




**ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXI LOTTO 2**

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO -VALFABBRICA
SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.


PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

<p>CONTRAENTE GENERALE:</p> 	<p><i>Il responsabile del Contraente Generale:</i></p>  Ing. Federico Montanari	<p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p>  Ing. Salvatore Lieto
---	---	--

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese

Mandataria: **PROGETTAZIONE GRANDI INFRASTRUTTURE PROGIN S.p.A.** Mandanti: **LOMBARDI SA INGEGNERI CONSULENTI** **LOMBARDI-REICO INGEGNERIA S.r.l.**


SGAI s.r.l. di E. Forlani & C.
 Studio di Ingegneria e Geologia Applicata
Via Marconi 20 - 47853 Montecosaro di Romagna (RN) - ITALY
 P.IVA 01984420403 - tel/fax +39 054 988277 - e-mail: sgai@sgai.com
 pec: sgai@sgaipec.com
www.sgai.com

<p>RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'A.T.I.</p>  Ing. Antonio Grimaldi	
---	--

<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p>Ing. Giulio Petrizzelli</p>	<p>IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE</p> <p>Ing. Salvatore Chirico</p>	<p>IL DIRETTORE DEI LAVORI</p> <p>Ing. Peppino Marascio</p>
---	--	---

<p>2.1.1. - PEDEMONTANA DELLE MARCHE Lotto funzionale del Sub lotto 2.1 - Tratto Fabriano - Matelica Nord SISTEMAZIONE VIABILITA' INTERFERITA Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 - pk 0+250 - 0+434 RELAZIONE TECNICA E IDRAULICA</p>	<p>SCALA: -</p> <p>DATA: <i>Luglio 2018</i></p>
--	---

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050021** (Assegnato CIPE 20-04-2015)

Codice elaborato:


Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
L 0 7 0 3	2 1 1	E	1 1	C S 5 0 0 7	R E L	0 1	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	Luglio 2018	Emissione PED	TECNOSTRUTTURE A. TOSIANI	S. LIETO	A. GRIMALDI

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 1 di 22

INDICE

1	Premessa	2
2	Viabilità al km 5+641	2
3	Equazioni pluviometriche di progetto	4
4.	Stima delle portate	5
	4.1 Metodo Razionale	5
5	Opere idrauliche	8
6.	Dimensionamento idraulico	11
7.	Fosso di guardia	12
8	Verifica delle opere di attraversamento idraulico	14
	ALLEGATO “A”	17
	Tabelle Verifica Tombini	17
	ALLEGATO “B”	21
	Scala di deflusso	21

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 2 di 22

1 Premessa

La presente relazione riporta i calcoli eseguiti per il dimensionamento e la verifica dei manufatti di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche pertinenti alla sede stradale e ai fossi di guardia della Viabilità interferita al km 5+641, inserita nel Progetto Esecutivo della Pedemontana delle Marche tratto Fabriano–Matelica Nord Sub Lotto 2.1. nell’ambito dell’Asse viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna.

2 Viabilità al km 5+641

La viabilità al km 5+641 è ubicata in sinistra del progetto della Pedemontana in corrispondenza della progr. 5+600 ca. e con uno sviluppo di 434.93m permette il collegamento ad aree abitative e tramite il nuovo cavalcavia a progr. 5+637, ripristina il collegamento tra le aree agricole interferite dal progetto della Pedemontana.

La sezione tipo della viabilità presenta una larghezza totale della piattaforma di 6.50m di cui 5.50m di carreggiata e 0.50m per le banchine laterali. Ai cigli è previsto un cordolo ed un arginello erboso di larghezza 1.0m.

Per assicurare, in caso di intense precipitazioni, l'immediato smaltimento delle acque meteoriche dalla viabilità, la pavimentazione presenta una pendenza trasversale a doppia falda del 2.5% nei tratti in rettilineo e a falda unica nei tratti in curva.

I flussi d'acqua affluiscono al cordolo laterale e sono intercettati ad interasse 15m dal sistema cordolo-embrice e recapitati all'esterno, tramite gli embrici, nei fossi di guardia in terra a sezione trapezoidale previsti al piede del rilevato di dimensioni minime 50x50x50cm. Tramite i fossi di guardia i flussi d'acqua sono convogliati nelle opere idrauliche previste lungo la viabilità con esito finale in sponda sinistra del vicino corso d'acqua esistente.

