

COMUNE DI SORANO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI MINI IMPIANTO IDROELETTRICO DENOMINATO "MULINO UBALDI"

A3

RELAZIONE TECNICA GENERALE

(L. R. 1/2005 art. 3 comma 2 a)



IL COMMITTENTE
I CORTILI S.R.L.

IL PROGETTISTA STRUTTURALE
(Ing. Gianluca Calzini)

D. L. STRUTTURALE
(Ing. Gianluca Calzini)

INDICE:

a)	Descrizione del contesto ambientale e delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito oggetto di intervento	1
b)	Descrizione generale della struttura	7
c)	Normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati	14
d)	Definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito	14
e)	Descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale	15
f)	Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione	16
g)	Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati	17
h)	Indicazione motivata del metodo di analisi seguito per l'esecuzione stessa	22
i)	Criteri di verifica agli stati limite indagati, in presenza di azione sismica	23
j)	Rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative ..	24
k)	Caratteristiche di affidabilità del codice di calcolo	31
l)	Riferimenti alle strutture geotecniche e di fondazione	31

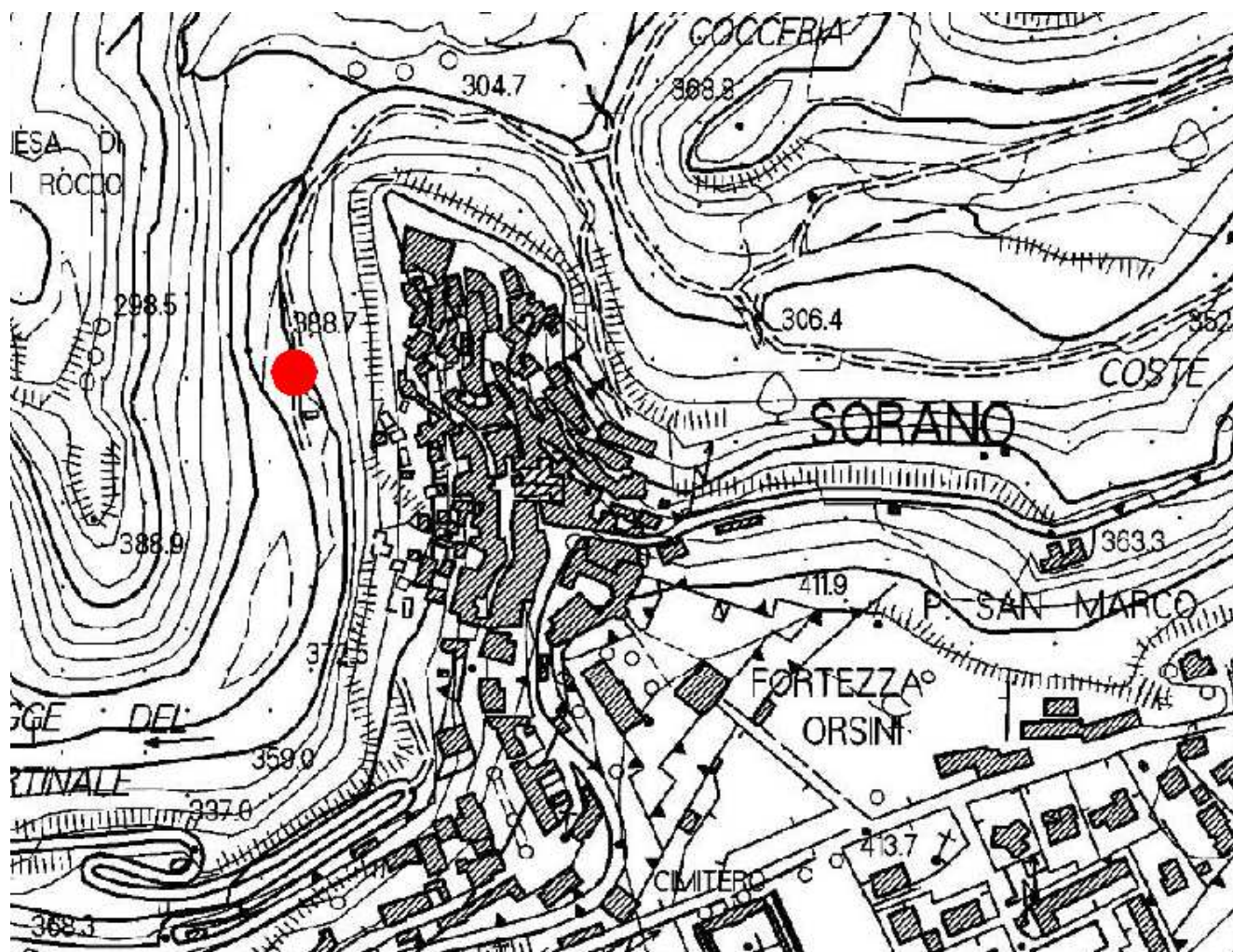
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Il sottoscritto Dott. Ing. Gianluca Calzini nella qualità di progettista delle strutture al fine di adempiere agli obblighi previsti dal D.M. 14.01.2008 e s.m. ed i., dichiara sotto la propria responsabilità quanto riportato nella presente relazione.

Di seguito si descriveranno le opere strutturali previste per la realizzazione del mini impianto idroelettrico denominato "MULINO UBALDI" situato in sinistra idrografica del Torrente Lente.

a) Descrizione del contesto ambientale e delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito oggetto di intervento

UBICAZIONE:



C.T.R. 1:2000 (latitudine (Y) 42,68528 longitudine (X) 11.71342)

L'area d'intervento è situata nel territorio comunale di Sorano (Provincia di Grosseto), lungo il corso d'acqua Torrente Lente circa 200 m a ovest rispetto al centro abitato del capoluogo, in località Cocceria in prossimità di un vecchio fabbricato denominato Mulino Ubaldi.

L'area oggetto d'intervento, censita alla particella n. 40 del Foglio n. 120 della Mappa Catastale del Comune di Sorano, non è soggetta a Vincolo idrogeologico ai sensi della L.R. 39/2000, in riferimento al R.D. 3267/1923, ed è sottoposta ai seguenti vincoli territoriali.

Il lotto si trova a quota 300 m s.l.m. ed è localizzato in prossimità della sponda sinistra del corso d'acqua Fiume Lente, appartenente al bacino idrografico, come affluente diretto, del Fiume Fiora.

La zona appartiene all'affioramento dei sedimenti piroclastici prodotti dall'attività effusiva a carattere esplosivo del gruppo vulcanico dei Monti Vulsini.

Le formazioni affioranti nell'area per un intorno significativo, sono pertanto costituite da litologie pleistoceniche di origine vulcanica, sulle quali giacciono in discordanza lungo le maggiori incisioni fluviali, depositi continentali olocenici di origine alluvionale.

In particolare, l'area d'intervento è costituita in ordine stratigrafico dalle seguenti formazioni litologiche.

Dal punto di vista geostrutturale non si rinvencono nell'area discontinuità tettoniche, né sistemi di faglie interessanti la coltre vulcanica descritta, i più vicini contatti stratigrafici si rilevano a monte della scarpata rocciosa a est dell'area di fondovalle, dove sono presenti estesi affioramenti della formazione vulcanica denominata “formazione di Sovana” che caratterizza il sottosuolo del centro abitato del capoluogo.

