

**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** Mandanti:

			
--	--	---	--

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

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

<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 6+168.61 Relazione tecnica e idraulica</p>	<p>SCALA: <i>1:varie</i></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 1 9 F 0	R E L	0 1	A

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

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 1 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	----------------	---------------	----------------	-----------	------------------------

INDICE

1	Premessa	2
2	Viabilità al km 6+168	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
5	Verifica delle opere di attraversamento idraulico	14
	ALLEGATO "A"	17
	Tabelle Verifica Tombini	17
	ALLEGATO "B"	20
	Scala di deflusso	20

 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 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 2 di 23

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 6+168, 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 6+168

La viabilità al km 6+168 con uno sviluppo di 370.61m ripristina il collegamento tra le viabilità rurali esistenti interferite dal progetto della Pedemontana, sottopassando il Viadotto Bargatano in corrispondenza della progr. 6+272 ca., tra la spalla e la pila n°1.

La sezione tipo della viabilità presenta una larghezza totale della piattaforma di 6.5m 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 nei tratti in curva una pendenza trasversale minima a falda unica del 2.5%, mentre a doppia falda in rettilineo.

I flussi d'acqua defluiscono quindi al cordolo laterale dove sono intercettati ad interasse 15m dal sistema cordolo-embrice e recapitati all'esterno, tramite gli embrici, nei fossi di guardia a sezione trapezoidale in terra o rivestiti previsti al piede del rilevato di dimensioni 50x50x50cm o 60x60x60cm.

Tramite i fossi di guardia le portate hanno esito finale nelle opere idrauliche previste in attraversamento della viabilità o direttamente nelle incisioni naturali esistenti.

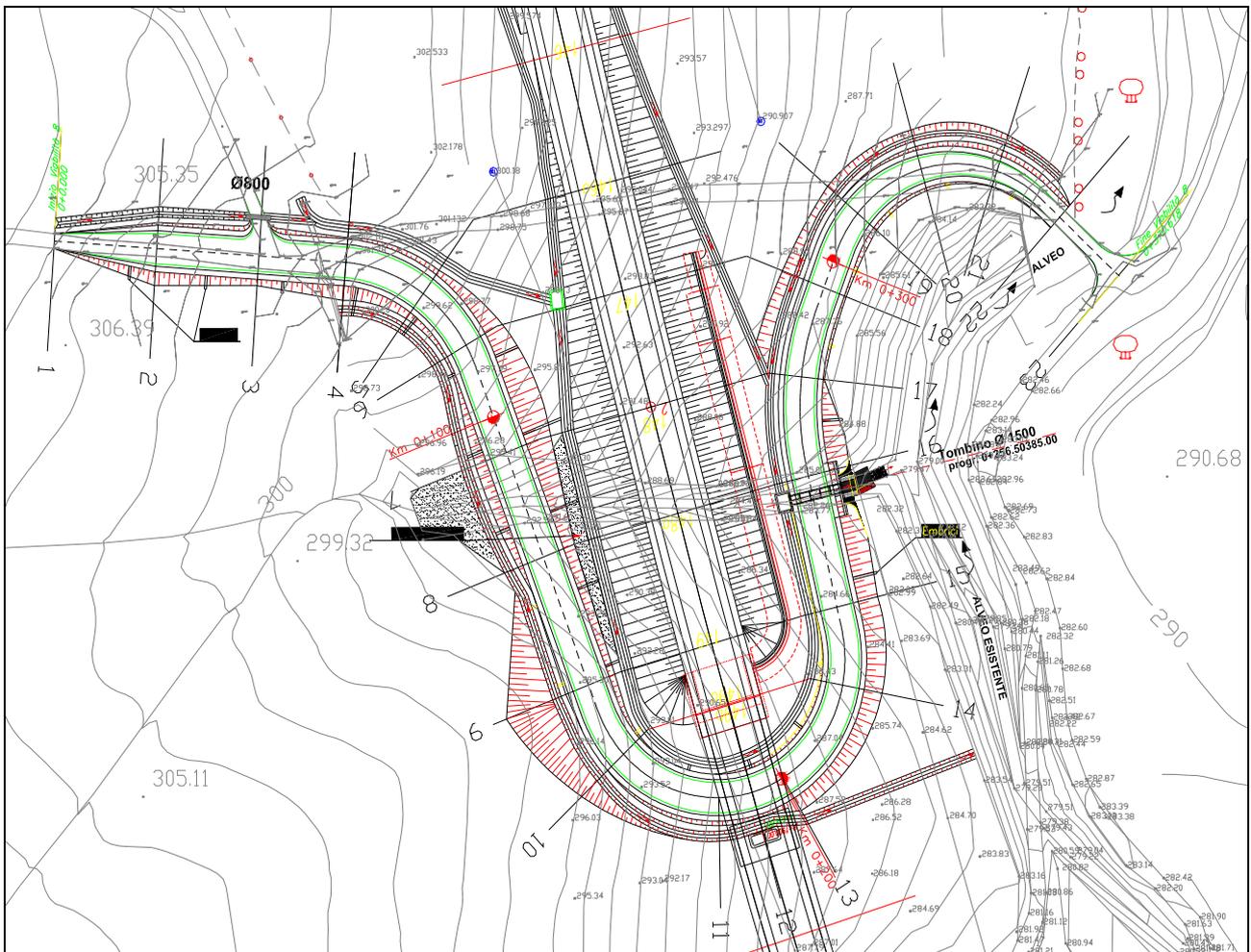
Gli embrici sono previsti per i tratti in rilevato di altezza superiore a 1.20 m, per altezze inferiori le acque meteoriche dalla pavimentazione defluiscono attraverso l'apertura del cordolo in modo laminare lungo la scarpa fino al fosso sottostante.

