

S.S.45 DELLA VAL DI TREBBIA

AMMODERNAMENTO DELLA STRADA STATALE N. 45 DELLA VAL TREBBIA NEL TRATTO CERNUSCA-RIVERGARO

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS DPRL

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE:

I PROGETTISTI:

ing. Antonio SCALAMANDRÉ
Ordine Ing. di Frosinone n.1063



IL GEOLOGO:

geol. Maurizio MARTINO
Ordine Geol. del Lazio ES n.457



IL RESPONSABILE DEL SIA:

Ing. Laura TROIANI
Ordine Arch. di Roma n.A-31890



IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

geom. E PAIELLA



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ing. Anna Maria NOSARI

PROTOCOLLO

DATA

DOTT. GEOL.
DANILO GALLO

ING. RENATO
DEL PRETE

L0000

L - PROGETTO STRUTTURALE - TOMBINATURE IDRAULICHE

L00 - RELAZIONI TOMBINATURE E MANUFATTI

RELAZIONE GENERALE TOMBINATURE IDRAULICHE

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

BO0067 D 1801

NOME FILE

L0000-T00TM00STRRE00_B.dwg

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00 TM00 STR RE00

B

C

B

EMISSIONE A SEGUITO DI ISTUTTORIA ANAS

GENNAIO
2021

A

EMISSIONE

APRILE
2020

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	UNITA' DI MISURA	3
4	MATERIALI	4
4.1	Calcestruzzo.....	4
4.1.1	Calcestruzzo per opere di sottofondazione	4
4.1.2	Calcestruzzo per le opere strutturali	4
4.2	Acciaio.....	4
4.2.1	Acciaio per armatura lenta	4
4.3	Calcolo dei copriferri minimi – zattera di fondazione	5
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	6
6	ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	8
6.1	Identificazione della località e dei parametri sismici generali	8
6.2	Definizione della strategia progettuale	9
6.3	Parametri di calcolo	11
6.3.1	Parametri numerici sismici	11
6.3.2	Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica	11
6.3.3	Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica	11
6.3.4	Fattori di struttura.....	12
6.3.5	Definizione dello spettro di progetto	12
6.4	Definizione dei coefficienti sismici di calcolo	15
7	I TOMBINI SCATOLARE.....	16
8	I MURI DI IMBOCCO E SBOCCO A “L”	18
9	I MANUFATTI DI IMBOCCO E SBOCCO.....	20

1 PREMESSA

La presente relazione riporta la descrizione generale e i criteri progettuali adottati per le opere di attraversamento idraulico rappresentati da tombini scatolari nell'ambito del progetto definitivo: "S.S.45 – della Val Trebbia nel tratto Cernusca-Rivergaro".

Le opere in esame sono rappresentate da una serie di tombini scatolari, gettati in opera, di attraversamento su strada principale e strada secondaria.

Di seguito si riporta la tabella di riepilogo dei tombini oggetto del presente progetto:

WBS	ASSE	PROGR.	SEZIONE CANNA	H _{ricorrim.to.max}	H _{ricorrim.to.min}	H _{ricorrim.to.medio}
			[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
TM01	01	0+848	250 x 250	210	170	190
TM02	01	1+798	250 x 250	310	212	261
TM03	02	0+070	250 x 250	246	208	227
TM04	02	0+605	250 x 250	408	328	368
TM05	03	0+921	250 x 250	230	226	228
TM06	03	1+171	250 x 250	282	186	234
TM07	04	1+111	350 x 350	363	293	328
TM08	05	0+087	250 x 250	434	422	428
TM09	05	0+663	250 x 250	639	621	630
TM10	06	0+164	250 x 250	350	300	325
TM11	06	1+385	250 x 250	630	540	585
TM12	07	0+185	250 x 250	737	737	737
TM13	07	0+424	250 x 250	236	224	230
TM14	07	0+805	250 x 250	314	294	304
TM15	07	1+113	250 x 250	725	713	719
TM16	07	1+159	250 x 250	737	725	731
TM18	R2-ROT3	0+224	250 x 250	172	158	165
TM19	R1-ROT7	0+056	250 x 250	160	128	144

