

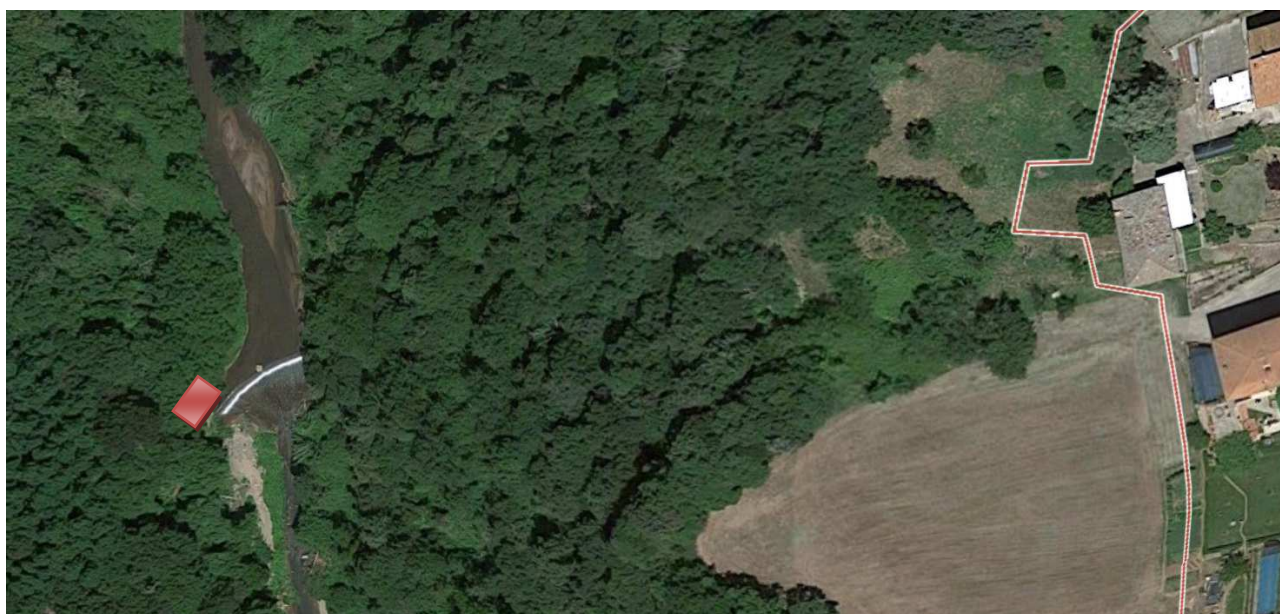
COMUNE DI PITIGLIANO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI MINI IMPIANTO IDROELETTRICO DENOMINATO "CASCADE LONDINI"

A3

RELAZIONE TECNICA GENERALE

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



IL COMMITTENTE
I CORTILI SRL

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	6
c)	Normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati	11
d)	Definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito	11
e)	Descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale	12
f)	Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione	13
g)	Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati	14
h)	Indicazione motivata del metodo di analisi seguito per l'esecuzione stessa	18
i)	Criteri di verifica agli stati limite indagati, in presenza di azione sismica	19
j)	Rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative ..	20
k)	Caratteristiche di affidabilità del codice di calcolo	26
l)	Riferimenti alle strutture geotecniche e di fondazione	27

