

DG 03-17

Accordo Quadro

CONTRATTO APPLICATIVO N. 4

CODICE SIL: ACMSPG00697EGENP-A1 CODICE CIG: Y682DBD973

S.S. "3 "Flaminia" – Progettazione definitiva ed esecutiva dei lavori di potenziamento e riqualificazione dell'infrastruttura Intersezione Molinaccio dal km 105+500 al Km 108+800"

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) :

Dott. Ing. LORENA RAGNACCI

Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2857



PROGETTAZIONE



COOPROGETTI Soc. Coop. - Sede Legale ed Operativa
Via Thomas Alva Edison 5 - 06024 Gubbio (PG)
tel +39-075.9230111 - fax +39-075.9230150
www.cooprogetti.it

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Luigino Capponi

Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A1092



IL GEOLOGO

Dott. Geol. Fausto Pelicci

Ordine dei geologi della Regione Umbria n.71

DIRETTORE TECNICO

Ing. Lorena Ragnacci

Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2857

IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. Andrea Primicerio

GRUPPO PROGETTAZIONE

Ing. Danilo Pelle

Ing. Moreno Panfili

Ing. Monia Angeloni

Arch. Paolo Ghirelli

Arch. Antonella Strati

Ing. Edoardo Filippetti

Ing. Costanza Cecchetti

Arch. Enrico Costa

Ing. Luigi Farina

Arch. Isabella Morelli

STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO

MOLINACCIO 1

IDROLOGIA E IDRAULICA

RELAZIONE IDRAULICA

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
17063	T00ID01IDRRE01_A	A	-
FASE	WBS	COD. DISCIPLINA	TIPO ELAB.
E	T00ID01	IDR	RE
			01
A	EMISSIONE	NOV. 2022	BERNARDI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO
			RAGNACCI
			RAGNACCI
			VERIFICATO
			APPROVATO

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	2
2	CRITERI DI PROGETTAZIONE	3
3	SISTEMI DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA	4
3.1	Cunette bordo ciglio	6
3.1.1	Stima delle portate	6
3.1.2	Verifica cunette	7
3.2	Fossi di guardia	8
3.2.1	Dimensionamento fosso lungo il ramo AP.02	8
3.2.2	Dimensionamento fosso lungo il ramo AP.01	9

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha per oggetto la progettazione esecutiva dell’intervento denominato “Accordo Quadro per servizi di ingegneria di progettazione esecutiva relativa ai lavori di manutenzione straordinaria di ponti, viadotti e gallerie codice gara: DG 03/17 S.S. 3 “Flaminia” – Progettazione definitiva ed esecutiva dei lavori di potenziamento e riqualificazione dell’infrastruttura - Intersezione Molinaccio.

In particolare si descrivono le modalità di studio ed i risultati ottenuti in merito al dimensionamento delle opere idrauliche di smaltimento delle acque di piattaforma, inerenti agli interventi di realizzazione dell’intersezione “Molinaccio 1”.



Figura 1 Inquadramento intervento – Molinaccio 1

2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

La scelta dei tempi di ritorno di riferimento nella progettazione corrisponde a quanto prescritto dalle normative vigenti, in particolare alle norme di capitolato ANAS, di cui di seguito si riporta un estratto:

<p>6.3 RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>contenuti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • criteri di verifica adottati; • verifica delle principali opere di attraversamento di corsi d’acqua e di drenaggio delle opere stradali effettuata in moto uniforme e se necessario in moto permanente con franco minimo tra l’intradosso dell’opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idraulico di massima piena pari ad 1 metro; • calcoli idraulici con tempo di ritorno come da tabella seguente: <ul style="list-style-type: none"> > drenaggio della piattaforma stradale dell’asse principale (cunette, tubazioni, ecc.) Tr = 25 anni; > drenaggio della piattaforma stradale delle strade secondarie (cunette, tubazioni, ecc.) Tr = 10 anni; > fossi di guardia dell’asse principale Tr = 50 anni; > fossi di guardia delle strade secondarie Tr = 20 anni; > ponti e difese fluviali Tr = 200 anni (per le strade importanti si può operare una suddivisione in base all’area di bacino, Tr = 500 anni per S ≥ 50 km² e Tr = 200 anni per S < 50 km²); > tombini e ponticelli Tr = 200 anni per S ≥ 10 km² e Tr = 100 anni per S < 10 km²; > impianti di sollevamento Tr = 25 anni > porzioni depresse dell’asse principale soggette ad allagamenti Tr = 200 anni; > sottopassi e strade secondarie depresse soggette ad allagamenti Tr = 100 anni; • definizione e verifica delle opere di salvaguardia delle fondazioni dei ponti e dei viadotti e del rilevato stradale.