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle seguenti Normative Tecniche:

- **Legge 05/01/1971 n.1086** → Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- **Legge 02/02/1974 n. 64** → Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- **DM 17/01/2018** → Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- **UNI EN 1992-1 (Eurocodice 2 – Parte 1)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali
- **UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2 – Parte 2)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Ponti
- **UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2015** → Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- **UNI EN 206-1:2006** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- **UNI 11104** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- **Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. Linee guida sul calcestruzzo strutturale.**

3 UNITA' DI MISURA

Nei calcoli è stato fatto uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi: kN/m^2 , kN/m , kN
- per i momenti: kNm
- per i tagli e sforzi normali: kN
- per le tensioni: N/mm^2
- per le accelerazioni: m/sec^2

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

4.1.1 CALCESTRUZZO PER OPERE DI SOTTOFONDAZIONE

Per le opere di sottofondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C12/15** e classe di esposizione **X0**.

Tale calcestruzzo non ha valenza strutturale e quindi non se ne riportano le caratteristiche meccaniche.

4.1.2 CALCESTRUZZO PER LE OPERE STRUTTURALI

Per tutte le opere è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C32/40** e classe di esposizione **XF4, XC2, XA2** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018			
Classe di resistenza del calcestruzzo		C32/40	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	40,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	33,20	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	f_{cm}	41,20	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18,81	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	3,10	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk}	2,17	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1,45	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	E_c	36.049,97	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	E_{cm}	32.811,24	[N/mm ²]

4.2 ACCIAIO

4.2.1 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Per le armature lente è stato previsto un acciaio del tipo **B450C**, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k}$ = 540,00 N/mm² (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k}$ = 450,00 N/mm² (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$ = 391,30 N/mm² (tensione di snervamento di calcolo - $\gamma_c=1,15$)
- E_s = 210.000,00 N/mm² (modulo elastico istantaneo)

4.3 CALCOLO DEI COPRIFERRI MINIMI – ZATTERA DI FONDAZIONE

Ai sensi delle prescrizioni di cui alla normativa vigente e con riferimento alla procedura di calcolo prevista dalla Circolare Applicativa 21/01/2019 si riporta di seguito il calcolo del copriferro minimo inteso come ricoprimento delle barre per la classe di esposizione più vincolante.

Classe di esposizione XF4

Per le opere di fondazione ed elevazione è previsto un copriferro minimo pari a **50mm** così come determinato dalla tabella successiva. Ai fini del calcolo sarà adottato un copriferro pari a **50mm**.

Definizione della condizioni ambientali (TABELLA 4.1.IV - Descrizione delle condizioni ambientali)		
Condizioni ambientali	Classe di esposizione	Classe di esposizione di progetto
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1	XF4
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3	Condizioni ambientali di progetto
Molto Aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	Molto Aggressivo

Definizione della classi di resistenza rispetto alla Tabelle C4.1.IV		
Classe minima Cmin	Classe di resistenza del calcestruzzo	Classe di resistenza del calcestruzzo
C35/45	Barre da c.a. elementi a p	C32/40
Classe C0	Vita Nominale dell'opera	Produzioni sottoposte a controllo qualità
C45/55	50 Anni	SI

Determinazione del copriferro minimo (Tab. C4.1.IV)	
Copriferro minimo ai sensi della tabella e delle precisazioni di cui al capitolo C4.1.6.1.3 della Circolare Applicativa	40 mm
Tolleranza costruttiva	10 mm
COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO	50 mm

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Ai sensi della relazione geologica e della relazione geotecnica, nonché in conformità con i profili geotecnici allegati al presente progetto, i terreni di copertura, sono state distinte le seguenti unità geotecniche:

- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a3 - Deposito di versante s.l.
- Strato di alterazione del substrato in posto (Formazione APA)
- Strato di alterazione del substrato in posto (Formazione VLU2)
- Strato di alterazione del substrato in posto (Formazione VLU3)
- CMZ - Sintema di Costamezzana

Il substrato è stato invece distinto nelle seguenti unità litotecniche, corrispondenti alle unità geologiche cartografate.