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	211	E	11	CS519FO	REL	01	A	3 di 23

Nella seguente corografia di figura 1 si mostra l'ubicazione della Viabilità interferita e le opere idrauliche in progetto. Il primo tombino circolare $\Phi 800$ è previsto in attraversamento di una strada rurale esistente in allaccio alla viabilità sul lato sinistro in corrispondenza della progr. 0+040. Mentre il secondo tombino è previsto in attraversamento della Viabilità a progr. 0+256.50 per consentire il deflusso delle massime portate afferenti al vicino 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 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 4 di 23

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 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 5 di 23

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 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 6 di 23

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 idraulicamente più significativi, 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. n°8	Lato 'sx/dx	Punto di chiusura	Area a verde 'm ²	Area scarpata 'm ²	Area pavimentata 'm ²
0+040	sx	"A" Imbocco Tombino Φ800	11000	-	50
0+050	sx	"B" Alveo esistente incidente alla viabilità	74000	-	-
0+086	'sx	"C" Fosso in cls 60x60x60cm	90000	600	100
0+256.50	'sx	"D" Esito nel pozzetto d'imbocco del Tombino Φ1500	91000	700	800
0+256.50	'sx	"E" Esito nel pozzetto d'imbocco del Tombino Φ1500	600	1300	-
0+256.50	'sx	- Area totale sottesa al tombino Φ1500 in attraversamento della Viabilità	91600	2000	800
--	dx	"F" Dal fosso 60x60x60 in terra le portate hanno esito diretto nell'alveo esistente.	55000	50	300

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 7 di 23

Mentre nella seguente tabella n°2, per ogni punto di chiusura (A, B, C, D, E e F) si mostrano le corrispondenti portate massime, stimate assumendo i contributi ad ettaro (l/m²) 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 Totale
	'm ²	'm ²	'm ²	'l/s	'l/s	'l/s	'l/s
A	11000	-	50	115.5	-	2.4	117.9
B	74000	-	-	777.0	-	-	777.0
C	90000	600	100	945.0	15.8	4.7	965.5
D	91000	700	800	955.4	10.3	37.8	1003.5
E	600	1300	-	6.3	34.20	-	40.5
***	91600	2000	800	961.80	52.6	37.9	1052.3
F	55000	50	300	577.5	1.3	14.2	593.0