NATURA DEL TERRENO: il terreno oggetto d'intervento si trova lungo una fascia pianeggiante del fondovalle in sinistra idrografica del Fiume Lente, dove il corso d'acqua presenta un'ampia ansa fluviale con caratteristiche forme di deposito di barra laterale interna e di erosione lungo la sponda opposta.

Tale area caratterizzata da una serie di piccoli gradini morfologici per terrazzamenti fluviali presente una larghezza intorno a 50 m delimitata dalla sponda dell'alveo del corso d'acqua a ovest e dal piede della ripida scarpata rocciosa a est, che presenta dislivello di circa 70 m e inclinazione media di circa 70°.

Si escludono condizioni di instabilità geomorfologica data la praticamente assenza di inclinazione del terreno, non essendo interessata per un intorno significativo da area di pendio o da rotture di pendenza rilevanti, fatta eccezione per il muro in pietra costituente la briglia fluviale.

La scarpata rocciosa tufacea che caratterizza il centro abitato di Sorano non presenta in questa zona segni o evidenze di fenomeni di crollo o slittamento di porzioni rocciose né antichi né recenti o in atto, inoltre non si sono riscontrate fessure o sistemi di giunti significativi rispetto al rischio per fenomeni di distacco.

In base ai rilevamenti effettuati in sito ed ai dati ottenuti dai diversi sondaggi effettuati sotto la direzione del Dott. Geolog. Andrea Irsara, si è potuto ricostruire il seguente profilo stratigrafico del terreno:

- Strato N.1 → TERRENO DI COPERTURA (0.00m ÷ - 4.00 m dal P.C.) :
terreni di origine alluvionale e materiale detritico derivante dal disfacimento della formazione tufacea, costituiti da terreno granulare fine sabbioso o limoso con ghiaia e frammenti litici, allo stato da poco a mediamente addensato ($N_{spt} = 4 - 10$) con rapido miglioramento dello stato di addensamento e delle proprietà geotecniche con la profondità. Tale litotipo costituisce il terreno oggetto di scavo e di fondazione dell'opera in progetto.
- Strato N.2 → SUBSTRATO ROCCIOSO : costituito da porzioni litoidi scarsamente alterate con due principali famiglie di giunti ad andamento sub-verticale, a spaziatura media per lo più con discontinuità rugose e alterate per

ossidazione e passaggio delle acque di infiltrazione, con prodotto di alterazione e riempimento, nelle maggiori aperture intorno a 0.5 cm, a matrice granulare.

CATEGORIA TOPOGRAFICA: Visto il contesto geologico e morfologico dell'area, come coefficiente amplificativo topografico, si è fatto riferimento alla Categoria T1.

SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI: le caratteristiche fisiche dei litotipi investigati lasciano presupporre, in occasione di eventi sismici, il non verificarsi di processi di liquefazione che possano dar luogo a fenomeni di cedimento non controllato anche differenziale.

CATEGORIA DEI TERRENI:

Alla luce della situazione litostratigrafica dell'area e dei dati sismici acquisiti è possibile associare i picchi della curva H/V a discontinuità di cui è nota la profondità, ottenendo una stima delle velocità delle onde di taglio e quindi il parametro Vs30 richiesto dalle norme. Questo parametro ci permette di classificare il suolo in oggetto come B: Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT>50, o coesione non drenata $c_u < 250 \text{ kPa}$), come definita nella Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle NTC08.

ASSETTO IDROGEOLOGICO: Considerati i livelli piezometrici registrati nell'area, la falda libera classificabile come acquifero poroso litoide, si trova a profondità minime nell'ordine di 30 m dal piano campagna, confinata alla base dal substrato a bassa o molto bassa permeabilità rappresentato dalla sottostante unità idrogeologica sempre di origine vulcanica denominata Formazione di Sovana.

In virtù del livello idrico del corso d'acqua oggetto della derivazione, che si mantiene con una buona portata anche nel periodo di magra, e data la composizione

granulometrica dei terreni adiacenti la sponda fluviale oggetto d'intervento, si ritiene che i terreni oggetto di scavo siano interessati da una cospicua circolazione idrica del sottosuolo.

Per quel che riguarda le possibili interferenze della struttura di progetto con quello che è l'equilibrio idrogeologico dell'area, queste possono considerarsi non sensibili, in virtù del fatto che al termine della sua realizzazione l'impianto risulterà totalmente interrato.

ACCESSIBILITA' ALL'AREA DI CANTIERE: l'area oggetto dell'intervento mostra una zona piuttosto pianeggiante e priva di vegetazione con una superficie di circa 1000 mq.

Ciò consente di ridurre al minimo l'impatto delle lavorazioni propedeutiche alla messa in opera della struttura di progetto.

Come pista di accesso al cantiere si sfrutterà un sentiero proveniente da Nord che si dirama dalla Strada Provinciale Pitigliano - Santa Fior, percorrendo complessivamente circa 800 m prima di arrivare nell'area in cui si svolgeranno le operazioni di cantiere.

Il suddetto sentiero risulta già carrabile e con un fondo atto al transito di mezzi da lavoro.

Dopo circa 400 m dalla diramazione con la Strada Provinciale si renderà necessario la messa in opera di un guado temporaneo "a corda molle" per l'attraversamento del Torrente Lente.

Questo consisterà nel posizionare n. 5 tubi in acciaio autoportanti della dimensione di 500 mm cad. L'accostamento di tali elementi, affiancato dalla posa in opera di materiale granulare compattato (Ghiaia), permetterà di realizzare un attraversamento di larghezza sufficiente all'attraversamento e contemporaneamente garantirà il regolare deflusso delle acque.

La natura della suddetta struttura permette, una volta terminato l'intervento di progetto, la completa reversibilità, con un ripristino completo dei luoghi.

b) Descrizione generale della struttura

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto micro - idroelettrico denominato "Mulino Ubaldi" sito in sinistra idrografica del Torrente Lente, all'interno del territorio del Comune di Sorano, Provincia di Grosseto.

Nella Mini-idraulica, termine con cui la UNIDO (Organizzazione delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Industriale) indica le centrali idroelettriche di potenza inferiore a 10 MW, vale la seguente classificazione:

- **pico** centrali $P < 5 \text{ kW}$
- **micro** centrali $P < 100 \text{ kW}$
- **mini** centrali $P < 1.000 \text{ kW}$
- **piccole** centrali $P < 10.000 \text{ kW}$

La struttura sarà posta sull'argine sinistro del torrente Lente, immediatamente a monte di una briglia esistente, realizzata in muratura, che crea un salto di circa 6.00 m.

A valle della succitata briglia, a causa dell'erosione dovuta dal deflusso naturale delle acque, si è creato un ristagno che presenta mediamente una profondità di circa 60 cm.

Per l'alimentazione dell'impianto di progetto si prevede la messa in opera di una griglia di captazione a pelo d'acqua posizionata immediatamente a monte della succitata briglia.

Da tale griglia, che correrà trasversalmente per tutta la larghezza del torrente tranne che in corrispondenza del DMV, partirà l'opera di presa di progetto in C.A. gettato in opera.

Dopo la paratoia di presa è stato previsto un canale/vasca che costituirà l'alloggiamento dello sgrigliatore.

Nel canale di adduzione compreso tra il canale/ vasca sghiaiatrice e l'ingresso nella camera di carico è stata prevista una grigliatura fine attraverso uno sgrigliatore a catena munito di nastro trasportatore per allontanare verso un cassone di raccolta il materiale grigliato.

