



**STUDIO MACRI'
TECNICI ASSOCIATI**

Progetti integrati
d' Ingegneria
ed Architettura



essebi INGENNERIA
Studio Tecnico Associato Barra Ruzzon
Piazzale Carlo Alberto Dalla Chiesa n. 2
10064 Pinerolo TO

Ing. Renato BARRA

RECAPITI e - mail:
studiomacri@interfree.it
[pec: domenico.macri1@ingpec.eu](mailto:pec:domenico.macri1@ingpec.eu)

SEDE OPERATIVA ED
AMM.VA
Centro Lucrezia della Valle
Via Lucrezia della Valle n.19/40

88100 CATANZARO (CZ)

Tel. e Fax 0961 753475

COMUNE DI CARDINALE

(PROVINCIA DI CATANZARO)

PROGETTO ESECUTIVO

DATA:	A.T.P. (ASSOCIAZIONE TEMPORANEA TRA PROFESSIONISTI)	
DICEMBRE 2020	PROGETTISTI :	DIREZIONE LAVORI:
	ING. DOMENICO MACRI' - CAPOGRUPPO MANDATARIO	ING. DOMENICO MACRI'
	ING. RENATO BARRA - MANDANTE	
	ARCH. MADDALENA TROMBY - MANDANTE GIOVANE PROFESSIONISTA	

	TITOLO DEL PROGETTO:
	INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DELLE PENDICI SOVRASTANTI IL CENTRO STORICO DEL COMUNE DI CARDINALE - CODICE CZ042A/10.

Prot. Dis.	Modifiche:	1)
	Sostituisce il N.	2)
	Sostituito dal N.	3)
ALL. N.	Oggetto del Disegno:	
A7.7.1	RELAZIONI DI CALCOLO	
	- BRIGLIA in c.a. DONNELERIO	

SCALA:	ENTE APPALTANTE:
	AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CARDINALE.
	RESPONSABILE UTC - ING. S. LUPICA e-mail: ufficio.tecnico @ comune.cardinale.cz.it

A TERMINI DI LEGGE - ART. 2578 DEL C.C. CI RISERVIAMO L'ESCLUSIVA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO TECNICO, CON DIVIETO DI COPIARLO O RIPRODURLO SENZA IL NOSTRO CONSENSO SCRITTO

INDICE

1. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	2
2. MATERIALI UTILIZZATI.....	3
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4. ANALISI DEI CARICHI	6
5. – VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI	10
6. – VERIFICHE IDRAULICHE.....	11
6.1. VERIFICA A SIFONAMENTO DELLA BRIGLIA.....	11

1. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

La presente relazione ed i relativi elaborati grafici (All.A6.1.5, All.A6.1.6) descrivono e verificano la briglia in c.a. che sarà realizzata in testa al fosso Donnelerio nell'ambito del progetto "interventi di sistemazione delle pendici sovrastanti il centro storico del Comune di Cardinale".

Si tratta di una briglia e controbriglia di dimensioni contenute aventi fondazione diretta; la controbriglia presenta altezza di 2.60 m e larghezza di 3.10 m mentre la briglia vera e proprio è alta circa 3.40 m ed è collegata alla controbriglia mediante muri d'ala ed il fondo. La gavetà di entrambe i manufatti hanno larghezza di 1.50 m ed altezza di 1.00 m, lo spessore di tutti gli elementi resistenti in c.a. è di 0.40 m e la distanza tra le due opere è di soli 3.00 m.

Per migliorare l'inserimento ambientale dell'opera si prevede di rivestirla con materassi tipo reno riempiti di pietrame, inoltre per evitare le cadute dall'alto è prevista la posa in opera di un parapetto realizzato con grigliati metallici.