*** Stima della portata massima passante nel tombino $\Phi 1500$ a progr 0+256.50 con esito nell'alveo esistente.

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 8 di 23

5 Opere idrauliche

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

tab,3

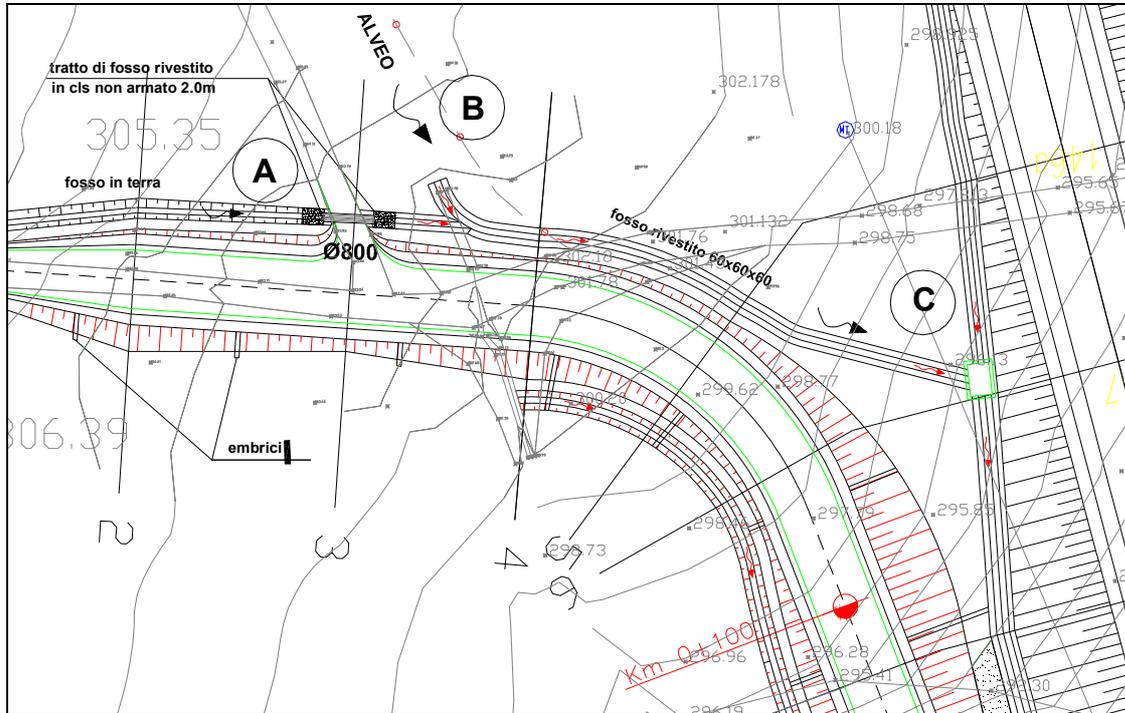
Punto di chiusura	Progressiva km	Portata l/s	Note
A	0+040.00	117.9	Tombino Φ 800 in attraversamento dell'allaccio rurale
B	0+050	777.0	Alveo esistente incidente alla viabilità, intercettato dal fosso di guardia.
C	0+086	965.5	Connessione del fosso rivestito 60x60x60cm con il fosso al piede del rilevato della Pedemontana.
D	0+256.50-	1003.5	Esito finale delle portate, provenienti dal fosso rivestito 60x60x60cm nel pozzetto a monte del tombino Φ 1500
E	0+256.50	40.5	Esito finale delle portate, provenienti dal fosso rivestito della Pedemontana in sinistra nel pozzetto a monte del tombino Φ 1500
F	-	593	Portate, provenienti dal fosso in terra 60x60x60cm, ubicato in destra della Viabilità con esito finale nell'alveo esistente.

Nella seguente fig.2 si mostra l'ubicazione dell'opera idraulica Φ 800mm, prevista per consentire la continuità idraulica del drenaggio attraverso la strada rurale in allaccio alla Viabilità a progr. 0+040 ca. Inoltre si evidenzia l'ubicazione dei punti di chiusura considerati "A, B e C" per la delimitazione del bacino sotteso e la stima della massima portata.