Il fabbricato di centrale comprende rispettivamente:

- vasca di carico con fondo inclinato avente funzione di vasca dissabbiatrice e paratoia dissabbiatrice lato corso d'acqua da aprire all'occorrenza per liberare depositi di sabbia;
- Sala macchina e alloggiamento quadri di macchina, previsti completamente sotto l'attuale piano di campagna.

Il diffusore della turbina avrà un tratto sub orizzontale interrato, fino al raggiungimento del greto del torrente a valle della briglia, ed un tratto verticale che scaricherà le acque turbinata al piede della briglia stessa.

Questo consentirà la comunicazione dell'acqua di restituzione dalla turbina con l'acqua del laghetto esistente al piede della briglia, che peraltro continuerà ad essere costantemente alimentato dal Deflusso Minimo Vitale rilasciato a monte della briglia.

Per la realizzazione del pozzo e del canale, si procederà con la trivellazione di un preforo del diametro di 800 mm, che verrà poi incamiciato tramite un tubo in acciaio del diametro di 550 mm debitamente ancorato alle pareti del substrato.

Tutto l'impianto sarà posizionato a monte di un gradino morfologico dell'altezza di circa 1.00 m rispetto al pelo libero dell'acqua e risulterà praticamente interrato nella quasi totalità.

Siccome questo verrà a ridosso di un muro contro terra che rappresenta la continuazione della briglia, onde evitate dissesti e problemi statici dello stesso durante le fasi di scavo e messa in opera, si provvederà alla realizzazione di una serie di micropali $\phi 160$ che verranno poi annegati all'interno della parete del contiguo locale turbina.

Si riporta di seguito una breve descrizione circa le strutture in C.A. con cui verranno realizzati tutti gli elementi facenti parte l'impianto.

1. Canale di adduzione: questo sarà realizzato in C.A. gettato in opera. I paramenti verticali avranno un'altezza massima di 2.90 m con uno spessore di 20 cm. Il suddetto canale avrà uno sviluppo longitudinale di circa 6.25 m ed

una larghezza netta di 1.60m. I paramenti verticali verranno interrati in modo da ottenere strutture fuori terra per un massimo di 20 cm;

2. Canale sgrigliatore: verrà realizzato in C.A. gettato in opera. Gli elementi verticali saranno costituiti da setti dello spessore di 20 cm con un'altezza pari a 2.90 m. La larghezza netta equivale a 2.50m; all'interno di tale canale sarà alloggiata una griglia ed uno sgrigliatore a catena atti a setacciare il materiale più grossolano, nonché un nastro trasportatore atto ad allontanarlo dalla struttura ed evitare che questo si introduca nella camera di carico;
3. Camera di carico: questa è la prima camera del corpo principale del locale macchine ed ha la funzione di separare, per decantazione, la frazione più sottile del residuo solido presente nell'acqua prima che questa entri nella turbina. Tale modulo avrà una pianta pressochè rettangolare con lati rispettivamente di 3.21 m e 3.83 m. Sarà composta da setti in C.A. gettato in opera dello spessore di 30 cm ed un'altezza pari a 2.90 m.
4. Sala Macchina: Anche in questo caso le pareti saranno realizzate con setti in C.A. gettato in opera dello spessore di 30 cm ed un'altezza pari a 2.90 m. In pianta avrà una forma rettangolare di lati rispettivamente 4.50 m e 3.83 m.

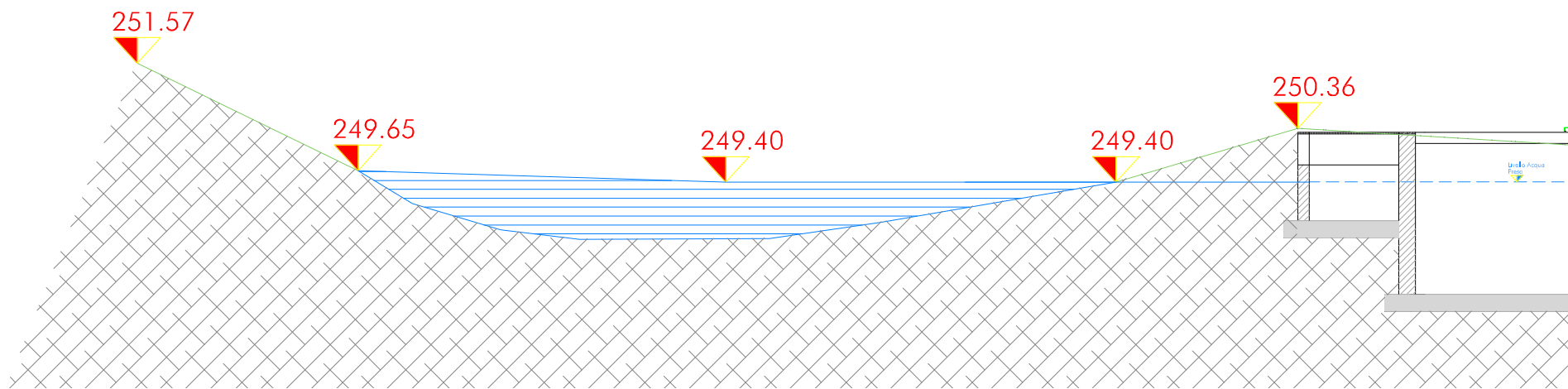
Al contrario delle strutture descritte ai Punti 1) - 2) , che non saranno dotate di solaio di copertura vero e proprio, ma solamente di un grigliato metallico calpestabile, le ultime due (Camera di carico e Camera turbina) saranno dotate di un solaio di copertura realizzato tramite una soletta piena in C.A. gettato in opera dello spessore di 20 cm.

L'apparato fondale dell'intera struttura sarà rappresentato da platee in C.A. gettato in opera dello spessore di 30 cm attestato a quote differenti, a seconda delle esigenze di ogni singolo modulo.

Per meglio chiarire lo sviluppo della struttura di progetto, si riporta di seguito una pianta ed una sezione tipo con indicati tutti i moduli sopra descritti.



PIANTA DI PROGETTO



SEZIONE DI PROGETTO

Al termine delle lavorazioni le aree occupate dalla pista di cantiere e dal piazzale di manovra verranno ripristinate cercando di fornire un aspetto il più possibile simile allo stato originale.

c) **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il calcolo delle opere si è svolta nel rispetto della seguente normativa vigente:

D.M 14.01.2008 - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;

Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle “*Nuove norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 14.01.2008)

UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.

UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno

UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni

UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

d) **Definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito**

VITA NOMINALE FABBRICATO : $V_N \geq 50$ anni

CLASSE D'USO : II

PERIODO DI RIFERIMENTO : $V_R \geq 75$ anni

CLASSE DI DUTTILITA' : Bassa

STATI LIMITE INDAGATI:

→ STATO LIMITE DEL DANNO (S.L.D.) – Controllo degli spostamenti

→ STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA (S.L.V.) - Verifica di resistenza

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO : B

CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1

COORDINATE GEOGRAFICHE : Lat. (Y) 42,68528 - Long. (X) 11.71342

e) Descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale

- Conglomerato cementizio per le strutture di fondazione: PLATEA

<u>Classe di resistenza:</u>	C32/40 ($R_{CK} \geq 40 \text{ N/mm}^2$)
<u>Classe di esposizione:</u>	XC4
<u>Classe di consistenza:</u>	S4
<u>Dimensione Max inerte:</u>	25mm

- Conglomerato cementizio per le strutture in elevazione: SETTI

<u>Classe di resistenza:</u>	C32/40 ($R_{CK} \geq 40 \text{ N/mm}^2$)
<u>Classe di esposizione:</u>	XC4
<u>Classe di consistenza:</u>	S4
<u>Dimensione Max inerte:</u>	25mm

- Conglomerato cementizio per le strutture in elevazione: TRAVI

<u>Classe di resistenza:</u>	C32/40 ($R_{CK} \geq 40 \text{ N/mm}^2$)
<u>Classe di esposizione:</u>	XC4
<u>Classe di consistenza:</u>	S4
<u>Dimensione Max inerte:</u>	25mm

- Acciaio per armature e getti in calcestruzzo

Barre:

B 450C

$$\rightarrow f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$$

Reti Elettrosaldate:

B 450C

$$\rightarrow f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$$

- Acqua

L'acqua per i getti sarà limpida e priva di sali in percentuali dannose ed in quantità strettamente necessaria.

f) Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione

CLASSE DI DUTTILITA' : Bassa

REGOLARITA' IN PIANTA : No (§ 7.2.2. D.M. '08)

REGOLARITA' IN ALTEZZA : No (§ 7.2.2. D.M. '08)

TIPOLOGIA STRUTTURALE : Pareti Accoppiate in C.A. in Opera

FATTORE DI STRUTTURA : $q = 1.76$

I parametri propri del sito considerati durante la modellazione sono:

- Stato Limite di Danno (SLD) – controllo degli spostamenti

Pvr	Ag/g	F0	T'c	Fv	TB	TC	TD	SS
63%	0.058	2.51	0.25	0.821	0.121	0.365	1.835	1.2

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) – verifica di resistenza

Pvr	Ag/g	F0	T'c	Fv	TB	TC	TD	SS
10%	0.14	2.49	0.28	1.258	0.132	0.397	2.160	1.20

I vincoli interni che collegano travi e setti sono di incastro.

Le verifiche saranno effettuate sia direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio, mentre per le azioni dovute al sisma ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica, sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..)

Nel modello vengono tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

Nella modellazione, tutti gli orizzontamenti, tranne la copertura del vano tecnico posto al piano settimo, sono stati considerati, per le loro caratteristiche costruttive, *Piani Ridigi*, ai sensi del § 7.2.6 NTC'08.

g) Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 14.01.2008 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; il fabbricato di progetto sarà, rientrando nella Cat. E2 della Tab. 3.1.II. delle NTC 2008 sotto riportata.

Le pareti in C.A. direttamente a contatto con il terreno saranno dimensionate e modellate considerando la condizione più sfavorevole, ossia quella in cui all'interno

del manufatto non si trovi acqua che compensi con la spinta idrostatica la spinta del terreno.

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 secondo categoria di appartenenza —	1,20 — —	1,00 — —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle NTC 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle NTC 2008 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I

Le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche saranno verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio verificati sono:

- **Stato Limite di Danno (SLD)** – controllo degli spostamenti

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)** – verifica di resistenza

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite P_{VR} :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio		
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 14.01.2008 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 NTC 2008; queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) (2.5.1)
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7(2.5.2)
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili (2.5.3)
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine(2.5.4)
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5):

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Ai fini delle NTC 2008 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

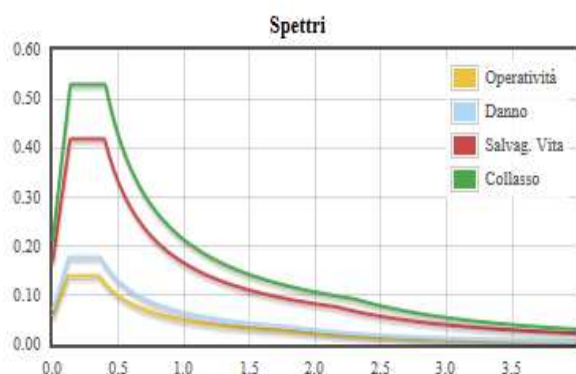
- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;

- accelerogramma.

l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle NTC, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.



Parametri di Pericolosità Sismica				
Stato Limite	Tr	$a_g = A_g/g$	F_0	T^*_c
Operatività (SLO)	30	0.047	2.473	0.245
Danno (SLD)	50	0.059	2.51	0.253
Salvag. Vita (SLV)	475	0.14	2.492	0.279
Collasso (SLC)	975	0.175	2.521	0.285

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17). Si riportano di seguito le 34 combinazioni di calcolo:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1. FERO PROPRIO	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
2. AUTOCORRELAZIONE RIVIAN.	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
3. Var. Abitazioni	1.50	1.05	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	
4. Var. Rv. q<1000	.75	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
5. Var. Coperture	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6. Corr. Pers. dir. 0	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.30	-.30	.30	-.30	.30	-.30	.30	-.30	.30	-.30	.30	-.30	.30	-.30	.30
7. Corr. Pers. dir. 90	0.00	0.00	.30	.30	-.30	-.30	-.30	-.30	-.30	.30	.30	.30	.30	-.30	-.30	-.30	-.30	.30	.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
8. RISMA DIZION. ENO 0	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	
9. RISMA DIZION. ENO 90	0.00	0.00	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
10. CORR. RISMA PROPRIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

h) Indicazione motivata del metodo di analisi seguito per l'esecuzione stessa

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 14.01.2008 ed in particolare:

- analisi elastica lineare per il calcolo delle sollecitazioni derivanti da carichi statici;
- analisi dinamica modale con spettri di progetto per il calcolo delle sollecitazioni di progetto dovute all'azione sismica;
- verifiche sezionali agli s.l.u. per le sezioni in c.a. utilizzando il legame parabola rettangolo per il calcestruzzo ed il legame elastoplastico incrudente a duttilità limitata per l'acciaio;
- verifiche tensionali per le sezioni in legno.

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli SLU che allo SLD si fa riferimento al D.M. 14.01.08 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Fattore $\Theta = \frac{P \cdot d}{V \cdot h} = 0.001 < 0.1 \Rightarrow$ Effetti del secondo ordine TRASCURABILI
(§7.3.1. D.M. '08)

i) Criteri di verifica agli stati limite indagati, in presenza di azione sismica

→ *STATO LIMITE DEL DANNO (S.L.D.) – Controllo degli spostamenti*

A seguito del sisma, la costruzione nel suo complesso (incluso elementi strutturali, elementi non strutturali, apparecchiature rilevanti, ecc.) subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

→ *STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA (S.L.V.) - Verifica di resistenza*

A seguito del sisma, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

j) Rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative

Si allegano di seguito le principali configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture di progetto.