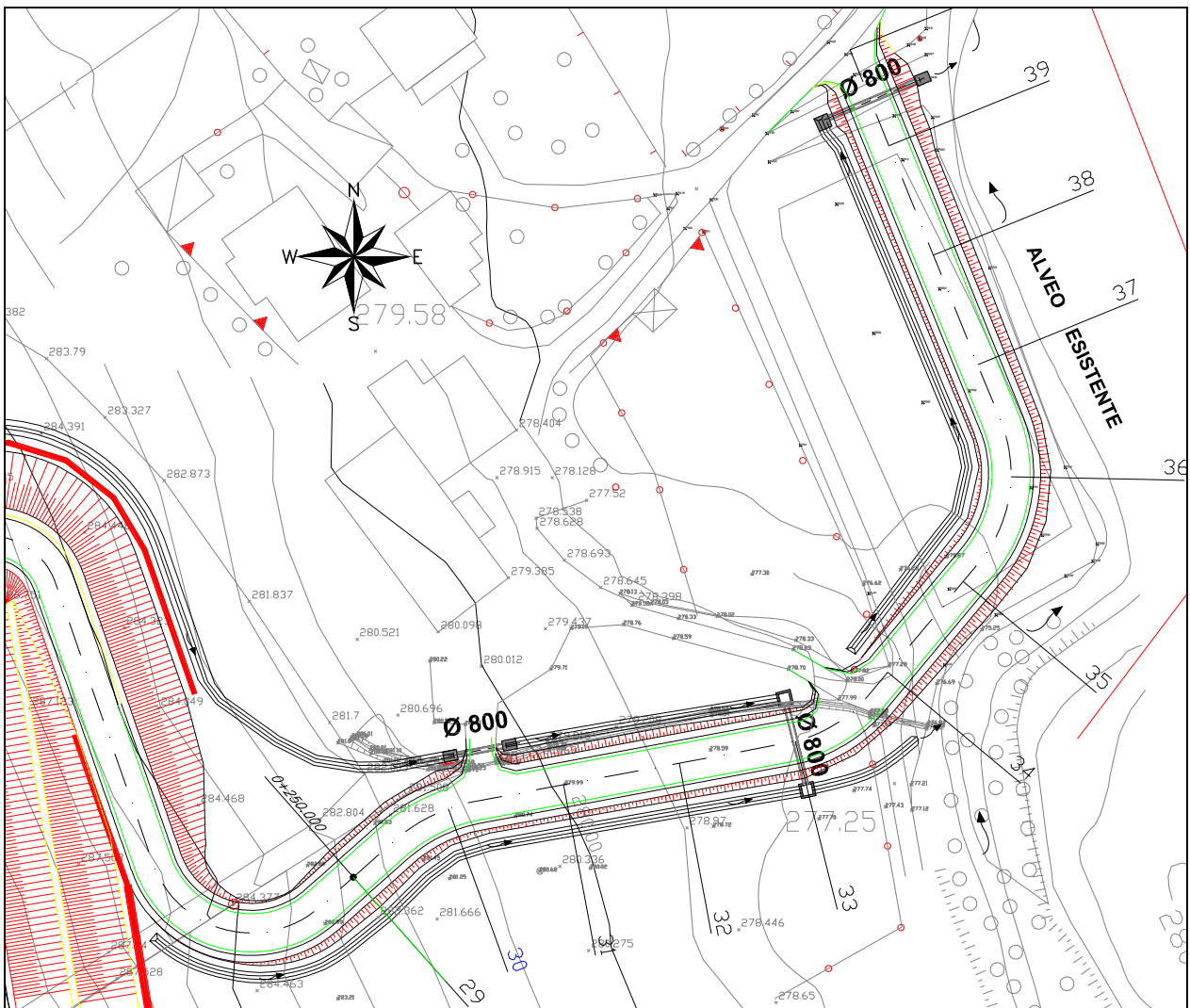
Gli embrici sono previsti per i tratti in rilevato di altezza superiore a 1.20 m, per altezze inferiori le acque meteoriche dalla pavimentazione defluiscono attraverso l'apertura del cordolo in modo laminare lungo la scarpa fino al fosso sottostante.

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	211	E	11	CS5007	REL	01	A	3 di 22

Nella seguente corografia di figura 1 si mostra l'ubicazione della Viabilità interferita con le opere idrauliche proposte di dimensioni $\Phi 800$ mm. Il primo tombino è in attraversamento dell'allaccio rurale sul lato sinistro della viabilità in corrispondenza della progr. 0+272. Mentre il secondo in attraversamento della Viabilità a progr. 0+316.80 ed il terzo alla progr. 0+427.70 per consentire l'esito delle portate in sponda sinistra dell'alveo esistente.

Corografia Viabilità

fig.1



	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 4 di 22

3 Equazioni pluviometriche di progetto

Nel progetto esecutivo le portate massime di deflusso sia lungo i versanti naturali che lungo la piattaforma stradale sono state calcolate mediante la formula Razionale assumendo le curve di possibilità pluviometrica della Stazione pluviometrica di Fabriano, giudicata più significativa per l'entità delle precipitazioni registrate e rappresentativa, data la sua ubicazione baricentrica rispetto ai bacini idrografici.

Le curve di possibilità pluviometrica a cui fare riferimento sono state rilevate dalla Relazione Idraulica di piattaforma par. 3.1 “Calcolo delle portate “.

Riguardo alle esigenze progettuali e alle caratteristiche della viabilità in esame, è stata considerata, per il calcolo dell'intensità di precipitazione e successiva stima delle massime portate, la retta pluviometrica corrispondente ad un evento meteorico avente un tempo di ritorno di 50 anni e dato il limitato sviluppo del sistema drenante un tempo di pioggia cautelativo pari a 5' (0.0833 h) con precipitazioni intense e di breve durata.

Nella seguente tabella si mostrano le equazioni pluviometriche elaborate statisticamente della Stazione Pluviografica di Fabriano, corrispondenti sia all'altezza di precipitazione (h mm) che alla corrispondente intensità oraria (l mm/h).