Tombino Φ 800 a progr. 0+040m

fig. 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	211	E	11	CS519FO	REL	01	A	9 di 23



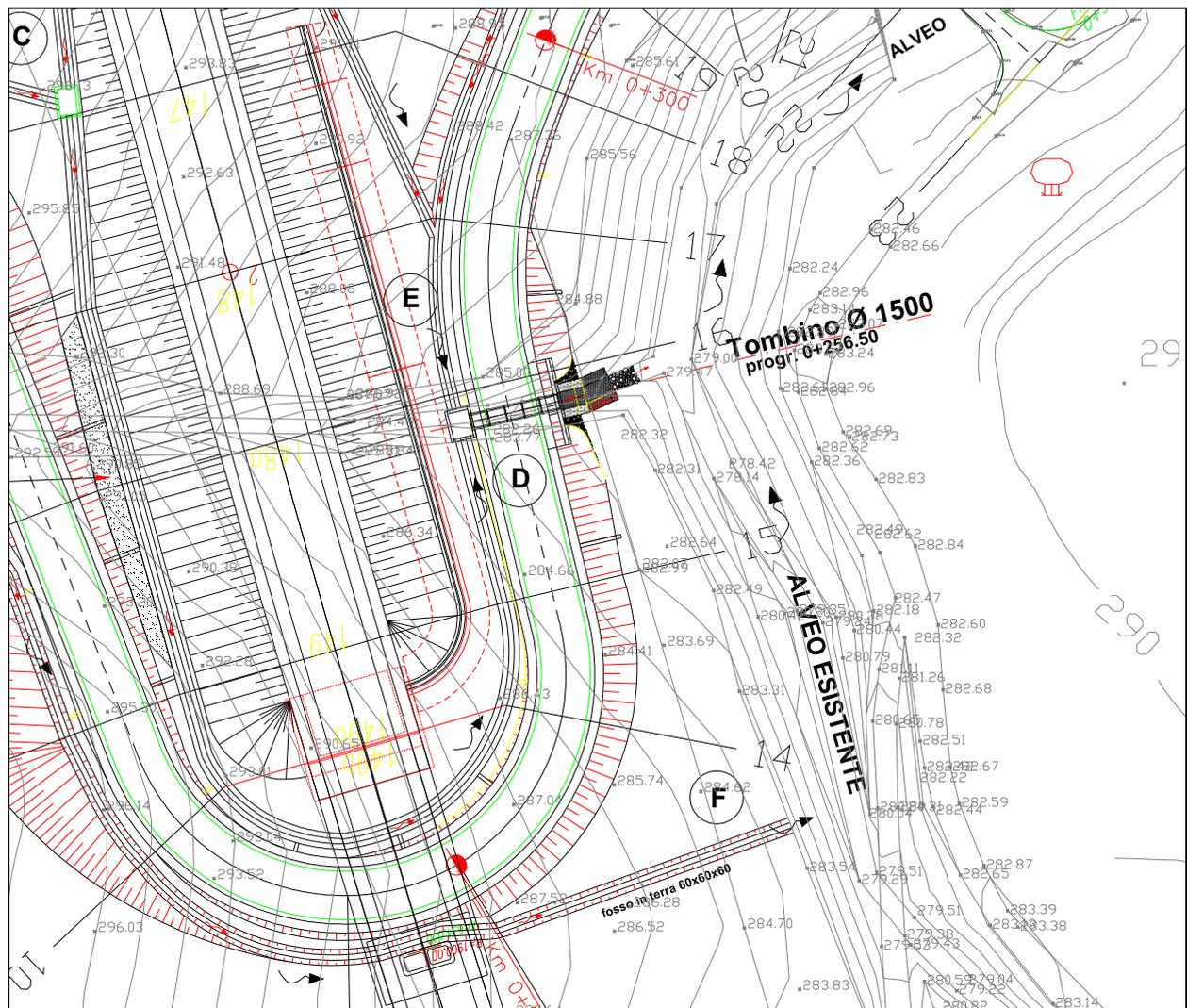
Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	211	E	11	CS519FO	REL	01	A	10 di 23

Nella seguente fig.3 si mostra l'ubicazione dell'opera idraulica $\Phi 1500$ in attraversamento della Viabilità a progr. 0+256.50 per il deflusso delle portate provenienti dai fossi di guardia in sinistra della Viabilità. A valle i flussi d'acqua hanno esito finale in sponda sinistra dell'alveo esistente. Per limitare allo sbocco l'azione erosiva del flusso d'acqua è previsto un rivestimento del fosso in materassi di pietrame di spessore 0.30m.