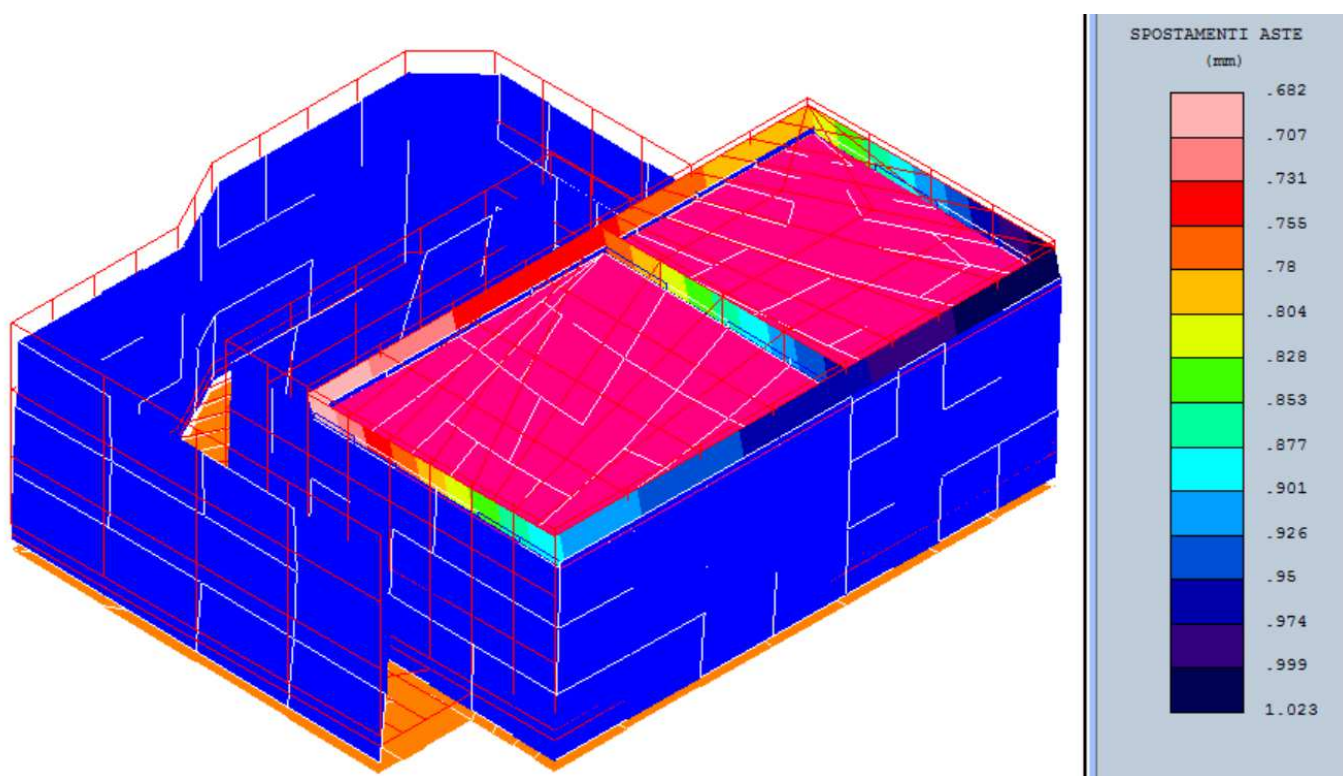


FIG. 1 - Diagramma degli Spostamenti Travi Coronamento in C.A. (INVILUPPO)

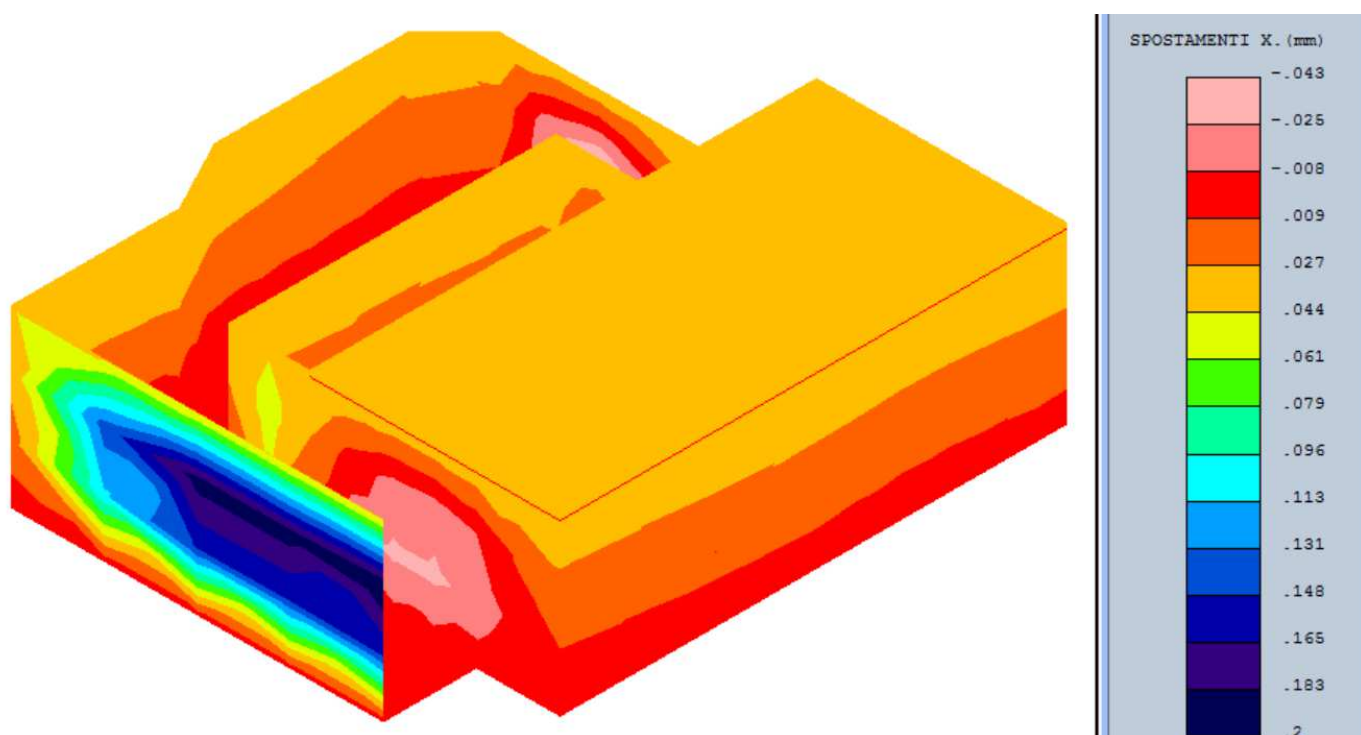


FIG. 2 - Diagramma degli Spostamenti direzione X Setti in C.A. (INVILUPPO)