Di conseguenza, i tempi di ritorno di riferimento scelti nella progettazione sono:

- Opere di drenaggio della piattaforma stradale: Tr = 25 anni.

Per il dimensionamento delle opere idrauliche si adotta il metodo cinematico, per cui, noti gli elementi geometrici significativi delle superfici da drenare, esse si possono dimensionare in funzione degli afflussi meteorici di riferimento, rappresentati dalle curve di possibilità climatica del tipo

$$h = a \cdot t^n \quad (1)$$

dove l’altezza di pioggia h (mm) è correlata alla durata t (ore) dell’evento e i cui parametri significativi a ed n, calcolabili mediante l’analisi probabilistica in funzione del tempo di ritorno Tr, ovvero del periodo nel quale l’evento di una certa intensità può statisticamente ripetersi. Tali valori sono riportati nella seguente tabella come valori caratteristici, risultanti dall’analisi idrologica dei dati pluviometrici (si rimanda all’apposita relazione idrologica) rilevati nella stazione pluviografica di Terni, Arrone, Ancaiano e Castagnacupa.

Parametri delle curve di pioggia

Tr (anni)	a (mm/ora ⁿ)	n
25	54.80	0.48

L’espressione classica dei deflussi verso la rete di drenaggio è rappresentata dalla relazione

$$Q = \varphi \cdot J \cdot S \quad (2)$$

dove la portata Q (mc/sec) è il prodotto dell’intensità di pioggia J = h/t = a·tⁿ⁻¹ (mm/ora) della superficie S (mq) del bacino scolante e del coefficiente di deflusso φ che rappresenta il rapporto fra l’afflusso meteorico e l’effettivo recapito alla caditoia, che nel caso specifico si pone pari a 0.95.

Con queste posizioni si può introdurre nella (2) la durata di pioggia pari al tempo di corruzione, stimabile mediante la relazione:

$$t = \left(\frac{26.3 \cdot (L / K)^{0.6}}{3600^{(1-n)0.4} \cdot \left(\frac{a}{1000}\right)^{0.4} \cdot t^{0.3}} \right)^{\frac{1}{0.6+0.4n}} \quad (3)$$

con t (sec), a (mm/oraⁿ) ed n per tempo di ritorno Tr = 25 anni, K (m^{1/3}/s) la scabrezza, i la pendenza longitudinale media del tratto di monte e L (m) la lunghezza dell’area servita. Sostituendo nella (3) i valori numerici opportuni, si determinano i valori di riferimento del tempo di corrivazione per i tratti di drenaggio interessati.

Non volendo, nel caso specifico, incorrere in eccessivi sovradimensionamenti e ammettendo la possibile saturazione dei collettori nella circostanza, invero singolare e ragionevolmente remota, che la massima precipitazione di calcolo corrisponda al centro di meteora dell’evento con la frequenza probabile assegnata, si incrementa il tempo di corrivazione teorico sopra descritto di un intervallo di 2 minuti (120 s), individuando così un’intensità di pioggia di calcolo accettabile e congruente con quanto suggeriscono anche i riscontri pratici sul campo.

Per la verifica idraulica delle tubazioni/canalizzazioni si confronterà il massimo afflusso con la capacità di portata valutabile, con approssimazione accettabile, mediante la formula di Gauckler-Strickler (moto uniforme):

$$Q = A \cdot K \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i} \quad (4)$$