Si evidenzia inoltre l'ubicazione dei punti di chiusura considerati "D, E e F".

Tombino $\Phi 1500$ a progr. 0+256.50m

fig. 3



	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 11 di 23

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;

Nelle tabelle n°4, 5 e 6 dell'allegato "B", per i fossi a sezione trapezoidale di dimensioni 50x50x50cm e 60x60x60cm in terra e rivestiti, sono indicati le relazioni intercorrenti tra portata e pendenza motrice in funzione di differenti gradi di riempimento, mentre nei grafici corrispondenti 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 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 12 di 23

7. Fosso di guardia

Di seguito si riporta in sintesi l'ubicazione, le dimensioni e la finalità dei fossi di guardia inseriti nel progetto della Viabilità interferita. Sono previsti fossi di guardia a sezione trapezoidale di dimensioni 50x50x50cm e 60x60x60cm in terra e rivestiti per garantire il deflusso delle corrispondenti portate provenienti dalla pavimentazione stradale, dalla scarpata e da aree a verde

Attraverso il fosso di guardia in terra inserito nel tratto in sinistra della viabilità da progr. 0+0 a progr. 0+040 la portata di 117.9 l/s, proveniente da un'area a verde di estensione 1.1ha, 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 (punto A).

Per la portata di 777 l/s proveniente sia dal tombino $\Phi 800$ che da un alveo esistente è previsto a valle (punto B) un fosso trapezoidale rivestito di dimensioni 60x60x60cm. Il fosso si prolunga sino al fosso ubicato al piede del rilevato stradale della Pedemontana 8 (punto C).

Il fosso di guardia rivestito di dimensione 60x60x60cm prosegue, con uno sviluppo di 150m, nell'area interclusa tra la viabilità e il rilevato della Pedemontana. Il fosso sottopassa il viadotto Bargatano in corrispondenza della spalla e si collega nel pozzetto d'ingresso del tombino $\Phi 1500$ a progr. 0+256.50 (punto D), dove recapita le massime portate pari a 1003.5 l/s. Nel pozzetto hanno esito anche le portate provenienti dal fosso di guardia in sinistra della Pedemontana e della viabilità da progr. 0+295 a progr.0+256.50 (punto E).

Date le limitate portate nell'ultimo tratto sino alla progr. 0+355 è stato inserito lateralmente alla viabilità in scavo un fosso trapezoidale in terra 50x50x50cm.

I flussi d'acqua provenienti da un'area a verde di estensione 5.5ha ed incidenti alla viabilità sul lato destro in corrispondenza della progr. 0+110 ca, sono intercettati da un fosso di guardia in terra di dimensioni 60x60x60cm. Con uno sviluppo di 180m il fosso di guardia sottopassa il viadotto Bargatano tra la viabilità e la pila n°1 e recapita la portata massima di 593l/s direttamente nell'alveo esistente (punto F).

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 13 di 23

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.

Nella seguente tab.7 si mostrano, per i fossi di guardia, i risultati delle verifiche idrauliche eseguite tramite la formula a moto uniforme di Gauckler-Strikler in condizione di deflusso libero, assumendo per ogni punto di chiusura considerato la relativa minima pendenza longitudinale.

tab. 7

Punto di chiusura	Progressiva 'km	Fosso di guardia	Portata 'l/s	Pendenza 'minima 'm/m	Altezza idrica 'm	Velocità 'media m/s	Grado di Riempim. '%
A	0+040.0	50x50x50 (terra)	117.9	0.07	0.12	1.78	24
B	0+050.0	60x60x60 (cls)	777.0	0.08	0.21	4.33	35
C	0+086.0	60x60x60 (cls)	965.5	0.012	0.39	2.44	65
D	0+256.5	60x60x60 (cls)	1003.5	0.012	0.41	2.52	68
E	0+256.5	50x50x50 (cls)	40.5	0.05	0.05	1.63	10
F	-	60x60x60 (terra)	593	0.012	0.42	1.37	70

Dalle verifiche effettuate i fosso di guardia, previsti nel progetto della Viabilità, risultano adeguati al deflusso delle massime portate, poiché i massimi livelli idrici sono interamente contenuti nella sezione idraulica con un grado di riempimento non superiore al 70% dell'altezza del fosso.