2. MATERIALI UTILIZZATI

I materiali previsti per gli interventi in progetto sono di seguito riportati:

TERRENO

Dalla relazione geologica si ricavano i seguenti valori:

FOSSO DONNELERIO MARCHESE ESTERNO ABITATO:

-Briglie in gabbioni ed in c.a. (solo briglia in testa) di stabilizzazione fosso - Terra armata per stabilizzazione bordo cengia-gradone - Manufatto di sfioro canale fugatore	NOTE
Classe	III
Vita Nominale	50
Categoria sottosuolo	B
Categoria Topografica	T2

Caratteristiche dei terreni da indagini						
Litologia	Peso di volume [kN/m ³]	Peso di volume saturo [kN/m ³]	Angolo attrito interno [°]	Coesione [kPa]	Nspt (30) / altro	
Terreno naturale non rimaneggiato	$\gamma = 19,00$	$\gamma = 20,00$ KN/m ³	$\phi = 34,00$ °	$C = 0,00$		Fondazione / elevazione
Sabbione ecc.	$\gamma = 18,00$	$\gamma = 21,00$	$\phi = 34,00^\circ$	$C = 0,00$		Elevazione

CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO

- Acciaio tipo B450C
 - $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
 - $f_y = 430 \text{ N/mm}^2$
 - $f_{yd} = 374 \text{ N/mm}^2$
 - $\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3$
 - Conglomerato cementizio
 - $C25/30 \text{ N/mm}^2$
 - $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
 - $f_{cd} = 14.1 \text{ N/mm}^2$
 - $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- Copri ferro minimo opere in c.a. 3.5 cm
- Classe di esposizione ambientale XC2

Classe di consistenza	S4
Rapporto acqua/cemento	0.50
Dimensione massima aggregato	25 mm

- Getti a 400 kg/mc per le strutture in C.A.
- Getti a 200 kg/mc per le basse fondazioni
- Inerti sabbio-ghiaiosi idonei con dimensioni max = 25 mm, in proporzioni tali da ottenere la seguente granulometria:
 - passante al vaglio di mm. 20.0 = 100
 - passante al vaglio di mm. 8.00 = 88 - 60
 - passante al vaglio di mm. 4.00 = 78 - 36
 - passante al vaglio di mm. 2.00 = 62 - 21
 - passante al vaglio di mm. 1.10 = 49 - 12
 - passante al vaglio di mm. 0.25 = 18 - 3

Scasseratura: come da *“Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.”*

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I carichi considerati per il calcolo sono conformi alle normative vigenti, ricordando inoltre che secondo l'ordinanza 3274 il territorio del Comune di Cardinale è classificato in zona 1. Le Norme Tecniche sulle Costruzioni definiscono le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione noti i valori dell'accelerazione orizzontale massima del terreno, del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale forniti per ciascun nodo del reticolo di riferimento in cui è stato suddiviso il territorio nazionale, per l'intervallo di riferimento, nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle nuove norme.

- D.M. 14/01/08 - "Norme tecniche per le costruzioni".

Nel dettaglio i carichi considerati sono stati: il peso proprio della struttura e dei carichi permanenti, i carichi variabili e le azioni sismiche.

Il progetto degli elementi strutturali dell'opera in oggetto è stato redatto in accordo alle seguenti Normative:

- Legge 2 febbraio 1974, n°64 – "Provvedimenti per le Costruzioni con Particolari Prescrizioni per le Zone Sismiche".
- D.M. 17/01/18 - "Norme tecniche per le costruzioni".

4. ANALISI DEI CARICHI

Pesi propri:

Massa volumica muro in c.a.

$$\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

Massa volumica acqua

$$\gamma = 10.00 \text{ kN/m}^3$$

Azione dell'acqua:

Variabile

$$Q = 10.00 \text{ kN/m}^2$$

Sisma

L'azione sismica viene valutata conducendo un'analisi pseudo statica a stato limite ultimo dove si utilizza come spettro di risposta della struttura quello previsto dal D.M. 17/01/18 Norme tecniche sulle costruzioni. In termini di accelerazione l'espressione risulta:

$$S_u(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{F_o}{q} \left[\frac{T}{T_B} + \frac{q}{F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad 0 \leq T < T_B$$

$$S_u(T) = a_g \cdot \frac{S \cdot F_o}{q} \quad T_B \leq T < T_C$$

$$S_u(T) = a_g \cdot \frac{S \cdot F_o}{q} \left(\frac{T_C}{T} \right) \quad T_C \leq T < T_D$$

$$S_u(T) = a_g \cdot \frac{S \cdot F_o}{q} \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \geq 0.2a_g \quad T_D \leq T$$

Lo spettro può essere definito numericamente una volta noti i parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Questi dati sono ricavabili, per il reticolo geografico di riferimento, dai dati di pericolosità sismica disponibili e riportati nell'ALLEGATO B del D.M. 14/01/08 una volta definita la vita di riferimento V_R della costruzione e la probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associata a ciascuno degli stati limite considerati da cui dipende il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni.

La struttura di cui trattasi è classificabile nella Classe III (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi) del punto 2.4.2 delle NTC mentre si può assumere

che la vita nominale V_N debba essere ≥ 50 anni (tabella 2.4.I) ne consegue che il periodo di riferimento per l'azione sismica sia $V_R = V_N \cdot C_U = 75$ anni avendo assunto il coefficiente d'uso C_U pari a 1 dalla tabella 2.4.II. Nel seguito si riportano le verifiche per lo stato limite ultimo di salvaguardia delle vite umane (SLV). Al sisma di progetto (SLV) corrisponde una probabilità di superamento nel periodo di riferimento della struttura del 10% (tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di 712 anni). Definiti questi aspetti e note le coordinate del sito su cui erge la costruzione, si possono definire i valori di riferimento dello spettro di risposta:

Longitudine: 16.38977

Latitudine: 38.64346

Stato limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [sec]
SLV	475	0.267	2.438	0.383

Gli altri parametri necessari per la definizione dello spettro sono:

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del terreno di fondazione e delle condizioni topografiche mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_t = 1.760$$

essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tab. 3.2.IV D.M. 17/01/18) per terreno di categoria B (rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana finea molto consistenti) e S_t il coefficiente di amplificazione topografica (Tab. 3.2.V D.M. 17/01/18) assunto pari ad 1.2 (categoria topografica T2);

T_C = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \times T_C^* = 0.511$ sec dove $C_C = 1.333$ è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.VI);

T_B = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato da $T_B = T_C / 3 = 0.170$ sec

T_D = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6 = 2.670$ sec

Nel seguito si riportano gli spettri per lo SLV con tutti i parametri che lo definiscono ed il relativo andamento.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.267 g
F_o	2.438
T_C	0.383 s
S_S	1.139
C_C	1.333
S_T	1.200
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.367
η	1.000
T_B	0.170 s
T_C	0.511 s
T_D	2.670 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