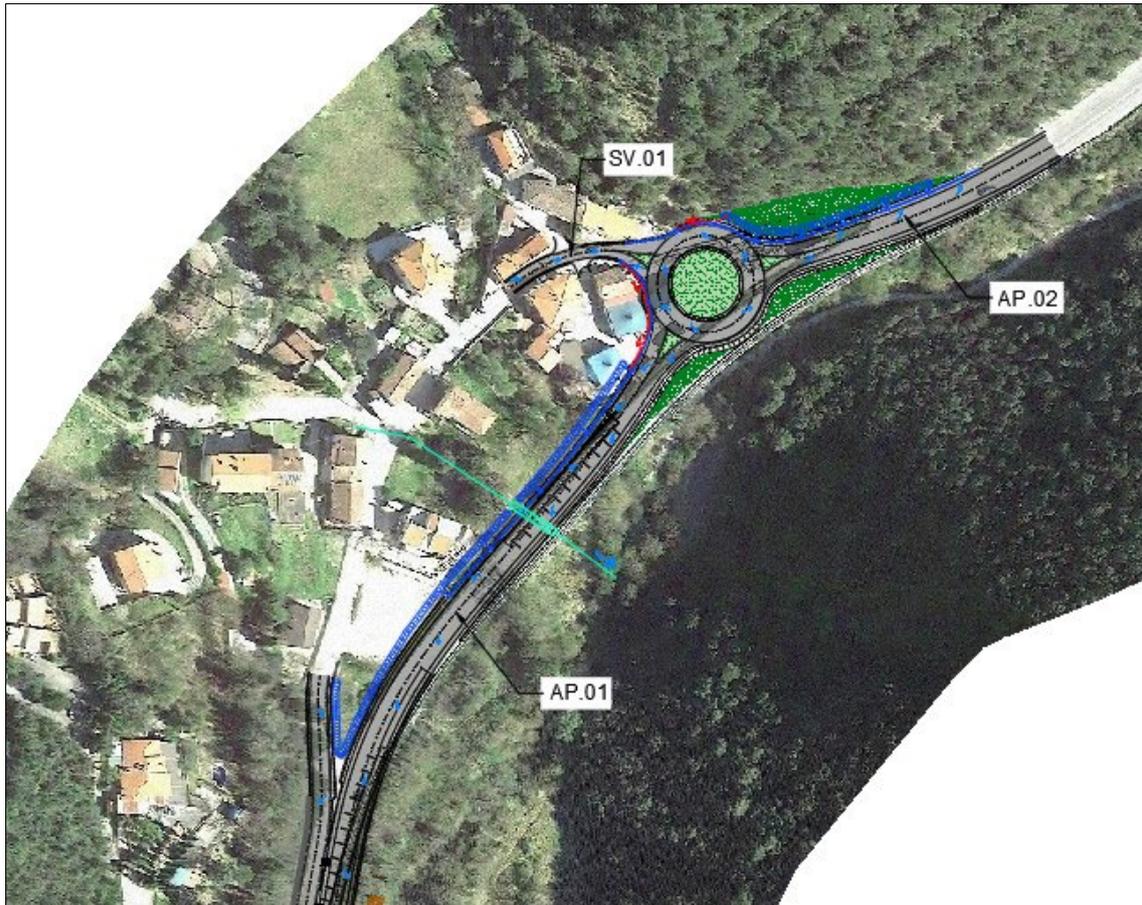
dove Q (m³/s) è la portata, A (m²) l’area della sezione bagnata, K (m^{1/3}/s) è il coefficiente di scabrezza, R (m) è il raggio idraulico, rapporto fra A e il suo contorno bagnato, e i è la pendenza.

3 SISTEMI DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

L’intervento consiste nella realizzazione di un’intersezione a rotatoria a tre bracci denominati:

- AP.01 -> Ramo lato sud-ovest costituito dall’attuale S.S.3 Flaminia
- AP.02 -> Ramo lato nord-est costituito dall’attuale S.S.3 Flaminia
- VS.01 -> Ramo lato ovest di una viabilità locale urbana di collegamento con l’abitato di Molinaccio.