Tempo di ritorno (anni)	Altezza di precipitazione (mm)	Intensità oraria (mm/h)
50	$56.30 \times T^{0.51}$	$56.30 \times T^{-0.49}$

dove: T = tempo di corrvazione in ore

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 5 di 22

4. Stima delle portate

4.1 Metodo Razionale

Per la stima delle portate si è calcolata l'intensità oraria di precipitazione corrispondente ad un tempo di ritorno di 50 anni e per un tempo di pioggia 5'.

$$T < 1h \quad I = 56.30 \times 0.0833T^{(0.51-1)} = 190.28 \text{ mm/h}$$

e avvalendosi del Metodo Razionale è stata stimata una portata specifica ad ettaro (qs/ha).

$$Q_{50} = \text{Area} \times C \times I \times 0.277$$

dove:


- Q = portata di massima piena m³/s
- A = area in km² (pavimentazione stradale, scarpata e area esterna)
- C = coefficienti di deflusso adimensionali (C1, C2 e C3)
- I = intensità di pioggia mm/h
- 0.277= fattore di conversione (1/3.6)

I coefficienti di deflusso (C) proposti nel progetto per le diverse tipologie e grado di permeabilità delle aree interessate sono i seguenti:

Area esterna a verde	C ₃	= 0.20
Area della scarpata	C ₂	= 0.50
Pavimentazione	C ₁	= 0.90

Il calcolo di un coefficiente di afflusso globale viene valutato come media pesata sulle aree contribuenti dei coefficienti di afflusso tipici di ciascuna superficie drenata.

Di seguito a semplificazione dei calcoli si è determinata, mediante il Metodo Razionale, una portata specifica ad ettaro (qs/ha) per le differenti tipologie di copertura, assumendo l'intensità di pioggia di 190.28 mm/h corrispondente ad un tempo di corrvazione minimo di 5'.

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 6 di 22

il contributo ad ettaro relativo alle diverse aree sottese risulta quindi:

- Drenaggio area a verde

$$qs_{50} = 0.01 \times 0.2 \times 190.28 \times 0.277 = 0.105 \text{ m}^3/\text{s/ha} \quad (0.0105 \text{ l/s/m}^2)$$

- Drenaggio area scarpata

$$qs_{50} = 0.01 \times 0.5 \times 190.28 \times 0.277 = 0.263 \text{ m}^3/\text{s/ha} \quad (0.0263 \text{ l/s/m}^2)$$

- Drenaggio pavimentazione stradale

$$qs_{50} = 0.01 \times 0.9 \times 190.28 \times 0.277 = 0.474 \text{ m}^3/\text{s/ha} \quad (0.0474 \text{ l/s/m}^2)$$

Mediante la cartografia disponibile, sono state delimitate le aree sottese ai vari punti di chiusura più significativi del drenaggio, quantificate le relative aree e calcolati i valori delle portate massime.

Per ogni punto di chiusura considerato, nella seguente tabella n°1 si evidenzia: l'estensione totale dei bacini sottesi in funzione delle tipologie del terreno e grado di permeabilità, la progressiva corrispondente della viabilità e caratteristiche del punto di chiusura:

tab,1

Progressiva Viab.	Lato Sx/dx	Punto di chiusura	Av Area a verde 'm ²	As Area scarpata 'm ²	Ap pavimentata 'm ²
0+272	sx	"A" Imbocco Tombino Φ800	4000	1500	500
0+316.80	sx	"B" Pozzetto di monte	5500	1600	730
0+316.80	'dx	"C" Pozzetto di valle	700	1700	350
-	'dx	"D" Esito nell'alveo esistente	6200	3300	1080
0+427.70	sx	"E" Imbocco Tombino 800	9000	100	500

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 7 di 22

Mentre nella tabella n°2 seguente, per ogni punto di chiusura (A, B, C, D, E) si mostrano le corrispondenti portate massime, stimate assumendo i contributi ad ettaro precedentemente calcolati per le diverse tipologie di terreno.

tab. 2

Punto di chiusura	Area verde	Area scarpata	Area pavim.	Portata Av	Portata As	Portata Ap	Portata tot
	'm ²	'm ²	'm ²	'l/s	'l/s	'l/s	'l/s
A	4000	1500	500	42.0	39.4	23.7	105.1
B	5500	1600	730	57.7	42.1	34.6	134.4
C	700	1700	350	7.3	44.7	16.6	68.6
D	6200	3300	1080	65.1	86.7	51.2	203.0
E	9000	100	500	94.5	2.60	23.7	120.8

5 Opere idrauliche

Nella seguente tabella n°3 si riporta per ogni opera idraulica: la denominazione del punto di chiusura del bacino idrografico corrispondente e la sua collocazione, la progressiva di riferimento della viabilità e la massima portata.

