanno portato ai seguenti valori delle portate di piena.

- $Q_{50} = 4.1 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{100} = 5.2 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{200} = 6.2 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{500} = 7.8 \text{ m}^3/\text{s}$

La portata  $Q_{100}$  (tempo di ritorno pari a 100 anni) viene assunta come portata di progetto per il dimensionamento del pietrame che verrà posato a protezione dell'alveo e della scarpata del fosso La Franca, nel punto di demolizione del guado provvisorio.

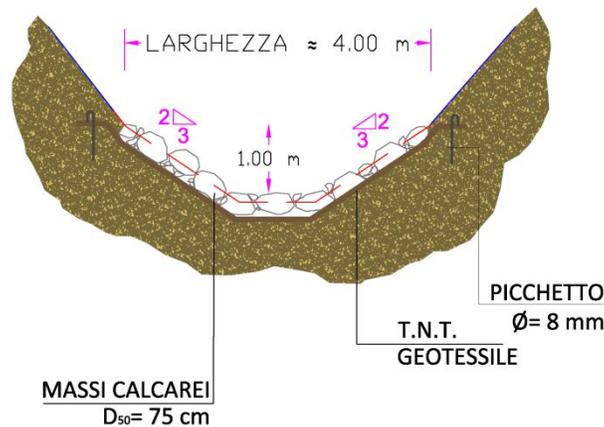
Per la determinazione del tirante e della velocità media si sfruttano le risultanze numeriche delle simulazioni condotte con modello matematico, HEC-RAS, sul fosso La Franca, per la determinazione delle interferenze tra la corrente e le pile dell'omonimo viadotto in progetto. Il guado da demolire è localizzato poco più a valle rispetto alla sezione di simulazione "06", che viene quindi assunta come riferimento. Per essa si ha che la portata di riferimento (5.20 mc/s) transita con un tirante pari a 0.75 m e una velocità pari a circa 2.41 m/s. Nel tratto interessato dalla presenza del guado i rilievi altimetrici hanno fornito una pendenza del fondo pari al 6%.

#### **4 Descrizione e dimensionamento degli interventi**

Gli interventi idraulici previsti in progetto consistono nella demolizione del guado provvisorio realizzato sul fosso La Franca e nella sistemazione dell'alveo nel tratto interessato dalla rimozione della condotta, per una lunghezza di 10 m, tale da garantirne la stabilità.

Lungo tutto il tratto compromesso dalle operazioni di rimozione della tubazione, quindi, l'alveo del fosso andrà completamente ricostruito, riportandolo alla sezione originale (con pendenza delle sponde pari a 2/3, per garantirne la stabilità); per tale ragione in questa sede si prevede una protezione con scogliera in massi calcarei (vedasi figura 4 e l'elaborato relativo alla sistemazione idraulica di progetto), al fondo e alle sponde per un'altezza di 1 metro dal fondo alveo. Dalle verifiche riportate nel seguito è risultato efficace un diametro medio dei massi pari a 7 cm. Gli spazi interstiziali verranno riempiti con pietrame di più piccola e variegata pezzatura tale da garantire la stabilità del fondo ed evitare scalzamenti e aggiramenti.

Di seguito si riportano i calcoli eseguiti per il dimensionamento dei massi impiegati nella scogliera di protezione dell'alveo per il tratto interessato dalla rimozione del guado.



**Figura 4: Sistemazione a scogliera nel tratto centrale di fosso interessato dalla rimozione del guado**

Per la verifica della scogliera è stata utilizzata la teoria di Shields, che si basa sulla teoria delle condizioni di moto incipiente del materiale investito dalla corrente sul fondo e sulle sponde; il moto del materiale di diametro minore o uguale a  $d$  ha origine quando la tensione tangenziale  $\tau$  dovuta alla corrente supera il valore critico  $\tau_{cr}$ , funzione della dimensione del materiale e delle caratteristiche geometriche dell'alveo.

La tensione tangenziale massima esercitata dalla corrente è espressa dalla relazione :

$$\tau_0 = \xi \cdot \gamma_w \cdot y_0 \cdot i \quad (3)$$

dove  $\gamma_w$  è il peso specifico del fluido (pari ad  $1 \text{ t/m}^3$ ),  $i$  la pendenza di fondo,  $y_0$  l'altezza idrica nella sezione e  $\xi$  è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle  $\tau$  sul fondo e sulle sponde; esso viene assunto cautelativamente pari ad  $1$  in corrispondenza del fondo e  $0.75$  in corrispondenza delle sponde, secondo le indicazioni usualmente riportate in letteratura tecnica.

Il calcolo delle tensioni tangenziali dovute alla corrente è stato svolto considerando il tirante massimo in alveo corrispondente ad un evento di piena con tempo di ritorno  $Tr = 100$  anni. Nella tabella seguente si riportano i risultati delle tensioni tangenziali massime ricavate mediante l'applicazione della (3), al fondo e lungo la sponda:

	Pendenza (i)	Battente idrico $y_0$ (m)	$\tau_0$ (N/mq)
<b>Fosso La Franca (fondo)</b>	0.06	0.75	450
<b>Fosso La Franca (sponda)</b>	0.06	0.75	338

**Tabella 3 - Calcolo delle tensioni tangenziali massime esercitate dalla corrente**

I valori della  $\tau_0$  devono essere confrontati con le tensioni tangenziali critiche che mobilitano il materiale sul fondo e sulle sponde. Il valore critico  $\tau_{cr}$  che mobilita un granulo di diametro  $d_m$  con peso specifico  $\gamma_s$  (2.67 t/mc) in assenza di coesione ed in regime turbolento, ha la seguente espressione:

$$\tau_{cr}(\alpha) = \left( \cos(\alpha) \cdot \sqrt{1 - \frac{tg^2(\alpha)}{tg^2(\varphi)}} \right) \cdot (0,06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m) \quad (4)$$

dove  $\alpha$  è l'inclinazione della sponda pari a 2/3, mentre per il fondo si assume  $\alpha$  pari a zero e  $\varphi$  l'angolo di attrito del materiale (da letteratura si assume un angolo di 50° per il calcare sano privo di giunti e fessurazioni);  $d_m$  (diametro medio dei massi da scogliera) è pari a 75 cm.

Se  $\alpha$  è pari a zero (fondo alveo) la precedente si riduce a:

$$\tau_{cr}(\alpha) = (0,06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m) \quad (5)$$

Di seguito si riporta il confronto tra le tensioni esercitate dalla corrente e quelle critiche, sia per il fondo alveo che per le sponde.

	$\tau_0$	$\tau_{cr}$	Fs
<b>Fosso La Franca (fondo - <math>\alpha = 0</math>)</b>	450	701	1.56
<b>Fosso La Franca (sponda - <math>\alpha = 37^\circ</math>)</b>	338	427	1.26

**Tabella 4 - Fattori di sicurezza per diametro medio scogliere  $d_m = 0.75$  m**

Dal confronto di  $\tau_0$  con  $\tau_{cr}$  risulta che il moto incipiente di una scogliera di massi di diametro medio  $d_m = 0.75$  m caratterizzato dal valore  $\tau_{cr}$  delle tensioni tangenziali è superiore al valore massimo  $\tau_0$  di tensione tangenziale che si può instaurare per  $Tr = 100$  anni. Il loro rapporto consente di ottenere un valore del fattore di sicurezza Fs ovunque superiore a 1.2.