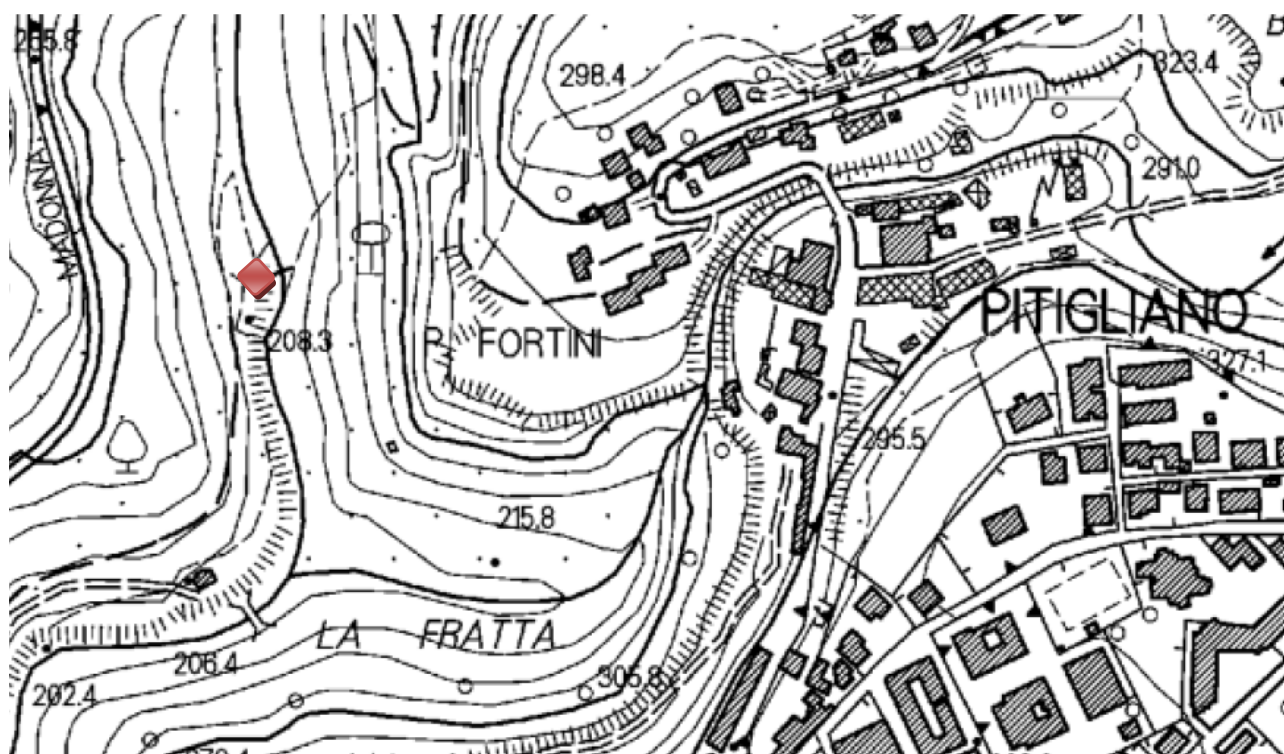
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

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 "CASCATE LONDINI" situato in destra 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) 42.638716longitudine (X) 11.667372)

L'area d'intervento è situata nel territorio comunale di Pitigliano (Provincia di Grosseto), lungo il corso d'acqua Fiume Lente circa 800 m a nordest rispetto alla confluenza con il Torrente Meleta e 250 m a nord rispetto al centro abitato del capoluogo, in località La Fratta e Cascate Londini, a valle della Strada Provinciale Pitigliano – Santa Fiora denominata “Pian della Madonna”.

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 esclusivamente dalla seguente formazione litologica dei depositi tufacei che caratterizzano il margine occidentale della caldera di Latera.

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 circa 50 m verso monte dove sono presenti estesi affioramenti verticali della formazione vulcanica denominata “formazione di Sorano” che caratterizza il sottosuolo del centro abitato del capoluogo.

NATURA DEL TERRENO: Il terreno oggetto d'intervento si trova in un'area piana con caratteristiche di ansa fluviale e depositi di barra laterale compresa tra la scarpata sottostante la viabilità principale a monte e la sponda in destra idrografica del corso d'acqua oggetto della derivazione a valle.

Il pendio a nord dell'area pianeggiante al piede oggetto d'intervento, presenta una altezza limitata con gradiente di pendenza medio di direzione est intorno al 40 %, inclinazione media di 22° e profilo irregolare per la presenza di terrazzamenti di origine fluviale verso il fondovalle e di origine antropica alle quote maggiori, con un

dislivello complessivo di circa 80 m e sviluppo longitudinale di circa 200 m, delimitato a monte da un ampio pianoro in quota.