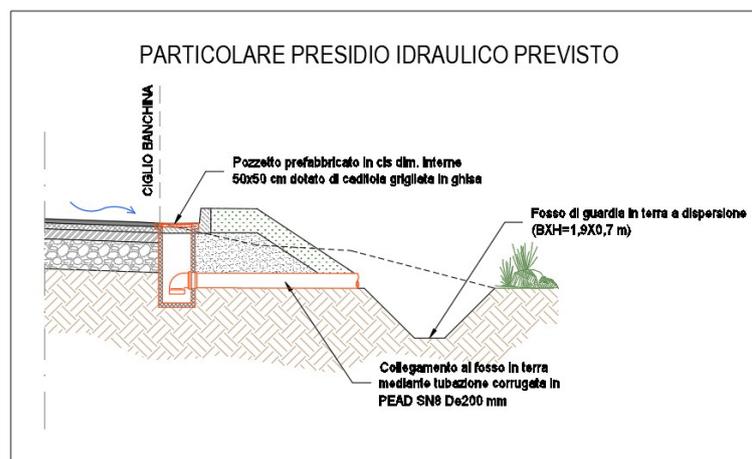
I primi due rami che corrono sulla S.S.3 Flaminia presentano una livelletta altimetrica monopendente portando le acque di piattaforma ad allontanarsi dalla rotatoria, con pendenze dell’ordine rispettivamente di 3.00% e 2,40%, mentre il ramo VS.01 presenta un minimo idraulico in prossimità dell’intersezione con pendenza di circa 1.30% (vedasi elaborato specifico dei profili stradali).



Sistema di smaltimento delle acque superficiali di piattaforma – Intersezione Molinaccio 1

Lo smaltimento delle acque di piattaforma avviene per gravità in base all’andamento dei cigli, con l’ utilizzo di cunette laterali a bordo ciglio della dimensione di 50 cm, che convogliano le acque in caditoie grigliate classe D400 di dimensioni interne 50x50 cm, per poi recapitarle mediante tubazioni in PEAD di diametro De200 mm nei fossi in terra.

Quest’ultimi sono a sezione trapezia di larghezza del fondo 0,5 m, altezza 0,7 m e pendenza delle scarpate 1/1, con funzione di invasi naturali in grado di contenere le acque provenienti dalla piattaforma stradale e restituirle naturalmente a dispersione nei terreni sottostanti.



3.1 Cunette bordo ciglio

3.1.1 Stima delle portate

Per stimare la portata Q di acqua di pioggia che ogni metro lineare di canaletta raccoglierà al suo interno, si procede con la formula (2) considerando:

- J = 203 mm/ora. Tale valore è associato a tempi di pioggia pari a circa 4,85 min (scroscio) valutato con la formula (3) maggiorata di 2 min.
- φ = 0,95 (valore cautelativo a favore di sicurezza)
- S = 10,5 m² (superficie scolante di un metro di lunghezza della pavimentazione stradale e larghezza 10,5 m nel caso peggiore ovvero in curva).

Inserendo i valori sopradetti nella (2) si ottiene che ogni metro di solido stradale in curva apporta alla canaletta di interno curva una portata **Q=0,00056 mc/sec = 0,56 l/sec.**

Di seguito un prospetto dei calcoli sopra citati.

CALCOLO DELLA PORTATA DI DEFLUSSO DALLA CARREGGIATA						
METODO RAZIONALE (moto uniforme)						
$Q = \varphi S J \text{ [m}^3/\text{s]}$						
Q [m ³ /s] = volume specifico di inaso						
S [m ²] = superficie del bacino scolante						
φ = coefficiente di deflusso						
J [mm/h] = h / tc = intensità massima di pioggia per tempi di pioggia pari al tempo di corrivazione tc						
h = a tc ⁿ = altezza di precipitazione						
L _{car} [m] = larghezza carreggiata =	10,5			(in curva)		
φ =	0,95					
tc [min] = tempo di corrivazione =	4,85					
a [mm/h] =	54,800			Tr(25anni)		
n =	0,48000			Tr(25anni)		
u = Q/S = φ J [l/s/ha] = coefficiente udometrico						
φ	a [mm/h]	n	tc [h]	h [mm]	J [mm/h]	u [l/s/ha]
0,95	54,800	0,48	0,08	16,4	202,6	535
Q = u Lc = portata defluente per 1 metro di solido stradale di larghezza Lc =						0,56 l/s

Per la determinazione dei tempi di corrivazioni si riporta di seguito un prospetto di calcolo:

ROTATORIA MOLINACCIO 1												
Strada	Posizione Fosso	Progressive Inizio Fine		LA	L	S	LP	i	tc	J	φ	Q _{max}
		(m)		(m)	(m)	(m ²)	(m)	(%)	(min)	mm/ore		(l/s)
Ramo rotatoria AP.02 + Parte di Rotatoria (tratto a nord)	DX	0	102	10,50	102	1 071	102	2,40	4,85	203	0,95	57
Ramo rotatoria AP.02 - Fosso di DX												
LA = Larghezza della carreggiata drenante	(Tr=25 anni) a = 54,800											
L = Lunghezza del tratto	n = 0,48000 n'=4/3*n= 0,640											
S = Area drenata	i = 0,0240											
LP = Lunghezza progressiva	LP = 102											
i = pendenza media del tratto	S = 1 071											
tc = tempo di corrivazione	t (min) = $\frac{32,97}{5,49 \times 0,31 \times 0,33} = 58,72$ 1,26											
J (TR25) = afflusso unitario	hc = 16,39 mm											
φ = coefficiente di deflusso	J=hc/tc = 202,65 mm/ore											
Q _{max} = portata massima	u=J*φ = 535 l/s/ha											
	Qmax = 57 l/s											

3.1.2 Verifica cunette

Si ritiene, vista la portata da smaltire di cui sopra, di inserire delle canalette in cls prefabbricato con le dimensioni riportate in fig 1.

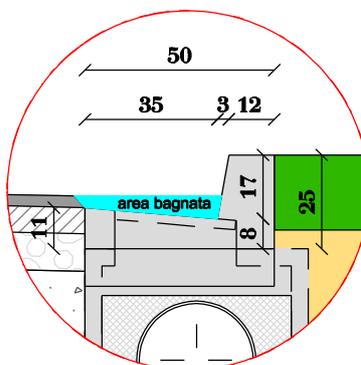


FIGURA 1 – Cunetta alla francese impiegate

Le verifiche idrauliche delle canalette scelte vengono condotte nel seguente modo:

- Si calcola la portata della caditoia scelta Q_c con la formula di Gauckler-Strickler (4) considerando:
 - K = coefficiente di scabrezza (~70 per cls)
 - R = raggio idraulico
 - i = pendenza minima da fornire alla canaletta (2,4% nel tratto del ramo AP.02)
 - A_w = area bagnata per il riempimento fissato (~100%)

Inserendo i valori sopradetti nella (4) si ottiene che la canaletta scelta consente per il riempimento e la pendenza minima fissati una portata di smaltimento pari a **Q_c=9,38 l/sec.**

2. Dividendo la portata Q_c per la portata di acqua attesa $Q_a = 0,56$ l/sec si ottiene una **$L_{max} = 16,7$ m** che è la massima distanza alla quale potranno trovarsi i punti di raccolta.

Pertanto i punti di raccolta saranno posizionati ogni 15 m per i tratti in cui l'area scolante è data dall'intera carreggiata (tipo in curva). Per i tratti in cui l'area scolante è data da metà carreggiata (tipo in rettilineo) è possibile posizionare i punti di raccolta ogni 25 m.

Detti punti di raccolta sono costituiti da pozzetti prefabbricati in cls con dimensioni minime interne 60x60 cm e fornite di caditoia carrabile in ghisa per consentire la raccolta delle acque dalle canalette.

3.2 Fossi di guardia

I fossi di guardia in terra raccolgono le acque che defluiscono dalla superficie del corpo stradale, fungendo da invasi naturali che rilasciano le acque per infiltrazione nel terreno.

La sezione prevista è del tipo trapezia di larghezza del fondo 0,5 m, altezza 0,7 m e pendenza delle scarpate 1/1. Per il loro dimensionamento si calcola la portata massima che defluisce dalla piattaforma stradale utilizzando la relazione (2).

3.2.1 Dimensionamento fosso lungo il ramo AP.02

Il valore della portata, come meglio specificato nei calcoli precedentemente descritti, risulta:

$Q = 0,56$ l/sec per un metro di solido stradale e larghezza pari a 10,5 metri.