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 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 14 di 23

5 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 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 15 di 23

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°8 e 9 dell'allegato "A" si mostrano i risultati ottenuti assumendo le principali caratteristiche delle opera idrauliche in esame: dimensioni, lunghezza, pendenza longitudinale, portata massima e la geometria dell'opera di entrata.

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 ed 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 6+168

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+040.00	1 x Φ 800		5.00	117.9	0.050	60	0.28	0.11	14	2.65
2	0+256.50	1 x 1500		10.23	1052.3	0.070	60	0.75	0.30	20	4.24

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A

ALLEGATO "A"

Table Verifica Tombini

Tombino $\Phi 800$ a pk 0+040
Tab. 8

Dati INPUT :

Progressiva	Km =	0+040
Dimensioni Struttura	diametro =	1 \times 0.80 m
Lunghezza del tombino	L [m] =	5.500
Tombino in	Calcestruzzo	
Tipo di imbocco	Muri di testa	
Coefficiente per imbocco	Ke =	0.50
Portata massima	Q [m3/s] =	0.118
Pendenza della struttura	i [m/m] =	0.0700
Coefficiente di scabrezza	K [1/n] =	60.000
Altezza acqua imposta in uscita	h [m] =	0.110

Risultati con funzionamento con controllo in INLET

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.281
-----------------------------	------------	-------

Risultati per un flusso a moto uniforme (Manning)

Altezza d'acqua nella struttura	hu [m] =	0.110
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	2.659

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] =	0.003
Perdita di carico totale	dht [m] =	0.005

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	-0.180
Altezza d'acqua in uscita	h [m] =	0.200
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	1.201

Pendenza critica della struttura	ic [m/m] =	0.0070
Altezza d'acqua critica	hc [m] =	0.200
Velocità dell'acqua critica	Vc [m/s] =	1.201

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

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

Tombino Φ 1500 a pk 0+256.50
Tab. 9

Dati INPUT :

Progressiva	Km =	0+256.50
Dimensioni Struttura	diametro =	1 \times 1.50 m
Lunghezza del tombino	L [m] =	10.230
Tombino in	Calcestruzzo	
Tipo di imbocco	Muri di testa	
Coefficiente per imbocco	Ke =	0.50
Portata massima	Q [m3/s] =	1.052
Pendenza della struttura	i [m/m] =	0.0500
Coefficiente di scabrezza	K [1/n] =	60.000
Altezza acqua imposta in uscita	h [m] =	0.300

Risultati con funzionamento con controllo in INLET

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.757
-----------------------------	------------	-------

Risultati per un flusso a moto uniforme (Manning)

Altezza d'acqua nella struttura	hu [m] =	0.295
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	4.248

Risultati con funzionamento con controllo in OUTLET

Perdita di carico all'imbocco	dhe [m] =	0.009
Perdita di carico distribuita	dhf [m] =	0.004
Perdita di carico allo sbocco	dhs [m] =	0.018
Perdita di carico totale	dht [m] =	0.031

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.039
Altezza d'acqua in uscita	h [m] =	0.520
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	1.934

Pendenza critica della struttura	ic [m/m] =	0.0055
Altezza d'acqua critica	hc [m] =	0.520
Velocità dell'acqua critica	Vc [m/s] =	1.934

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

	2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+168,61 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS519F0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 20 di 23