Tale pendio è caratterizzato dalla costante presenza di affioramenti rocciosi della formazione litologica descritta in successive piccole scarpate ad elevata inclinazione intervallate a fasce di terreno pianeggiante, derivanti dalla originaria morfologia del territorio costituita da tipici terrazzamenti fluviali in funzione della elevata erodibilità della formazione geologica costituente il sottosuolo.

La ristretta area oggetto d'intervento risulta stabile con il fattore maggiormente predisponente alla stabilità consistente nella presenza dell'ammasso roccioso tufaceo affiorante o prossimo al piano di campagna come si rileva lungo la scarpata a monte del sentiero carrabile che conduce all'area d'intervento.

Per un intorno significativo rispetto al sito di costruzione non si rilevano evidenze di fenomeni erosivi severi e diffusi né zone interessate da fenomeni di dissesto o crollo delle scarpate rocciose, si segnala tuttavia la presenza in zone limitrofe e in particolare lungo il sentiero di accesso al sito di costruzione, di piccoli e delimitati slittamenti recenti dei terreni superficiali a componente vegetale in prossimità degli orli delle scarpate di terrazzamento fluviale che risultano circoscritti alla fascia superficiale di terreno in virtù della presenza del substrato roccioso consistente immediatamente sottostante..

In base ai rilevamenti effettuati precedentemente in un'area in prossimità della zona di intervento 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 ÷ - 2.00 m dal P.C.) :
terreni di origine alluvionale e materiale detritico derivante dal disfacimento della formazione tufacea. Il materiale è infatti costituito da terreno omogeneo granulare fine sabbioso con ghiaia e frammenti litici, allo stato da poco a mediamente addensato ($N_{spt} = 4 - 10$) con graduale miglioramento dello stato di addensamento e delle proprietà geotecniche con la profondità.

Tale litotipo costituisce il terreno oggetto di scavo fino al substrato roccioso.

- Strato N.2 → SUBSTRATO ROCCIOSO : si rileva una stratificazione orizzontale con un'alternanza di prevalenti orizzonti litoidi marnosi a pomici chiari di elevata resistenza (classe R3 del sistema ISRM), e livelli costituiti da strati tufacei con conglomerati ignimbrici cementati a ceneri scure di spessore variabile da decimetrico a metrico classificato in generale come "litotipo semicoerente da poco a mediamente resistente" (resistenza a compressione uniassiale 25 – 50 Mpa). Tale litotipo costituisce il terreno di fondazione dell'opera in progetto.

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 ($V_{s30} = 431 \text{ m/s}$) ci permette di classificare il suolo in oggetto come B.

ASSETTO IDROGEOLOGICO: Considerati i livelli piezometrici registrati nell'area e il livello idrico del sottostante corso d'acqua che si mantiene anche nel periodo di magra, la falda libera classificabile come acquifero poroso litoide, si trova a profondità minime nell'ordine di 15 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. Pertanto, la realizzazione delle opere in progetto e delle relative fondazioni di tipo diretto non possono comportare alcuna interferenza con la falda, né alcuna modifica al regime di deflusso sotterraneo tramite una significativa riduzione dei tempi di percolazione delle acque superficiali e del suolo verso la falda, che avviene lungo le fratture e per porosità dell'ammasso roccioso.

ACCESSIBILITA' ALL'AREA DI CANTIERE: Vista la necessità di mantenere la zona oggetto dell'intervento circoscritta all'interno dell'area demaniale, ed avendo questa una superficie piuttosto ridotta, occupata prevalentemente dalle lavorazioni per la messa in opera dell'impianto, si sfrutterà un'area posta leggermente più a valle per lo stoccaggio dei materiali e per il posizionamento delle strutture temporanee adibite ad ufficio, deposito e punto di primo soccorso.

La suddetta area sarà condivisa con un altro cantiere posto poco più a valle di gestione della stessa ditta appaltatrice.

In ogni caso, nell'area di cantiere verrà predisposto un wc chimico ad uso delle maestranze coinvolte nelle lavorazioni.

L'accesso al cantiere sarà assicurato da un sentiero presente, proveniente da Sud.