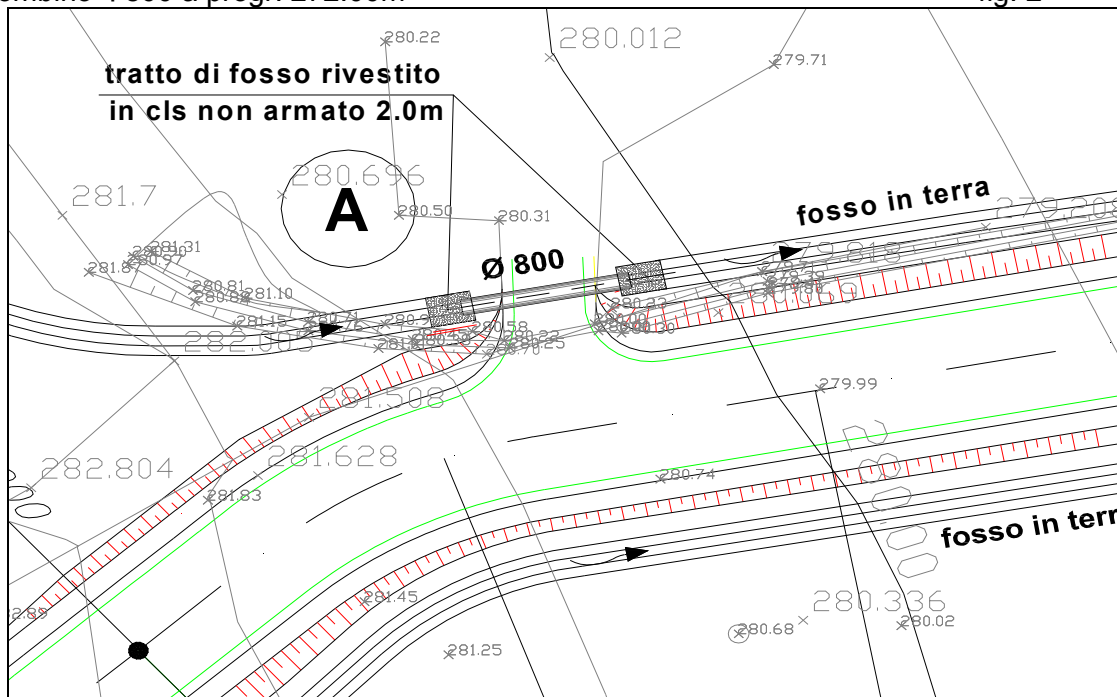
tab,3

Punto di chiusura	Progressiva km	Portata l/s	Note
A	0+272.00	105.1	Tombino $\Phi 800$ in attraversamento dell'allaccio rurale
B	0+316.80	134.4	Pozzetto a monte del tombino $\Phi 800$ in attraversamento della Viabilità
C	0+316.80	68.6	Pozzetto a valle del tombino $\Phi 800$ in attraversamento della Viabilità
D	-	203.0	Dal pozzetto di valle le portate (B+C) hanno esito nell'alveo esistente tramite un fosso rivestito
E	0+427.70	120.8	Dal tombino $\Phi 800$ in attraversamento della Viab. i flussi d'acqua hanno esito nell'alveo esistente

Nella seguente fig.2 si mostra l'ubicazione dell'opera idraulica $\Phi 800$ mm, prevista per consentire la continuità idraulica del drenaggio attraverso la strada rurale in allaccio alla Viabilità a progr. 0+272 ca. Inoltre si evidenzia l'ubicazione del punto di chiusura considerato "A" per la delimitazione del bacino sotteso e la stima della massima portata.

Tombino $\Phi 800$ a progr. 272.00m

fig. 2

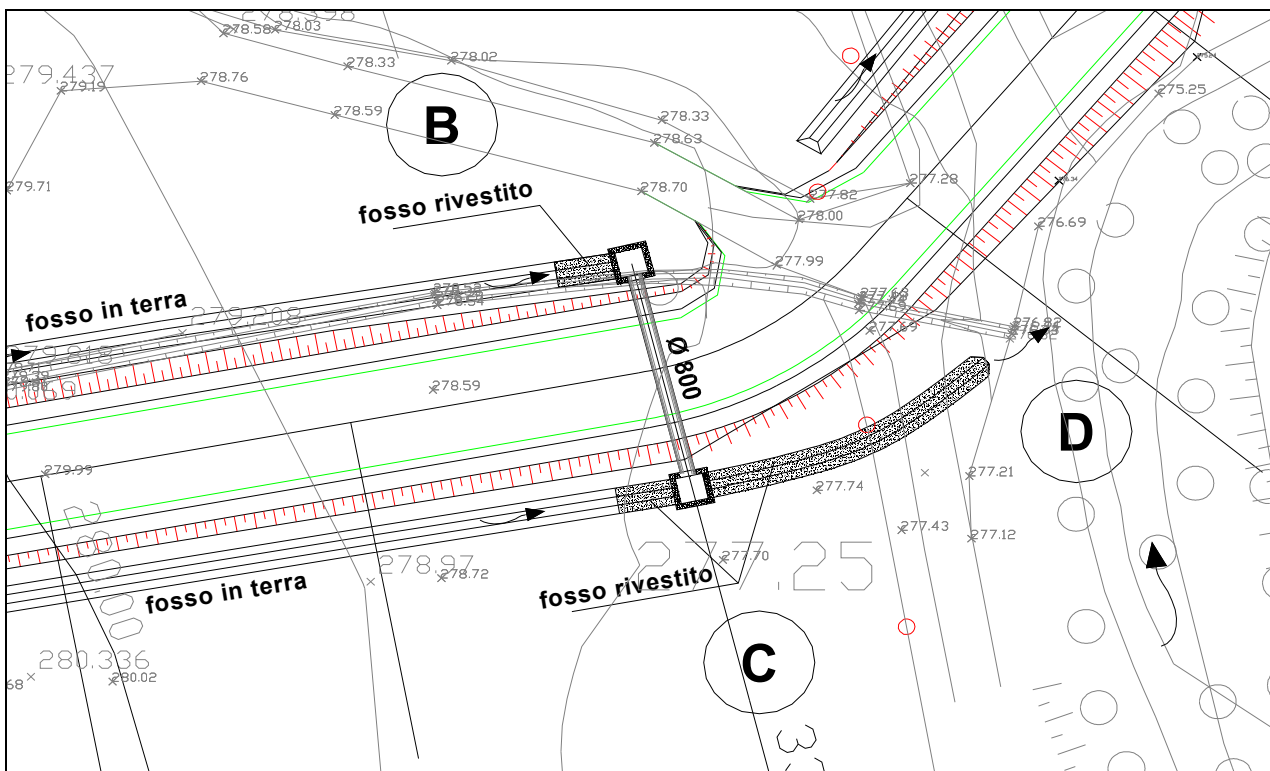


Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	211	E	11	CS5007	REL	01	A	9 di 22