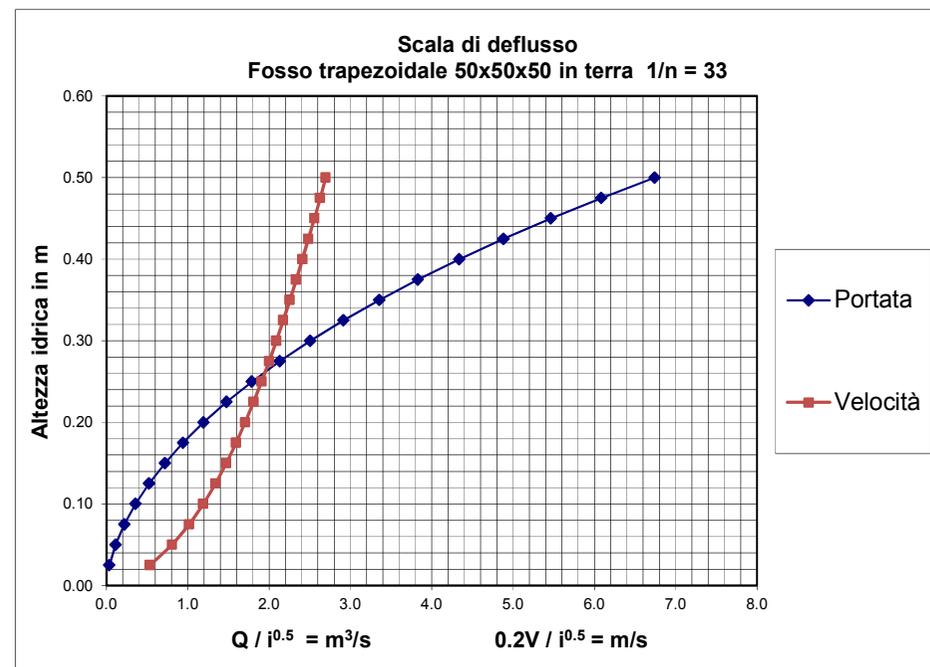
ALLEGATO "B"

Scala di deflusso

Tab. 4

Fosso di guardia in terra 50x50x50 cm

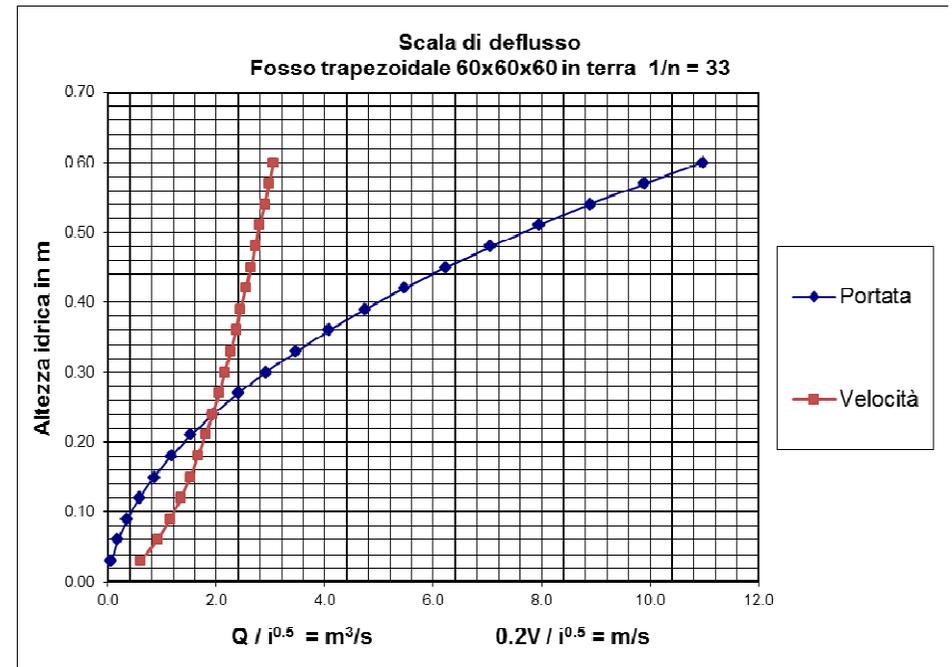
Base minore struttura [m] =		0.50					
Base maggiore struttura [m] =		1.50					
Altezza max struttura [m] =		0.50					
Coeff. di scabrezza Manning 1/n =		33.0					
Altezza idrica	Altezza %	Area m2	Q mc/s	Portata mc/s (f) Pendenza m/m			
			1	0.005	0.006	0.010	0.020
0.025	5	0.013	0.035	0.002	0.003	0.004	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