Questo, vista la larghezza di "carreggiata" e la tipologia di fondo, non potrà essere percorso da mezzi pesanti.

b) Descrizione generale della struttura

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto micro - idroelettrico denominato "Cascate Londini" sito in destra idrografica del Torrente Lente, all'interno del territorio del Comune di Pitigliano, 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 destro del torrente Lente, immediatamente a monte di una briglia esistente, realizzata in muratura, che crea un salto di circa 4.20 m.

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 circa il 50% della larghezza del torrente tranne che in corrispondenza del DMV, partirà l'opera di presa di progetto in C.A. gettato in opera.

A valle della la paratoia di presa è stato previsto un canale/vasca che costituirà sia il canale di adduzione per l'impianto che l'alloggiamento di 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 da utilizzare all'occorrenza per liberare il materiale sabbioso accumulatosi;
- Sala macchina e alloggiamento quadri di macchina, previsti completamente sotto l'attuale piano di campagna.

Il diffusore della turbina avrà un tratto iniziale verticale che raggiungerà una quota di sifone pari a 197.60 (Quota pelo libero valle 199.00), ed un tratto sub orizzontale interrato fino al raggiungimento del greto del torrente a valle della briglia.

Questo consentirà la perfetta restituzione dell'acqua captata per il funzionamento dalla turbina al Torrente, che peraltro continuerà ad essere costantemente alimentato dal Deflusso Minimo Vitale rilasciato a monte della briglia.

Lo scarico delle acque turbinate avverrà in corrispondenza del piede della briglia mettendo in opera appositi accorgimenti al fine di evitare sensibili fenomeni di erosione.

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.

L'impianto di progetto risulterà, quasi nella sua totalità, interrato, quindi avrà un impatto visivo praticamente nullo.

Le strutture di progetto, per la loro posizione rispetto alla briglia esistente, non andranno ad interferire con l'apparato fondale del suddetto manufatto, e quindi non si prevede la realizzazione di opere di sostegno fisse (palificate, berlinesi, ecc...), anche se si dovrà porre particolare attenzione durante le lavorazioni in quella porzione.

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 rispettivamente pari a 20 cm. Il suddetto canale avrà uno sviluppo longitudinale di circa 2.10 m ed una larghezza netta di 2.10 m. I paramenti verticali verranno interrati in modo da ottenere strutture fuori terra per un massimo di 10 ÷ 20 cm;

2. Canale sgrigliatore: verrà realizzato in C.A. gettato in opera. Gli elementi verticali saranno costituiti da setti rispettivamente dello spessore di 20 cm quello esterno e 30 cm quello in comune con la camera di carico.