Nella seguente fig.3 si mostra l'ubicazione dell'opera idraulica $\Phi 800$ in attraversamento della Viabilità a progr. 0+316.80. L'opera consente il deflusso delle portate dal lato sinistro al lato destro della viabilità e l'esito finale nell'alveo esistente. Si evidenzia inoltre l'ubicazione dei punti di chiusura considerati "B, C e D".

Tombino $\Phi 800$ a progr. 316.80m

fig. 3

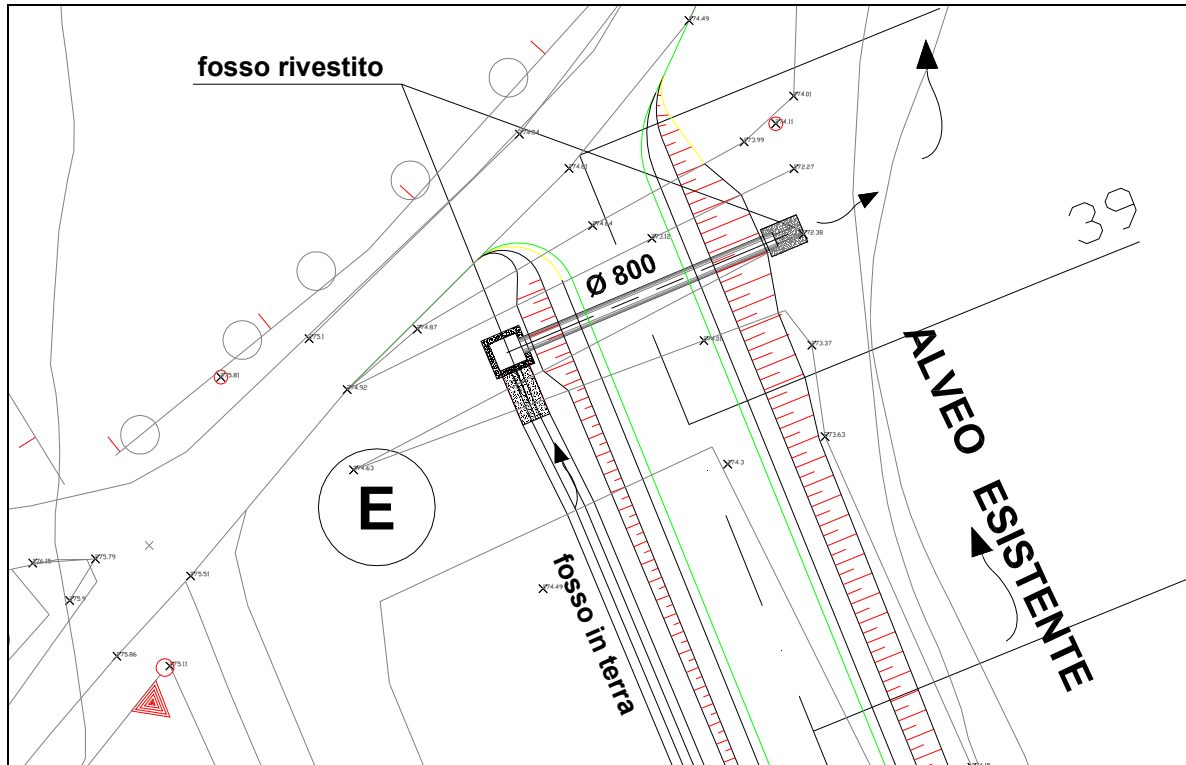



Nella seguente fig.4 si mostra l'ubicazione del tombino $\Phi 800$ mm in attraversamento della Viabilità a progr. 0+427.70. L'opera è necessaria per assicurare l'esito finale delle portate, provenienti dal fosso trapezoidale in terra, nel vicino alveo esistente. Inoltre si evidenzia l'ubicazione del punto di chiusura "E" per la delimitazione del bacino sotteso e la stima della massima portata.

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 10 di 22
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Tombino $\Phi 800$ a progr. 427.70m

fig. 4



	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 11 di 22

6. Dimensionamento idraulico

Per la verifica delle opere di drenaggio proposte nell'ambito della Viabilità interferita sono stati calcolati i massimi livelli idrici in funzione delle portate massime afferenti, avvalendosi della formula di Gauckler-Strikler, secondo la quale, il flusso di moto uniforme in condizione di deflusso libero, la velocità media in una sezione di pendenza (i), raggio idraulico (R_i) e coefficiente di scabrezza (n) sono correlati dal seguente rapporto:

$$V = \frac{1}{n} \times R_i^{(2/3)} \times i^{(1/2)}$$

dove:

- V = velocità media del flusso in m/s
- n = coefficiente di scabrezza medio (di esercizio)
- R_i = raggio idraulico (rapporto tra luce idraulica (m^2) e perimetro bagnato (m.))
- i = pendenza longitudinale (m/m)
- $1/n = K_s$

Portata e velocità sono legate dalla seguente equazione di continuità:

$$Q = V \times A$$


dove:

- Q = portata in m^3/s
- A = area liquida in m^2

Per la verifica si considerano come criteri di base:

Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strikler $K_s = 60 m^{1/3}/s$ per opere in cls. e $K_s = 33 m^{1/3}/s$ per fossi a sezione trapezoidale in terra;

Nella tabella n°5 dell'allegato "B", per il fosso in terra a sezione trapezoidale 50x50x50cm, sono indicati le relazioni intercorrenti tra portata e pendenza motrice in funzione di differenti gradi di riempimento, mentre nel grafico corrispondente si evidenzia, per una pendenza unitaria il rapporto ($Q/i^{0.5}$).

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 12 di 22

7. Fosso di guardia

Di seguito si riporta in sintesi l'ubicazione e le dimensioni dei fossi di guardia in terra inseriti nel progetto della Viabilità interferita.

Per l'intercettazione delle portate provenienti dalla pavimentazione stradale, dalla scarpata e da limitate aree a verde sono previsti fossi di guardia in terra a sezione trapezoidale di dimensioni 50x50x50cm.

Attraverso il fosso di guardia in terra inserito nel tratto in sinistra della viabilità da progr. 0+250 a progr. 0+269 la portata di 105.1 l/s, proveniente dal corpo stradale e da una limitata area a verde, è in grado di defluire sino all'imbocco del tombino $\Phi 800$ mm previsto per garantire la continuità idraulica all'interferenza con una strada rurale. A valle dell'attraversamento i flussi d'acqua, raggiungono il pozzetto d'ingresso del tombino $\Phi 800$ ubicato in attraversamento della viabilità a progr. 0+316.80.

Nel pozzetto di valle sono recapitate anche le portate pari a 68.6 l/s provenienti del fosso di guardia in destra lungo la viabilità da progr. 0+250 a progr. 0+316.80. Le portate totali pari a 203.0 l/s hanno quindi esito nel vicino alveo esistente tramite un fosso rivestito di dimensioni 50x50x50cm.

Per l'intercettazione di limitate portate pari a 120.8 l/s provenienti dalle aree rurali, da limitate aree a verde e dalla pavimentazione stradale, è stato inserito sul lato sinistro della viabilità un fosso di guardia in terra di dimensioni 50x50x50cm da progr.0+335 sino al pozzetto d'ingresso del tombino $\Phi 800$ in attraversamento della Viabilità a progr. 0+427.70.

Per limitare eventuali erosioni del fosso in terra alla connessione con opere strutturali si prevede un rivestimento in cls del fosso per uno sviluppo di almeno 2.0/3.0m.

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 13 di 22

Per i fossi di guardia a sezione trapezoidale in terra di dimensione 50x50x50cm, nella seguente tab. 4 si mostrano i risultati delle verifiche idrauliche eseguite tramite la formula a moto uniforme in condizione di deflusso libero di Gauckler-Strikler, assumendo per ogni tratto la pendenza longitudinale minima ed un coefficiente di scabrezza $1/n = 33 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$.

tab. 4

Lato	Progressiva km		Portata 'l/s	Pendenza 'minima 'm/m	Altezza idrica 'm	Velocità 'media m/s	Grado di Riempim. '%
	'da	'a					
'sx	0+250	0+269	105.10	0.080	0.12	1.90	24
'sx	0+278	0+316.80	134.40	0.023	0.16	1.21	32
'dx	0+250	0+316.8	68.60	0.045	0.10	1.26	20
'dx	0+316.8	Alveo esistente	203.0	0.030	0.14***	2.30	28
'sx	0+335	0+427.7	120.8	0.0160	0.18	1.01	36

***Le verifiche idrauliche del tratto di fosso dal pozzetto a progr. 0+316.8 sino alla sponda sinistra dell'alveo esistente sono state eseguite con un coefficiente di scabrezza per fossi rivestiti di $60 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$.

I fossi di guardia previsti nel progetto della Viabilità sono adeguati al deflusso delle massime portate, poiché i massimi livelli idrici sono interamente contenuti nella sezione del fosso con un'altezza massima di 0.18m, un grado di riempimento del 36% e una velocità media del flusso non superiore a 2.50 m/s.

Negli elaborati delle planimetrie idrauliche è mostrata l'ubicazione dei fossi di guardia e specifiche caratteristiche.

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 14 di 22

8 Verifica delle opere di attraversamento idraulico

Di seguito è stata eseguita la verifica dell'idoneità idraulica degli attraversamenti proposti assumendo per ogni attraversamento la portata massima corrispondente.

Alle opere in calcestruzzo è attribuito un coefficiente di scabrezza K_s (coefficiente di Gauckler-Strickler) pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, valore di resistenza al moto per opere in cemento in non perfette condizioni. Questo al fine di ricavare la portata massima transitabile nelle condizioni più sfavorevoli, ossia quelle di innalzamento massimo del pelo libero del corso d'acqua rilevabile in fase di esercizio corrente.

Le verifiche idrauliche per le opere di attraversamento sono di due tipi:

- verifica che l'altezza d'acqua all'imbocco del tombino risulti minore o al limite uguale al 70% l'altezza dell'opera;
- calcolo dell'altezza e della velocità all'interno della canna del tombino.