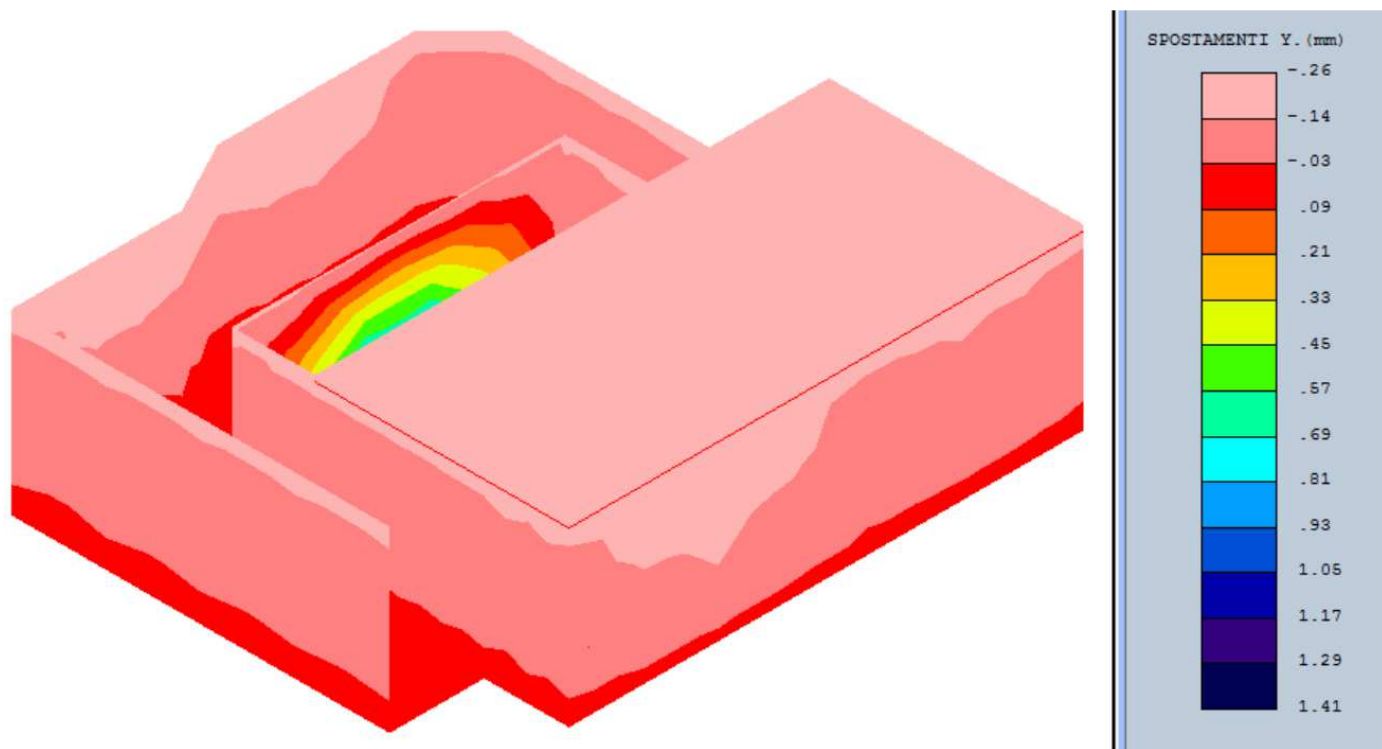


FIG. 3 - Diagramma degli Spostamenti direzione Y Setti in C.A. (INVILUPPO)

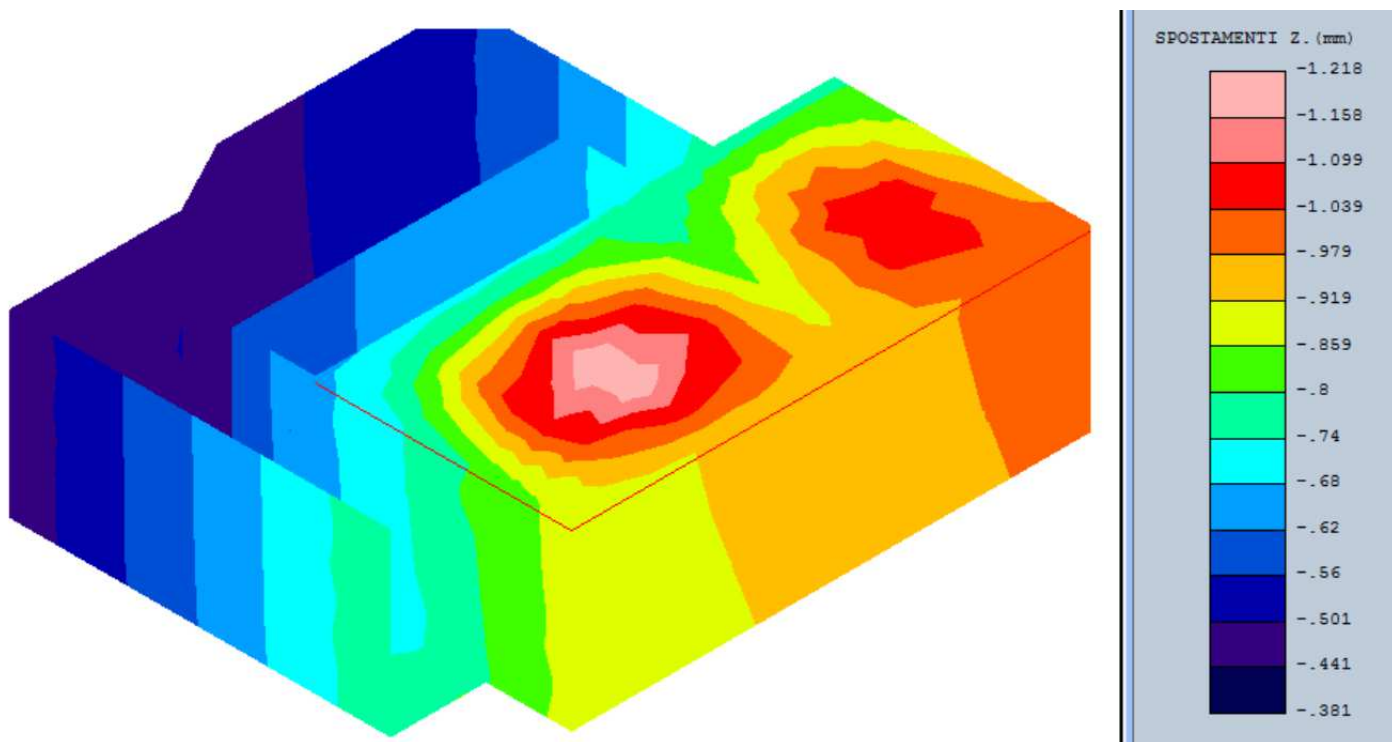


FIG. 4 - Diagramma degli Spostamenti direzione Z Setti in C.A. (INVILUPPO)