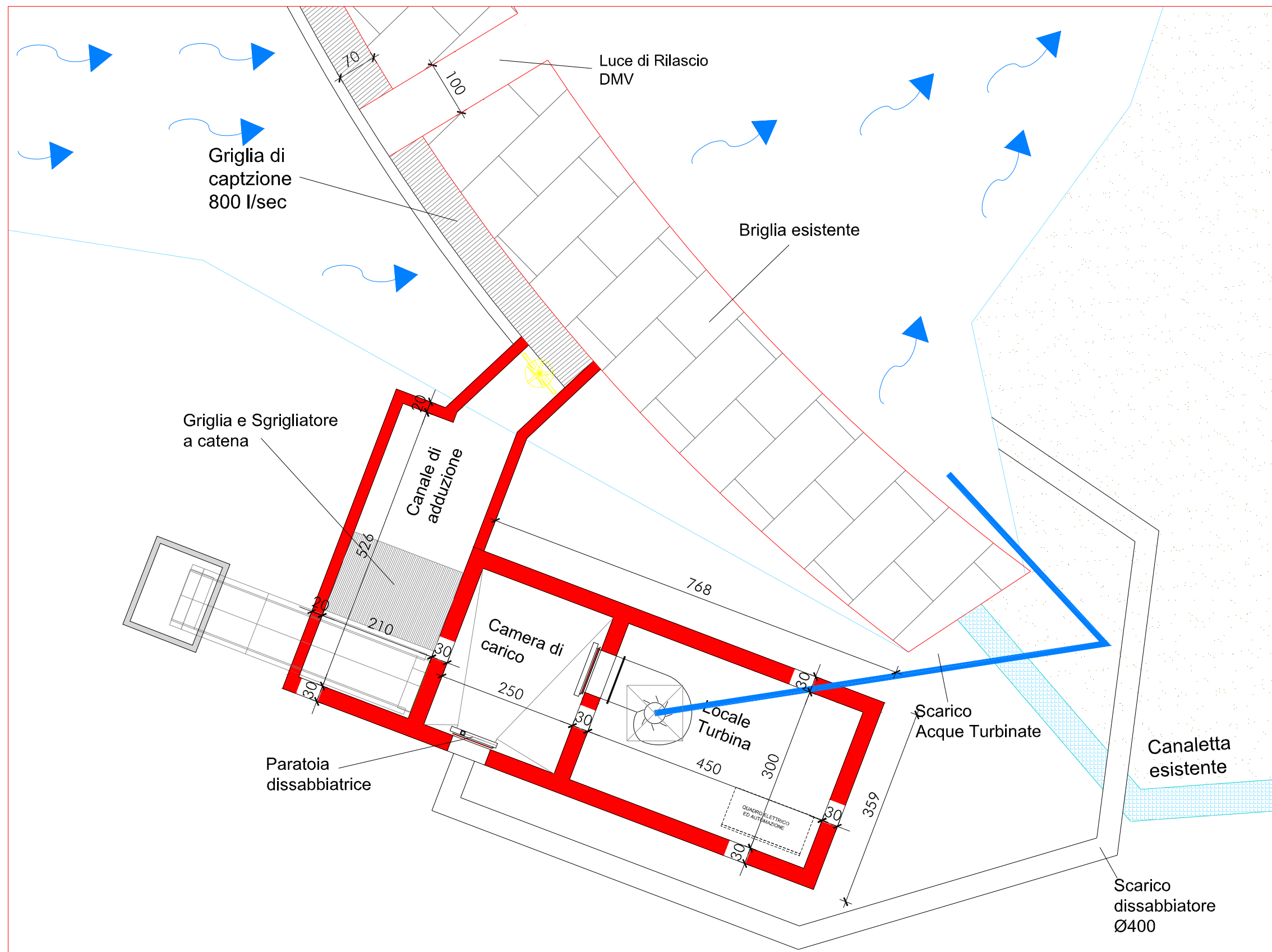
Questi avranno un'altezza pari a 2.90 m. La larghezza netta equivale, come per il canale di adduzione, a 2.10m; all'interno di tale canale sarà alloggiata una griglia ed uno sgrigliatore a catena atti a setacciare il materiale più grossolano, nonchè un nastro trasportatore atto ad allontanarlo dalla struttura ed evitare che questo si introduca nella camera di carico;