- CPP – Complesso di Pietra Parcellara (da Argille a Palombini)
- VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano
- VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa delle opere ed il terreno di fondazione corrispondente.

WBS	ASSE	PROGR.	SEZIONE CANNA	UNITA' GEOTECNICA
			[cm]	TERRENO DI FONDAZIONE
TM01	01	0+848	250 x 250	B1
TM02	01	1+798	250 x 250	B1
TM03	02	0+070	250 x 250	B1
TM04	02	0+605	250 x 250	VLU3
TM05	03	0+921	250 x 250	VLU3
TM06	03	1+171	250 x 250	B1
TM07	04	1+111	350 x 350	VLU3
TM08	05	0+087	250 x 250	VLU2
TM09	05	0+663	250 x 250	VLU2
TM10	06	0+164	250 x 250	VLU2
TM11	06	1+385	250 x 250	B1
TM12	07	0+185	250 x 250	VLU2
TM13	07	0+424	250 x 250	B1
TM14	07	0+805	250 x 250	VLU2
TM15	07	1+113	250 x 250	VLU2
TM16	07	1+159	250 x 250	VLU2
TM18	R2-ROT3	0+224	250 x 250	VLU3
TM19	R1-ROT7	0+056	250 x 250	VLU2

A favore di sicurezza i calcoli e le verifiche sono stati effettuati considerando il terreno di fondazione di tipo **VLU2 (SUBSTRATO)**:

- Peso per unità di volume: $\gamma = 19,17 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\phi = 26,56^\circ$
- Coesione efficace: $c' = 30,33 \text{ kN/m}^2$

Il terreno spingente è costituito da materiale idoneo per la costruzione del rilevato, caratterizzato dai seguenti parametri geotecnici:

- Peso per unità di volume: $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\varphi = 37,00^\circ$
- Coesione efficace: $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$

6 ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

6.1 IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITÀ E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI

L'area oggetto del presente intervento ricade all'interno del territorio dei Comuni di Cernusca e Rivergaro siti nella provincia di Piacenza.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta >>>

Variabilità dei parametri >>>

Elaborazioni

Tabella parametri >>>

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

6.2 DEFINIZIONE DELLA STRATEGIA PROGETTUALE

In riferimento al D.M. 17.01.2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", le opere sono progettate (in funzione dell'importanza strategica dell'infrastruttura) secondo i seguenti parametri:

- Vita Nominale dell'opera: **50 anni**

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- Classe d'uso dell'opera: **IV**

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

- Coefficiente di utilizzo dell'opera: **2,0**

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

- Vita di riferimento dell'opera: **100 anni**

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Qui di seguito si riporta la sintesi delle scelte progettuali adottati con i tempi di ritorno dell'azione sismica identificati in funzione del singolo stato limite.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

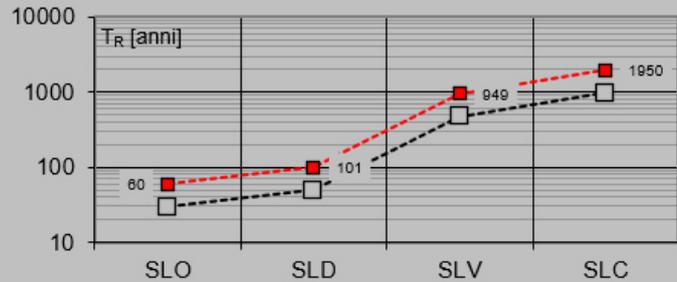
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	$\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \end{array} \right.$	<input type="text" value="60"/>	info
		<input type="text" value="101"/>	info
Stati limite ultimi - SLU	$\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \end{array} \right.$	<input type="text" value="949"/>	info
		<input type="text" value="1950"/>	info

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

6.3 PARAMETRI DI CALCOLO

6.3.1 PARAMETRI NUMERICI SISMICI

Nella tabella successiva sono riportati i parametri numerici sismici per i periodi di ritorno associati ai diversi Stati Limite:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0,047	2,527	0,240
SLD	101	0,057	2,551	0,259
SLV	949	0,131	2,487	0,295
SLC	1950	0,165	2,492	0,299

6.3.2 CATEGORIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Ai sensi di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nei Profili geotecnici allegati al presente progetto il terreno di fondazione è classificato simicamente come di **categoria B**.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

6.3.3 CATEGORIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Considerando che il territorio si presenta essenzialmente pianeggiante e privo di significati salti di quota la categoria topografica del sito è stata assunta pari a **categoria T2**.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

6.3.4 FATTORI DI STRUTTURA

A favore di sicurezza e visto il fatto che le opere in esame sono opere interrato, il calcolo e le verifiche sono state effettuate in campo elastico.