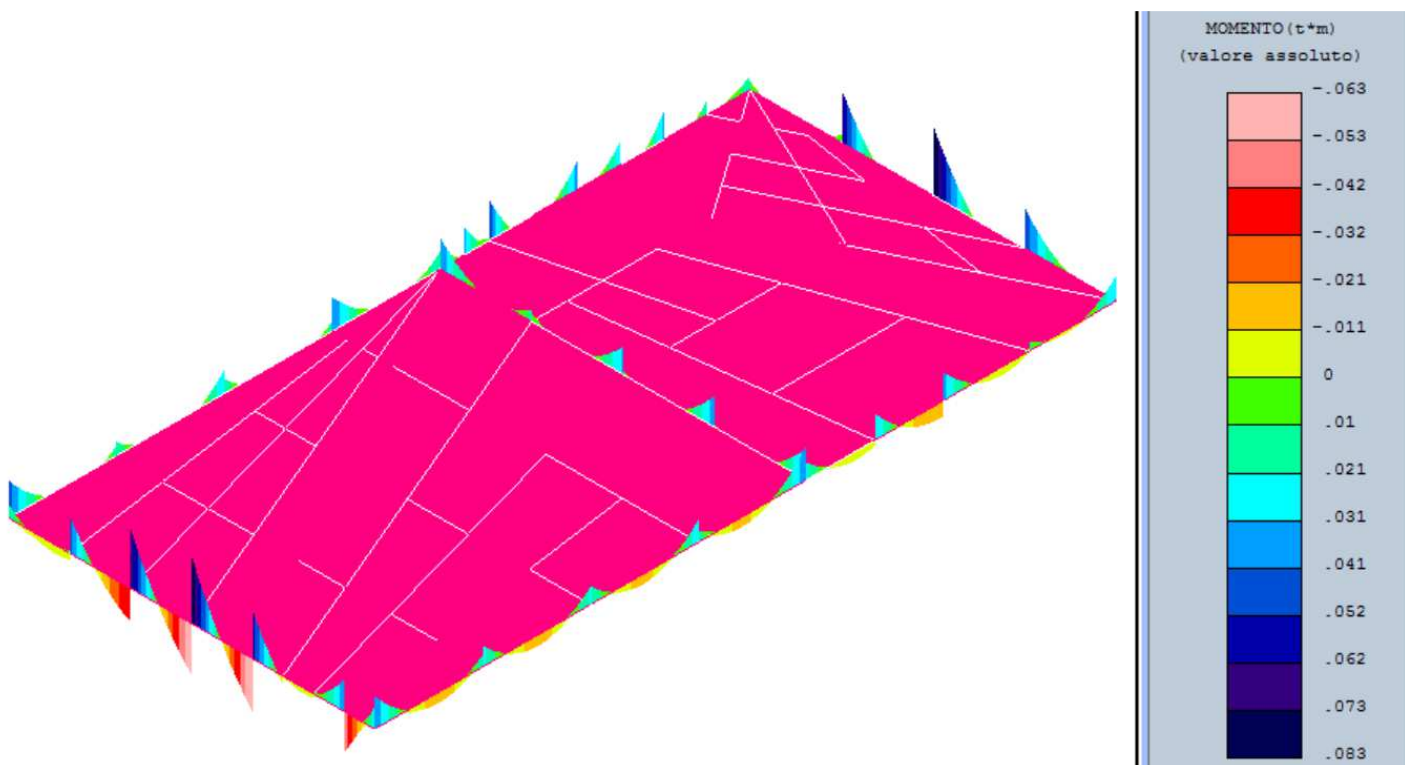


FIG. 5- Diagramma dei Momenti M_x/M_y Travi Coronamento in C.A. (INVILUPPO)

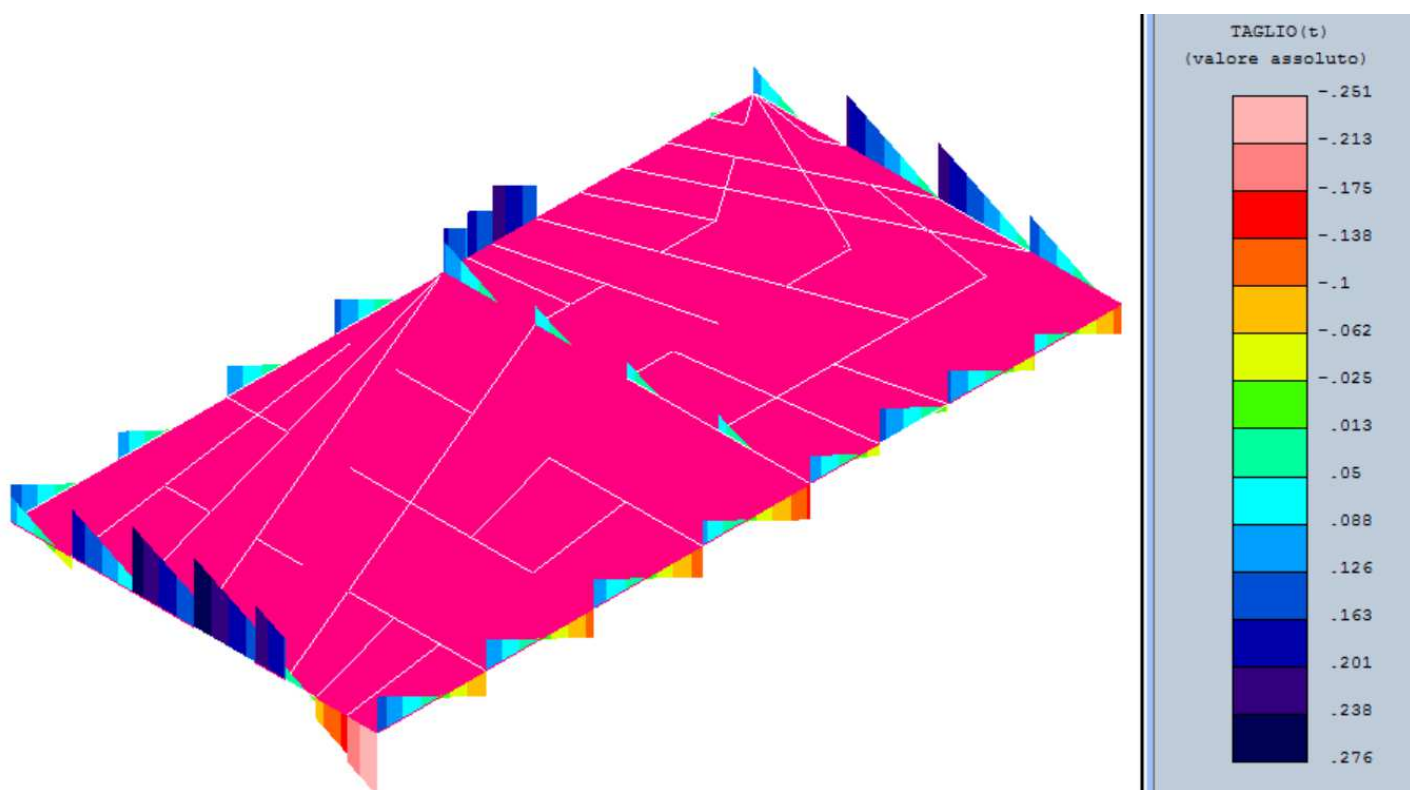


FIG. 6 - Diagramma del Taglio Tx/Ty Travi Coronamento in C.A. (INVILUPPO)