Quindi per uno sviluppo complessivo della nuova viabilità di circa 102 metri (25 m = tratto della rotatoria SV.01 + 77 m = ramo AP.02), la stima della portata totale che defluisce nel fosso risulta:

$Q_{tot} = 0,56 \times 102 = 57,1$ l/sec = **0,0571 mc/sec**

Considerando il fosso trapezio di sezione pari a $A = 0,84$ mq e di sviluppo 90 m si ottiene una capacità di invaso di

$V_{fosso} = 0,84 \times 90 = 75,6$ mc

in grado quindi di invasare acqua per i primi

$t_p = (75,6 / 0,0571) / 60 = 22$ min circa di massima pioggia.

Infine, adottando la legge di Darcy, sono stati definiti i tempi che l'acqua di piattaforma impiega per filtrare nel terreno dopo averne sfruttato la capacità depurativa ai sensi del D.Lgs 152/2006.

Q_f = portata di infiltrazione (m ³ /s)	$Q_f = K * J * A$	0,0054
K = permeabilità (m/s)	sabbia fine, limo	0,000100
J = cadente piezometrica (m/m)		1,00
A = superficie netta infiltrazione (m ²)		54,00
Lunghezza complessiva fosso in terra (m)		90,00
Volume di invaso (m ³)		75,60
Tempo di rilascio volume invasato nel terreno (min)		233,33 (circa 4 ore)

3.2.2 Dimensionamento fosso lungo il ramo AP.01

Si tratta di un fosso che si sviluppa in sinistra lungo il ramo AP.01 e sulla rotatoria SV.01, per una lunghezza complessiva di circa (90 + 124) m.

Il valore della portata risulta esplicitata nel seguente prospetto:

ROTATORIA MOLINACCIO I													
Strada	Posizione Fosso	Progressive Inizio Fine		LA	L	S	LP	i	tc	J	φ	Q _{max}	
		(m)		(m)	(m)	(m ²)	(m)	(%)	(min)	mm/ore		(l/s)	
Parte di ramo rotatoria AP.01 + Parte di Rotatoria SV.01 (tratto a nord)	SX	220	417	10,50	197	2 069	197	0,30	12,32	329	0,95	68	
LA = Larghezza della carreggiata drenante								(Tr=25 anni) a =	54,800				
L = Lunghezza del tratto								n =	0,480		n'=4/3*n= 0,640		
S = Area drenata								i =	0,0030				
LP = Lunghezza progressiva								LP =	197				
i = pendenza media del tratto								S =	2 069		1,26		
tc = tempo di corrivazione								t (min) =		48,93			
J (TR25) = afflusso unitario								=		5,49 x 0,31 x 0,18		=	
φ = coefficiente di deflusso								=		162,64		1,26 = 12,32	
Q _{max} = portata massima								hc =		25,63 mm			
								J=hc/tc =		124,81 mm/ore			
								u=J*φ =		329 l/s/ha			
								Qmax =		68 l/s			

Pertanto la stima della portata totale che defluisce nel fosso risulta:

$$Q_{tot} = 68,0 \text{ l/sec} = \mathbf{0,068 \text{ mc/sec}}$$

Considerando il fosso trapezio di sezione pari a $A = 0,84 \text{ m}^2$ e di sviluppo $90 + 124 \text{ m}$ si ottiene una capacità di invaso di

$$V_{fosso} = 0,84 \times 214 = \mathbf{179,8 \text{ mc}}$$

in grado quindi di invasare acqua per i primi

$$t_p = (179,8 / 0,068) / 60 = \mathbf{44 \text{ min}}$$
 circa di massima pioggia.

Infine, adottando la legge di Darcy, sono stati definiti i tempi che l'acqua di piattaforma impiega per filtrare nel terreno dopo averne sfruttato la capacità depurativa ai sensi del D.Lgs 152/2006.

$$Q_f = \text{portata di infiltrazione (m}^3/\text{s)} \quad Q_f = K * J * A \quad 0,0128$$

$$K = \text{permeabilità (m/s)} \quad \text{sabbia fine, limo} \quad 0,000100$$

$$J = \text{cadente piezometrica (m/m)} \quad 1,00$$

$$A = \text{superficie netta infiltrazione (m}^2\text{)} \quad 128,40$$

$$\text{Lunghezza complessiva fosso in terra (m)} \quad 214,00$$

$$\text{Volume di invaso (m}^3\text{)} \quad 179,76$$

$$\text{Tempo di rilascio volume invasato nel terreno (min)} \quad 233,33 \text{ (circa 4 ore)}$$