Il fattore di struttura è stato pertanto posto pari a $q = 1,00$.

Lo spettro di progetto adottato sarà pertanto identico allo spettro elastico.

6.3.5 DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI PROGETTO

Nell'immagine successiva è riportata la determinazione dei parametri dello spettro di risposta valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo B info $S_S =$ 1,200 $C_C =$ 1,405 info

Categoria topografica T2 info $h/H =$ 1,000 $S_T =$ 1,200 info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) 5 $\eta =$ 1,000 info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 1 Regol. in altezza sì info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q 1 $\eta =$ 1,000 info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta info

Parametri e punti spettri di risposta info

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Nella tabella successiva sono riportati analiticamente i parametri sismici ed i valori delle accelerazioni normalizzate in funzione del periodo di vibrazione:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,131 g
F_0	2,487
T_c	0,295 s
S_s	1,200
C_c	1,405
S_T	1,200
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,440
η	1,000
T_B	0,138 s
T_C	0,414 s
T_D	2,124 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)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

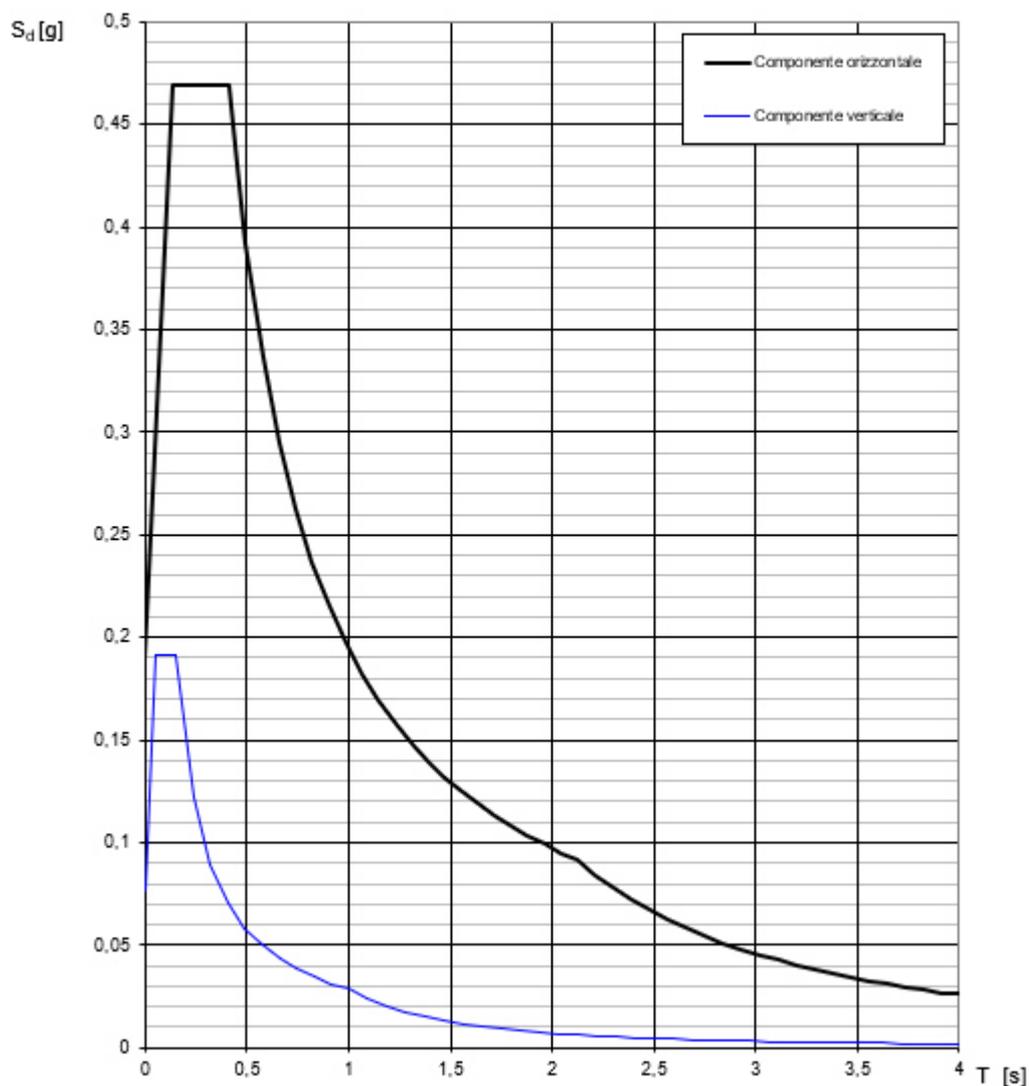
Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,189
$T_B \leftarrow$	0,138	0,469
$T_C \leftarrow$	0,414	0,469
	0,495	0,392
	0,577	0,337
	0,658	0,295
	0,740	0,263
	0,821	0,237
	0,903	0,215
	0,984	0,197
	1,065	0,182
	1,147	0,169
	1,228	0,158
	1,310	0,148
	1,391	0,140
	1,473	0,132
	1,554	0,125
	1,636	0,119
	1,717	0,113
	1,798	0,108
	1,880	0,103
	1,961	0,099
	2,043	0,095
$T_D \leftarrow$	2,124	0,091
	2,213	0,084
	2,303	0,078
	2,392	0,072
	2,481	0,067
	2,571	0,062
	2,660	0,058
	2,749	0,055
	2,839	0,051
	2,928	0,048
	3,017	0,045
	3,107	0,043
	3,196	0,040
	3,285	0,038
	3,375	0,036
	3,464	0,034
	3,553	0,033
	3,643	0,031
	3,732	0,030
	3,821	0,028
	3,911	0,027
	4,000	0,026