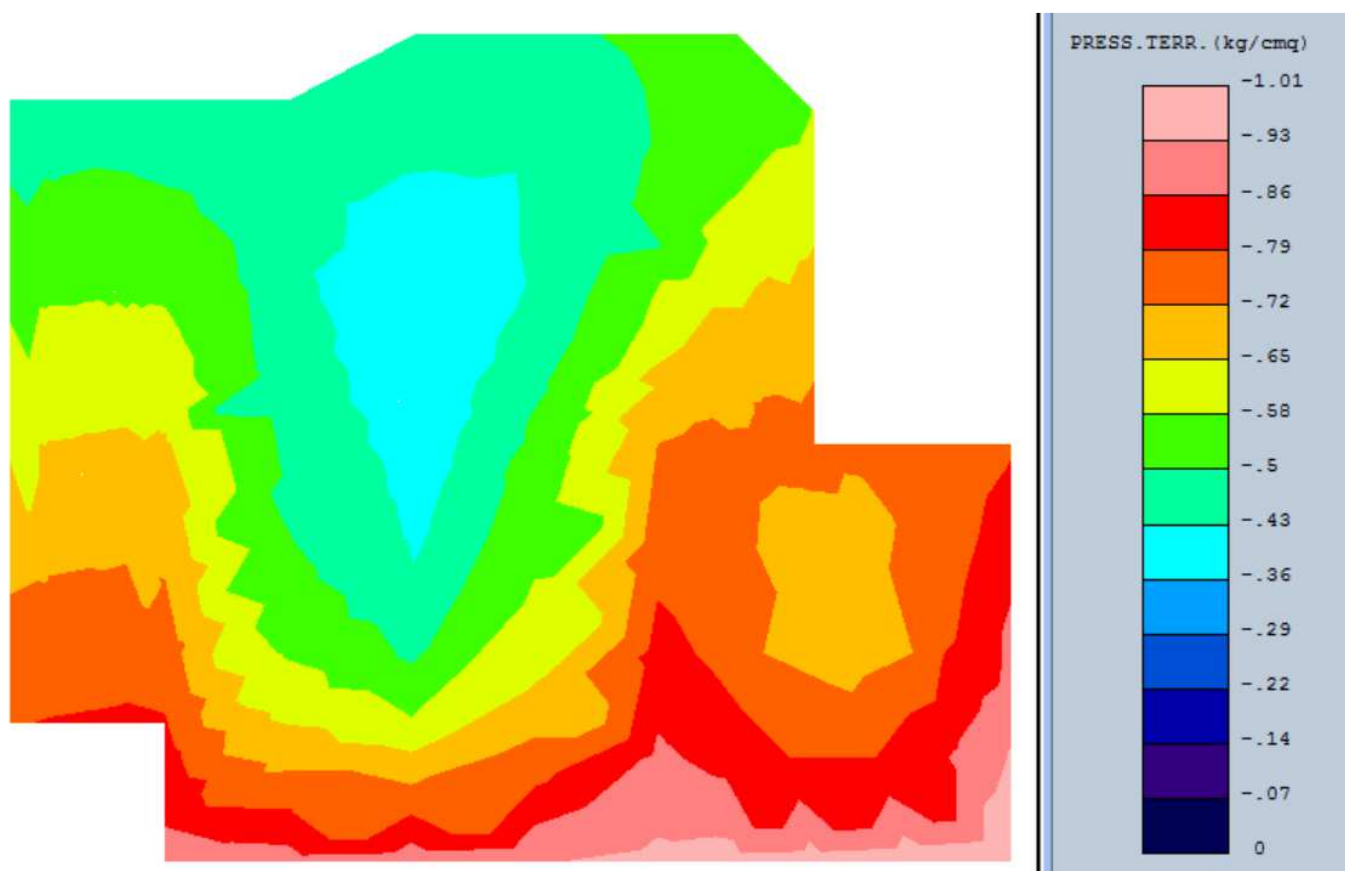


FIG. 7 - Diagramma delle pressioni sul terreno (INVILUPPO)

k) Caratteristiche di affidabilità del codice di calcolo

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso. La S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all'indirizzo:

<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>

l) Geomorfologia a assetto litostratigrafico

Attualmente il sito di costruzione risulta inaccessibile con mezzi di indagine, quindi i criteri d'indagine utilizzati si sono principalmente basati sull'elevato grado di conoscenza dell'area derivante da precedenti indagini e del rilevamento geologico effettuato dal Dott. Andrea Irsara.

In particolare, per la definizione della caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, sono state utilizzate analisi di laboratorio su campioni di terreno considerati rappresentativi della unità litologica di copertura osservata in sito, consistenti in due prove di taglio diretto con condizioni drenate e non drenate, i cui risultati vengono confermati dai parametri di resistenza al taglio ottenuti da sondaggi effettuati in aree limitrofe nello stesso contesto litologico.

Riguardo alla caratterizzazione geotecnica dell'ammasso roccioso in particolare finalizzata alle verifiche di stabilità di sito, è stato effettuato un rilievo lungo gli affioramenti rocciosi descritti secondo il metodo di Beniaowski esposto in allegato e il programma Valutazione Effetti Locali della Regione Toscana (volume 6).

I seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici sono stati scelti sulla base del criterio che prescrive,

secondo la normativa vigente, di cui al paragrafo C.6.2.2 della Circolare Ministeriale 617/2009, l'adozione dei valori minimi ottenuti dalle diverse prove disponibili, da

applicare nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo.

Si riportano di seguito i valori caratteristici del terreno ottenuti a seguito di una attenta valutazione e tenendo sempre ampi margini di sicurezza.

Valori caratteristici dei parametri geotecnici terreno di copertura

Definizione	Sabbia fine debolmente ghiaiosa con frammenti litici			
Classificazione	<i>Materiale granulare, sottogruppo SM: sabbia fine con fine non plastico. Gruppo A-3, indice di gruppo: 0.</i>			
Peso di volume	γ	kN/mc	18.0	
Peso di volume secco	γ_d	kN/mc	16.0	
Numero di colpi SPT da correlazione	Nspt	-	10	
Angolo d'attrito drenato	φ'	(°)	35	
Compressione semplice	qu	daN/cm ²	0.8	
Coesione non drenata	cu	daN/cm ²	0.4	
Modulo di deformazione	E	daN/cm ²	180	
Modulo di reazione unitario	kh	daN/cm	1.3	

NATURA DEL TERRENO: il terreno oggetto d'intervento si trova lungo una fascia pianeggiante del fondovalle in sinistra idrografica del Fiume Lente, dove il corso d'acqua presenta un'ampia ansa fluviale con caratteristiche forme di deposito di barra laterale interna e di erosione lungo la sponda opposta.

Tale area caratterizzata da una serie di piccoli gradini morfologici per terrazzamenti fluviali presente una larghezza intorno a 50 m delimitata dalla sponda dell'alveo del corso d'acqua a ovest e dal piede della ripida scarpata rocciosa a est, che presenta dislivello di circa 70 m e inclinazione media di circa 70°.

Si escludono condizioni di instabilità geomorfologica data la praticamente assenza di inclinazione del terreno, non essendo interessata per un intorno significativo da area di pendio o da rotture di pendenza rilevanti, fatta eccezione per il muro in pietra costituente la briglia fluviale.

La scarpata rocciosa tufacea che caratterizza il centro abitato di Sorano non presenta in questa zona segni o evidenze di fenomeni di crollo o slittamento di porzioni rocciose né antichi né recenti o in atto, inoltre non si sono riscontrate fessure o sistemi di giunti significativi rispetto al rischio per fenomeni di distacco.

In base ai rilevamenti effettuati in sito ed ai dati ottenuti dai diversi sondaggi effettuati sotto la direzione del Dott. Geolog. Andrea Irsara, si è potuto ricostruire il seguente profilo stratigrafico del terreno:

- Strato N.1 → TERRENO DI COPERTURA (0.00m ÷ - 4.00 m dal P.C.) :
terreni di origine alluvionale e materiale detritico derivante dal disfacimento della formazione tufacea, costituiti da terreno granulare fine sabbioso o limoso con ghiaia e frammenti litici, allo stato da poco a mediamente addensato ($N_{spt} = 4 - 10$) con rapido miglioramento dello stato di addensamento e delle proprietà geotecniche con la profondità. Tale litotipo costituisce il terreno oggetto di scavo e di fondazione dell'opera in progetto.

- Strato N.2 → SUBSTRATO ROCCIOSO : costituito da porzioni litoidi scarsamente alterate con due principali famiglie di giunti ad andamento sub-verticale, a spaziatura media per lo più con discontinuità rugose e alterate per ossidazione e passaggio delle acque di infiltrazione, con prodotto di alterazione e riempimento, nelle maggiori aperture intorno a 0.5 cm, a matrice granulare.