Fosso di guardia in terra 60x60x60 cm

tab.5

Base minore struttura	[m]	=	0.60				
Base maggiore struttura	[m]	=	1.80				
Altezza max struttura	[m]	=	0.60				
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	0.010	0.030	0.050
0.030	5	0.019	0.057	0.004	0.006	0.010	0.013
0.060	10	0.040	0.181	0.013	0.018	0.031	0.040
0.090	15	0.062	0.357	0.025	0.036	0.062	0.080
0.120	20	0.086	0.581	0.041	0.058	0.101	0.130
0.150	25	0.113	0.851	0.060	0.085	0.147	0.190
0.180	30	0.140	1.168	0.083	0.117	0.20	0.261
0.210	35	0.170	1.531	0.108	0.153	0.27	0.342
0.240	40	0.202	1.941	0.137	0.194	0.34	0.434
0.270	45	0.235	2.400	0.170	0.240	0.42	0.537
0.300	50	0.270	2.907	0.206	0.291	0.50	0.650
0.330	55	0.307	3.465	0.245	0.347	0.60	0.775
0.360	60	0.346	4.075	0.288	0.407	0.71	0.911
0.390	65	0.386	4.737	0.335	0.474	0.82	1.059
0.420	70	0.428	5.454	0.386	0.545	0.94	1.220
0.450	75	0.473	6.226	0.440	0.623	1.08	1.392
0.480	80	0.518	7.055	0.499	0.705	1.22	1.577
0.510	85	0.566	7.942	0.562	0.794	1.38	1.776
0.540	90	0.616	8.888	0.628	0.889	1.54	1.987
0.570	95	0.667	9.895	0.700	0.990	1.71	2.213
0.600	100	0.720	10.964	0.775	1.096	1.90	2.452



Fosso di guardia rivestito 60x60x60 cm

tab. 6

Base minore struttura [m] =		0.60					
Base maggiore struttura [m] =		1.80					
Altezza max struttura [m] =		0.60					
Coeff. di scabrezza Manning 1/n =		60.0					
Altezza idrica	Altezza %	Area m2	Q mc/s	Portata mc/s (f) Pendenza m/m			
			1	0.005	0.010	0.030	0.050
0.030	5	0.019	0.104	0.007	0.010	0.018	0.023
0.060	10	0.040	0.329	0.023	0.033	0.057	0.073
0.090	15	0.062	0.649	0.046	0.065	0.112	0.145
0.120	20	0.086	1.056	0.075	0.106	0.183	0.236
0.150	25	0.113	1.548	0.109	0.155	0.268	0.346
0.180	30	0.140	2.124	0.150	0.212	0.37	0.475
0.210	35	0.170	2.784	0.197	0.278	0.48	0.623
0.240	40	0.202	3.530	0.250	0.353	0.61	0.789
0.270	45	0.235	4.363	0.309	0.436	0.76	0.976
0.300	50	0.270	5.286	0.374	0.529	0.92	1.182
0.330	55	0.307	6.301	0.446	0.630	1.09	1.409
0.360	60	0.346	7.409	0.524	0.741	1.28	1.657
0.390	65	0.386	8.613	0.609	0.861	1.49	1.926
0.420	70	0.428	9.916	0.701	0.992	1.72	2.217
0.450	75	0.473	11.320	0.800	1.132	1.96	2.531
0.480	80	0.518	12.827	0.907	1.283	2.22	2.868
0.510	85	0.566	14.439	1.021	1.444	2.50	3.229
0.540	90	0.616	16.160	1.143	1.616	2.80	3.613
0.570	95	0.667	17.991	1.272	1.799	3.12	4.023
0.600	100	0.720	19.935	1.410	1.993	3.45	4.458