Nell'immagine successiva è riportato il diagramma dello spettro di risposta per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita:

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



6.4 DEFINIZIONE DEI COEFFICIENTI SISMICI DI CALCOLO

Il coefficiente sismico orizzontale è determinato mediante la seguente relazione:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

dove:

- a_{\max} → accelerazione orizzontale massima attesa al sito valutata mediante la seguente formulazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g / g = S_S \cdot S_T \cdot a_g / g = 1,20 \cdot 1,20 \cdot 0,131 = 0,189$$

- g → accelerazione di gravità

Il muro di sostegno può essere considerato come libero di ruotare intorno al piede. Il coefficiente β_m viene pertanto determinato secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" – par. 7.11.6.2.1:

Il coefficiente β_m assume un valore pari a:

- **0,38** per le verifiche strutturali e geotecniche a carico limite e scorrimento.

I coefficienti sismici in direzione orizzontale e verticale risultano dunque pari a:

$$K_h = 0,072$$

$$K_v = 0,036$$

Il coefficiente β_m assume un valore pari a:

- **0,57** per le verifiche geotecniche a ribaltamento

I coefficienti sismici in direzione orizzontale e verticale risultano dunque pari a:

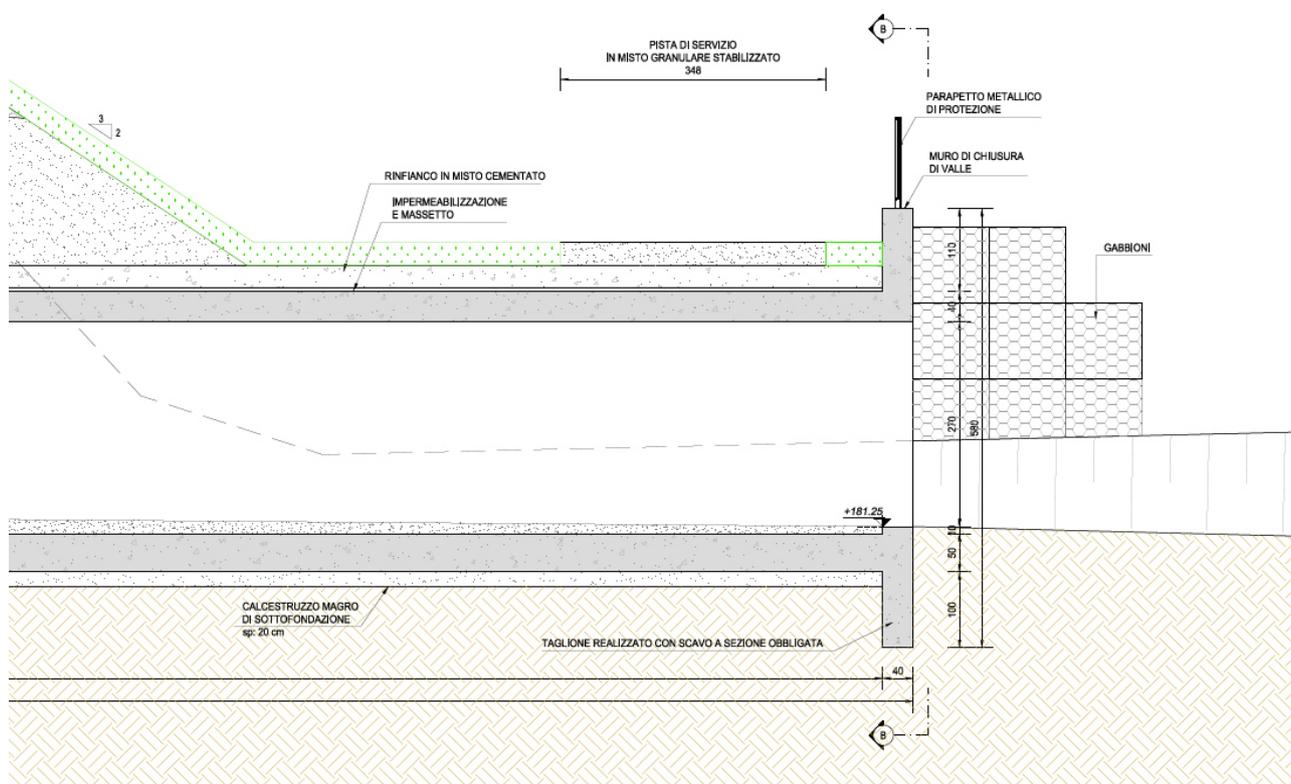
$$K_h = 0,108$$

$$K_v = 0,054$$

Mentre per i tombini e il manufatto scatolare il coefficiente β_m assume un valore pari all'unità poiché rientrano nelle opere dove sono impediti le traslazioni e le rotazioni intorno al piede.

8 I MURI DI IMBOCCO E SBOCCO A "L"

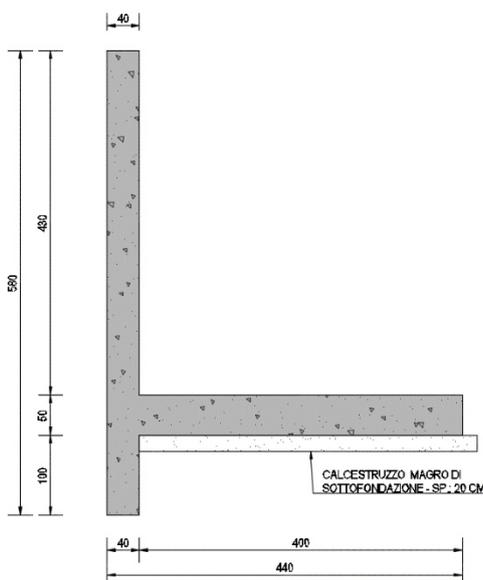
I muri di imbocco e sbocco sono stati progettati come dei tradizionali muri a "L" con taglione.



La canna dell'attraversamento idraulico, si attesta sull'elevazione del muro d'ala così da garantire un comportamento monolitico del gruppo tombino/elementi terminali.