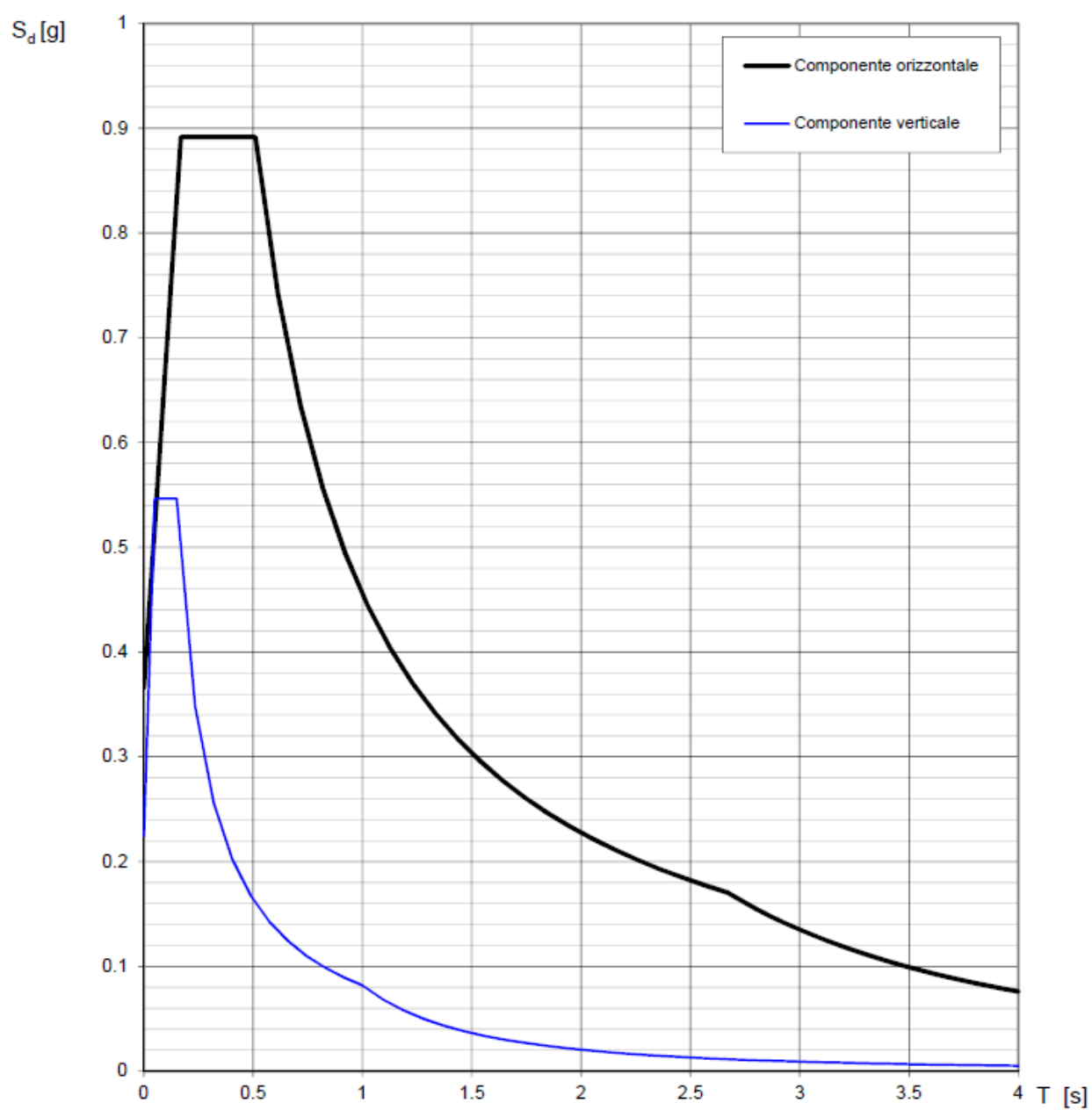
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.366
$T_B \leftarrow$	0.170	0.891
$T_C \leftarrow$	0.511	0.891
	0.614	0.742
	0.716	0.636
	0.819	0.556
	0.922	0.494
	1.025	0.444
	1.128	0.404
	1.230	0.370
	1.333	0.342
	1.436	0.317
	1.539	0.296
	1.642	0.277
	1.745	0.261
	1.847	0.246
	1.950	0.233
	2.053	0.222
	2.156	0.211
	2.259	0.202
	2.361	0.193
	2.464	0.185
	2.567	0.177
$T_D \leftarrow$	2.670	0.171
	2.733	0.163
	2.797	0.155
	2.860	0.149
	2.923	0.142
	2.987	0.136
	3.050	0.131
	3.113	0.125
	3.177	0.120
	3.240	0.116
	3.303	0.111
	3.367	0.107
	3.430	0.103
	3.493	0.100
	3.557	0.096
	3.620	0.093
	3.683	0.090
	3.747	0.087
	3.810	0.084
	3.873	0.081
	3.937	0.078
	4.000	0.076

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



5. – VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI

Le verifiche geotecniche e strutturali con il calcolo delle sollecitazioni agenti sul muro e sulle fondazioni sono state condotte mediante utilizzo di software di calcolo Aztec MAXC 14.00 di cui si riporta in allegato All.7.7.2 i tabulati di calcolo con l'indicazione delle metodologie utilizzate per la definizione delle spinte in condizioni statiche e sismiche, la geometria del muro, le caratteristiche del terreno, i carichi applicati, le combinazioni dei carichi utilizzate e le relative verifiche geotecniche e strutturali.