Il livello idrico di monte è valutato in base ai diagrammi sperimentali del (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts - Bureau of Public Roads - 1964 U.S.A.).

Il primo fornisce tale livello in condizioni di "controllo da monte", assumendo la portata di progetto e la geometria dell'ingresso (forma ed area della sezione); il secondo nella condizione di "controllo da valle".

Entrambi consentono di valutare il livello idrico tenendo conto della scabrezza, della lunghezza della canna e di eventuali livelli idrici a valle. La verifica è compiuta per ambedue i tipi di funzionamento assumendo come rappresentativo il maggiore dei due.

Quanto al livello idrico di valle del tombino esso viene assunto, nel caso di verifica con "controllo da valle", pari al valore medio tra l'altezza della canna e l'altezza critica della stessa. La velocità e l'altezza dell'acqua all'interno del tombino sono stimate nell'ipotesi di raggiungimento del moto uniforme, condizione non sempre possibile data la lunghezza dell'opera di attraversamento.

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 15 di 22

A tal fine si è adottata la formula di Chèzy:

$$Q = C A \sqrt{R i}$$

In tal caso la velocità media (in m/s) è esprimibile per mezzo dell'equazione:

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

- A area della sezione bagnata;
- R raggio idraulico pari al rapporto fra l'area A e il perimetro bagnato P [m];
- i pendenza di fondo [m/m].
- $K_s = 1/n$ coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler pari a 60 [m^{1/3}/s];
- $C = K_s R^{1/6}$ indice di scabrezza del canale.

Per ogni attraversamento sono state eseguite le verifiche idrauliche tramite il programma di calcolo "Hydraulic design of Highway Culverts" che, in funzione delle portate massime afferenti, della tipologia dell'opera d'ingresso e della pendenza longitudinale determina i livelli idrici a monte dell'opera (inlet control) e quelli relativi lungo la canna e allo sbocco (outlet control).

Nelle tabelle n°6, 7 e 8 dell'allegato "A" si mostrano i risultati ottenuti assumendo le principali caratteristiche delle opera idrauliche in esame: dimensioni, lunghezza, pendenza longitudinale e portata massima.

Le verifiche effettuate attestano l'idoneità del dimensionamento delle opere idrauliche di attraversamento proposte, poiché i livelli idrici all'imbocco (inlet) sono inferiori all'altezza dell'opera e lungo la canna hanno un grado di riempimento inferiore al 70%, con velocità media del flusso d'acqua, nella canna e allo sbocco accettabili.

I risultati ottenuti tramite il programma di calcolo (inlet - outlet) sono mostrati nella seguente tab. n°9.

Verifica attraversamenti idraulici Viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434
tab. 9

Posizione		Caratteristiche opera di attraversamento			Input di verifica Tombino			Output di Verifica Tombino			
Tombino	Progr,	larghezza	altezza	lunghezza canna	Portata	pendenza longitudinale	Coefficiente scabrezza	Altezza idrica imbocco	Altezza idrica nella canna	Grado riempimento	Velocità media
N°	km	m	M	m	l/s	%	1/n	m	m	%	m/s
1	0+272.00	1 x Φ 800		7.70	105.1	0.050	60	0.26	0.12	15	2.31
2	0+316.80	1 x Φ 800		12.20	134.4	0.008	60	0.30	0.21	26	1.30
3	0+427.70	1 x Φ 800		12.00	120.8	0.026	60	0.29	0.15	19	1.92



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto

2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord

Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434

Relazione tecnica e idraulica

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 17 di 22
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

ALLEGATO “A”

Tabelle Verifica Tombini

Tombino Ø800 a pk 0+272
Tab. 6

Dati INPUT :

Progressiva	Km =	0+272.00
Dimensioni Struttura	diametro =	1 × 0.80 m
Lunghezza del tombino	L [m] =	7.700
Tombino in	Calcestruzzo	
Tipo di imbocco	Muri di testa	
Coefficiente per imbocco	Ke =	0.50
Portata massima	Q [m3/s] =	0.105
Pendenza della struttura	i [m/m] =	0.0500
Coefficiente di scabrezza	K [1/n] =	60.000
Altezza acqua imposta in uscita	h [m] =	0.120

Risultati con funzionamento con controllo in INLET

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.262
-----------------------------	------------	-------

Risultati per un flusso a moto uniforme (Manning)

Altezza d'acqua nella struttura	hu [m] =	0.115
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	2.310

Risultati con funzionamento con controllo in OUTLET

Perdita di carico all'imbocco	dhe [m] =	0.001
Perdita di carico distribuita	dhf [m] =	0.001
Perdita di carico allo sbocco	dhs [m] =	0.002
Perdita di carico totale	dht [m] =	0.004

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	-0.191
Altezza d'acqua in uscita	h [m] =	0.190
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	1.149

Pendenza critica della struttura	ic [m/m] =	0.0068
Altezza d'acqua critica	hc [m] =	0.190
Velocità dell'acqua critica	Vc [m/s] =	1.149

Essendo $TW < (hc+h)/2$
 e $HW < h + (1+Ke) * V^2 / (2 * G)$

il moto nel tombino avviene a superficie libera anche in OUTLET CONTROL

Tombino Ø800 a pk 0+316.80
Tab. 7

Dati INPUT :