Il presente progetto prevede al suo interno 2 tipologie di muri aventi le seguenti dimensioni geometriche:

- Tipologia 1

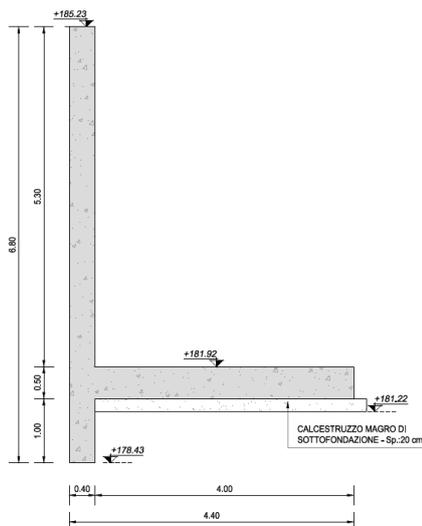


Le dimensioni della sezione trasversale sono di seguito riepilogate:

- Muro frontale in elevazione: **40 x 430 cm**
- Zattera di fondazione: **440 x 50 cm**

La fondazione è di tipo diretto.

- **Tipologia 2**



Le dimensioni della sezione trasversale sono di seguito riepilogate:

- Muro frontale in elevazione: **40 x 530 cm**
- Zattera di fondazione: **440 x 50 cm**

La fondazione è di tipo diretto.

Di seguito si riporta la tabella di riepilogo dei muri a "L" associata ad ogni singolo tombino:

WBS	ASSE	PROGR.	SEZIONE CANNA	MANUFATTO MONTE	H _{max}	MANUFATTO VALLE	H _{max}
			[cm]		[cm]		[cm]
TM01	01	0+848	250 x 250	POZZO	550	MURO	580
TM02	01	1+798	250 x 250	POZZO	600	MURO	580
TM03	02	0+070	250 x 250	POZZO	600	POZZO	490
TM04	02	0+605	250 x 250	POZZO	900	MURO	580
TM05	03	0+921	250 x 250	POZZO	650	MURO	580
TM06	03	1+171	250 x 250	POZZO	470	MURO	580
TM07	04	1+111	350 x 350	MURO	680	MURO	680
TM08	05	0+087	250 x 250	POZZO	900	MURO	580
TM09	05	0+663	250 x 250	POZZO	1000	MURO	580
TM10	06	0+164	250 x 250	POZZO	750	MURO	580
TM11	06	1+385	250 x 250	POZZO	1000	MURO	580
TM12	07	0+185	250 x 250	POZZO	1100	MURO	580
TM13	07	0+424	250 x 250	MURO	580	MURO	580
TM14	07	0+805	250 x 250	POZZO	700	MURO	580
TM15	07	1+113	250 x 250	POZZO	1100	MURO	580
TM16	07	1+159	250 x 250	POZZO	1100	MURO	580
TM18	R2-ROT3	0+224	250 x 250	MURO	580	MURO	580
TM19	R1-ROT7	0+056	250 x 250	MURO	580	MURO	580

9 I MANUFATTI DI IMBOCCO E SBOCCO

Infine a monte e/o a valle dei tombini possono essere presenti dei manufatti di imbocco e sbocco con forma rettangolare completamente gettati in opera.