Si precisa che in condizioni statiche è stata considerata la presenza del sovraccarico dell'acqua in condizioni di piena sulla gavetà ed a monte dell'opera in conglomerato cementizio armato. Come risulta dalla relazione idraulica l'altezza d'acqua nel fosso Donnelerio a monte della gavetà, determinata per la portata massima, è di 0.33 m e di 0.46 in corrispondenza della gavetà mentre a valle l'altezza è di 0.56 m. Nella sottostante tabella si riporta il riassunto delle verifiche.

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{SCO}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{RIB}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{QLIM}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{STAB}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	2,56	--	13,45	--
2	A1-M1 - [1]	--	3,11	--	12,92	--
3	A1-M1 - [1]	--	2,67	--	12,86	--
4	A1-M1 - [1]	--	3,00	--	13,52	--
5	EQU - [1]	--	--	8,88	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	1,45
7	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,74	--	9,30	--
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,78	--	8,98	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,99	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	5,66	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,46
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,42
13	SLER - [1]	--	3,32	--	16,79	--
14	SLEF - [1]	--	3,32	--	16,79	--
15	SLEQ - [1]	--	3,32	--	16,79	--

6. – VERIFICHE IDRAULICHE

Le opere idrauliche sollecitate da un dislivello tra monte e valle possono essere esposte a fenomeni di instabilità dipendenti dal processo di filtrazione che s'instaura nel terreno entro il quale le opere sono fondate. I problemi che possono sorgere, e quindi le verifiche da farsi, riguardano essenzialmente il sifonamento:

6.1. VERIFICA A SIFONAMENTO DELLA BRIGLIA

Il controllo della stabilità al sifonamento si esegue verificando che il gradiente idraulico di efflusso risulti non superiore al gradiente idraulico critico i_c diviso per un coefficiente parziale $\gamma_R = 2$ rispetto al gradiente idraulico di efflusso:

$$F_s = i_c / i_E \geq 2.00$$

il gradiente idraulico di efflusso si calcola con la seguente formulazione

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

La lunghezza L è stata ricavata in accordo con la teoria di W.G. Bligh. Essa si fonda sul fatto che la resistenza al moto è molto minore lungo il contatto tra la base (orizzontale o quasi) del manufatto idraulico e il terreno che lungo gli altri contatti tra le strutture (verticali) di tenuta e il terreno. Si può così individuare, tra i vari percorsi dell'acqua, quello critico. Esso è prudenzialmente rappresentato dal contorno dell'opera inserito nel mezzo poroso il cui sviluppo è adeguatamente pesato nei suoi tratti:

- 1/3 se il contatto è orizzontale o inclinato di un angolo inferiore o uguale a 45°;
- 1 se è verticale o inclinato di più di 45°.

Per il manufatto idraulico in progetto si ricavano i seguenti valori:

$$\text{lunghezza critica } L = 3.40 + 4.10/3 + 2.00 + 1.10 = 7.86 \text{ m}$$

$$\text{dislivello idraulico } \Delta h = 4.14 \text{ m}$$

$$\text{gradiente idraulico } i_E = 0.53$$

Il gradiente critico si determina con la seguente formulazione:

$$i_c = \gamma' / \gamma_w = (21 - 10) / 10 = 1.10$$

La stabilità nei confronti del sifonamento risulta verificata in quanto:

$$F_s = i_c / i_E = 1.10 / 0.53 = 2.07 \geq 2.00$$