Progressiva	Km =	0.316.80
Dimensioni Struttura	diametro =	1 × 0.80 m
Lunghezza del tombino	L [m] =	12.200
Tombino in	Calcestruzzo	
Tipo di imbocco	Muri di testa	
Coefficiente per imbocco	Ke =	0.50
Portata massima	Q [m3/s] =	0.134
Pendenza della struttura	i [m/m] =	0.0080
Coefficiente di scabrezza	K [1/n] =	60.000
Altezza acqua imposta in uscita	h [m] =	0.200

Risultati con funzionamento con controllo in INLET

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.303
-----------------------------	------------	-------

Risultati per un flusso a moto uniforme (Manning)

Altezza d'acqua nella struttura	hu [m] =	0.205
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	1.304

Risultati con funzionamento con controllo in OUTLET

Perdita di carico all'imbocco	dhe [m] =	0.002
Perdita di carico distribuita	dhf [m] =	0.002
Perdita di carico allo sbocco	dhs [m] =	0.004
Perdita di carico totale	dht [m] =	0.007

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.125
Altezza d'acqua in uscita	h [m] =	0.215
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	1.232

Pendenza critica della struttura	ic [m/m] =	0.0068
Altezza d'acqua critica	hc [m] =	0.215
Velocità dell'acqua critica	Vc [m/s] =	1.232

Essendo $\left[TW < (hc+h)/2 \right]$
 e $\left[HW < h + (1+Ke) * V^2 / (2 * G) \right]$

il moto nel tombino avviene a superficie libera anche in OUTLET CONTROL

Tombino $\Phi 800$ a pk 0+427.70
Tab. 8

Dati INPUT :

Progressiva	Km =	0+427.70
Dimensioni Struttura	diametro =	1 \times 0.80 m
Lunghezza del tombino	L [m] =	12.000
Tombino in	Calcestruzzo	
Tipo di imbocco	Muri di testa	
Coefficiente per imbocco	Ke =	0.50
Portata massima	Q [m ³ /s] =	0.120
Pendenza della struttura	i [m/m] =	0.0260
Coefficiente di scabrezza	K [1/n] =	60.000
Altezza acqua imposta in uscita	h [m] =	0.150

Risultati con funzionamento con controllo in INLET

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.284
-----------------------------	------------	-------

Risultati per un flusso a moto uniforme (Manning)

Altezza d'acqua nella struttura	hu [m] =	0.145
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	1.919

Risultati con funzionamento con controllo in OUTLET

Perdita di carico all'imbocco	dhe [m] =	0.001
Perdita di carico distribuita	dhf [m] =	0.002
Perdita di carico allo sbocco	dhs [m] =	0.003
Perdita di carico totale	dht [m] =	0.006

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	-0.106
Altezza d'acqua in uscita	h [m] =	0.200
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	1.221

Pendenza critica della struttura	ic [m/m] =	0.0072
Altezza d'acqua critica	hc [m] =	0.200
Velocità dell'acqua critica	Vc [m/s] =	1.221

Essendo $\left[TW < (hc+h)/2 \right]$
 e $\left[HW < h + (1+Ke) * V^2 / (2 * G) \right]$
 il moto nel tombino avviene a superficie libera anche in OUTLET CONTROL



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto

2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord

Sistemazione viabilità interferita al km 5+641 – pk 0+250 – 0+434

Relazione tecnica e idraulica

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5007	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 21 di 22
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

ALLEGATO “B”

Scala di deflusso

Tab. 5

Fosso di guardia in terra 50x50x50 cm

Base minore struttura [m] =		0.50					
Base maggiore struttura [m] =		1.50					
Altezza max struttura [m] =		0.50					
Coeff. di scabrezza Manning 1/n =		33.0					
Altezza idrica	Altezza %	Area m2	Q mc/s	Portata mc/s (f) Pendenza m/m			
			1	0.005	0.006	0.010	0.020
0.025	5	0.013	0.035	0.002	0.003	0.004	0.005
0.050	10	0.028	0.111	0.008	0.009	0.011	0.016
0.075	15	0.043	0.219	0.016	0.017	0.022	0.031
0.100	20	0.060	0.357	0.025	0.028	0.036	0.051
0.125	25	0.078	0.524	0.037	0.041	0.052	0.0741
0.150	30	0.098	0.718	0.051	0.056	0.07	0.102
0.175	35	0.118	0.942	0.067	0.073	0.09	0.133
0.200	40	0.140	1.194	0.084	0.092	0.12	0.169
0.225	45	0.163	1.476	0.104	0.114	0.15	0.209
0.250	50	0.188	1.788	0.126	0.138	0.18	0.253
0.275	55	0.213	2.131	0.151	0.165	0.21	0.301
0.300	60	0.240	2.506	0.177	0.194	0.25	0.354
0.325	65	0.268	2.913	0.206	0.226	0.29	0.412
0.350	70	0.298	3.354	0.237	0.260	0.34	0.474
0.375	75	0.328	3.829	0.271	0.297	0.38	0.541
0.400	80	0.360	4.338	0.307	0.336	0.43	0.614
0.425	85	0.393	4.884	0.345	0.378	0.49	0.691
0.450	90	0.428	5.466	0.386	0.423	0.55	0.773
0.475	95	0.463	6.085	0.430	0.471	0.61	0.861
0.500	100	0.500	6.743	0.477	0.522	0.67	0.954