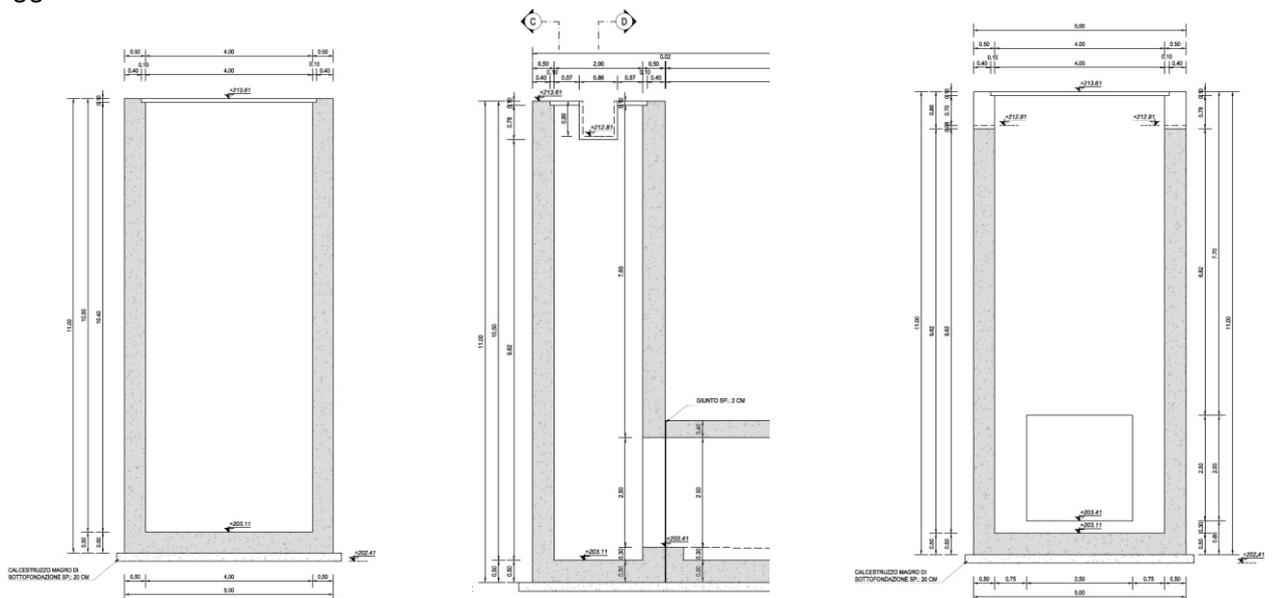
Di seguito si riporta la tabella di riepilogo dei manufatti di imbocco e sbocco:

WBS	ASSE	PROGR.	SEZIONE CANNA	MANUFATTO MONTE	H _{max}	MANUFATTO VALLE	H _{max}
			[cm]		[cm]		[cm]
TM01	01	0+848	250 x 250	POZZO	550	MURO	580
TM02	01	1+798	250 x 250	POZZO	600	MURO	580
TM03	02	0+070	250 x 250	POZZO	600	POZZO	490
TM04	02	0+605	250 x 250	POZZO	900	MURO	580
TM05	03	0+921	250 x 250	POZZO	650	MURO	580
TM06	03	1+171	250 x 250	POZZO	470	MURO	580
TM07	04	1+111	350 x 350	MURO	680	MURO	680
TM08	05	0+087	250 x 250	POZZO	900	MURO	580
TM09	05	0+663	250 x 250	POZZO	1000	MURO	580
TM10	06	0+164	250 x 250	POZZO	750	MURO	580
TM11	06	1+385	250 x 250	POZZO	1000	MURO	580
TM12	07	0+185	250 x 250	POZZO	1100	MURO	580
TM13	07	0+424	250 x 250	MURO	580	MURO	580
TM14	07	0+805	250 x 250	POZZO	700	MURO	580
TM15	07	1+113	250 x 250	POZZO	1100	MURO	580
TM16	07	1+159	250 x 250	POZZO	1100	MURO	580
TM18	R2-ROT3	0+224	250 x 250	MURO	580	MURO	580
TM19	R1-ROT7	0+056	250 x 250	MURO	580	MURO	580

Il presente progetto prevede al suo interno una serie di manufatti i quali presentano la medesima dimensione in pianta mentre si diversificano, da come è possibile notare dalla tabella in precedenza, in funzione della sola altezza dei setti verticali.

Ai fini del dimensionamento e delle verifiche strutturali e geotecniche sono stati considerati, a parità delle altre grandezze geometriche, i manufatti aventi altezza massima dei setti perimetrali.

Di seguito si riportano le dimensioni in pianta degli elementi ed un esempio di sezioni del manufatto oggetto di analisi e verifica.



L'opera presenta le seguenti caratteristiche geometriche:

- spessore della soletta inferiore di **50 cm**;
- superficie totale in pianta pari a **5,30 m x 4,80m**;
- spessore dei setti perimetrali controterra pari a **50 cm**;
- altezza massima dei setti perimetrali controterra pari a **11,00 m**.

La fondazione è di tipo diretto.