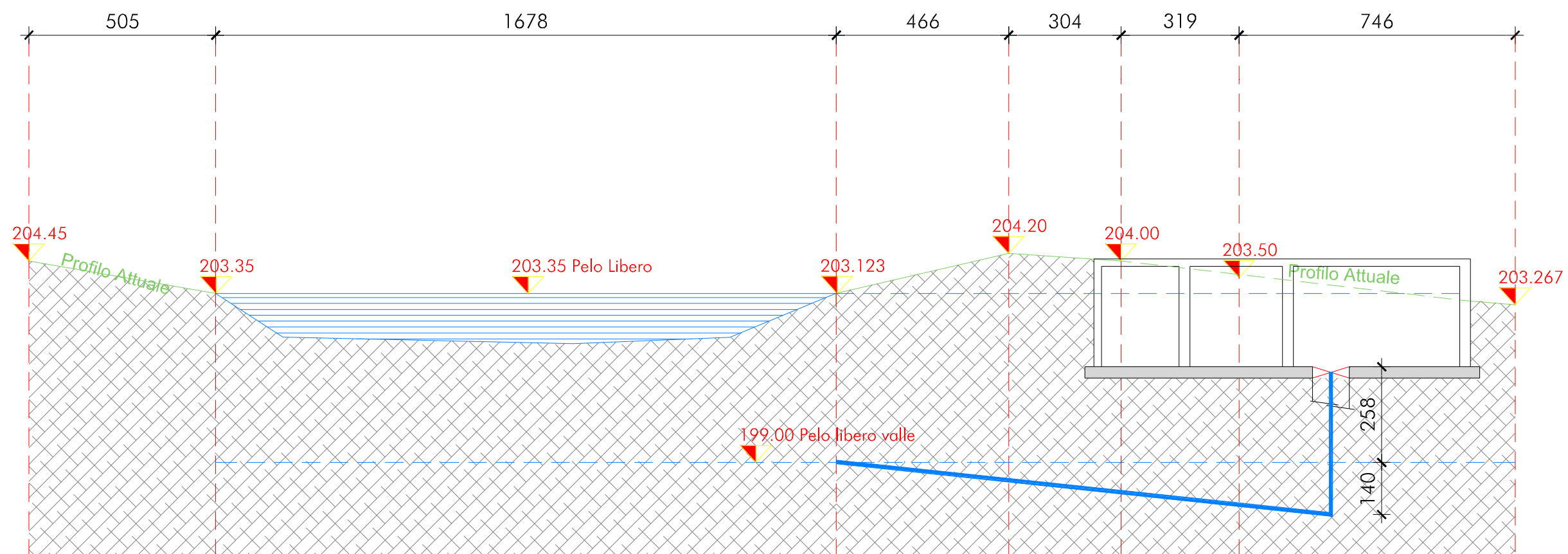
3. Camera di carico: questa è la prima camera del corpo principale del locale macchine ed ha la funzione di separare, per decantazione, la frazione più sottile del residuo solido presente nell'acqua prima che questa entri nella turbina. Tale modulo avrà una pianta pressochè rettangolare con lati rispettivamente di 2.50 m e 3.00 m. Sarà composta da setti in C.A. gettato in opera dello spessore pari a 30 cm, con 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 3.00 m.

A differenza 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.





SEZIONE DI PROGETTO

c) **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il calcolo delle opere si è svolta nel rispetto del D.M 14.01.2008.

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 : latitudine (Y) 42.638716 longitudine (X) 11.667372)

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

<u>Barre:</u>	B 450C $\rightarrow f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$ $\rightarrow f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
<u>Reti Elettrosaldate:</u>	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%	0.057	2.49	0.25	0.804	0.120	0.362	1.828	1.2

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

Pvr	Ag/g	F0	T'c	Fv	TB	TC	TD	SS
10%	0.139	2.479	0.28	1.245	0.132	0.397	2.155	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 P_{VR} , 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 omessi 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.

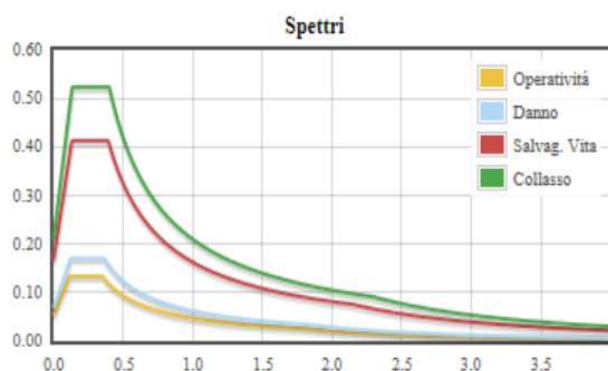
Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- 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.



Stato Limite	T_r	$a_g = A_g/g$	F_o	T^*_c
Operatività (SLO)	30	0.045	2.477	0.24
Danno (SLD)	50	0.057	2.495	0.251
Salvag. Vita (SLV)	475	0.139	2.477	0.277
Collasso (SLC)	975	0.174	2.509	0.283

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. FERRO PROPRIO	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	
2. ARMATURA DI FERRAMENTI	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	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	
4. Var. Movimento	1.75	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	
5. Var. Coperture	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	1.00	
6. Corr. Poca 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	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	
7. Corr. Poca dir. 90	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	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. ARMATURA DI FERRAMENTI	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	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	
9. ARMATURA DI FERRAMENTI	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	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. AZIONE 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;

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 $\Theta = \frac{P \cdot d}{V \cdot h} = 0.004 < 0.1 \Rightarrow$ 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza 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.

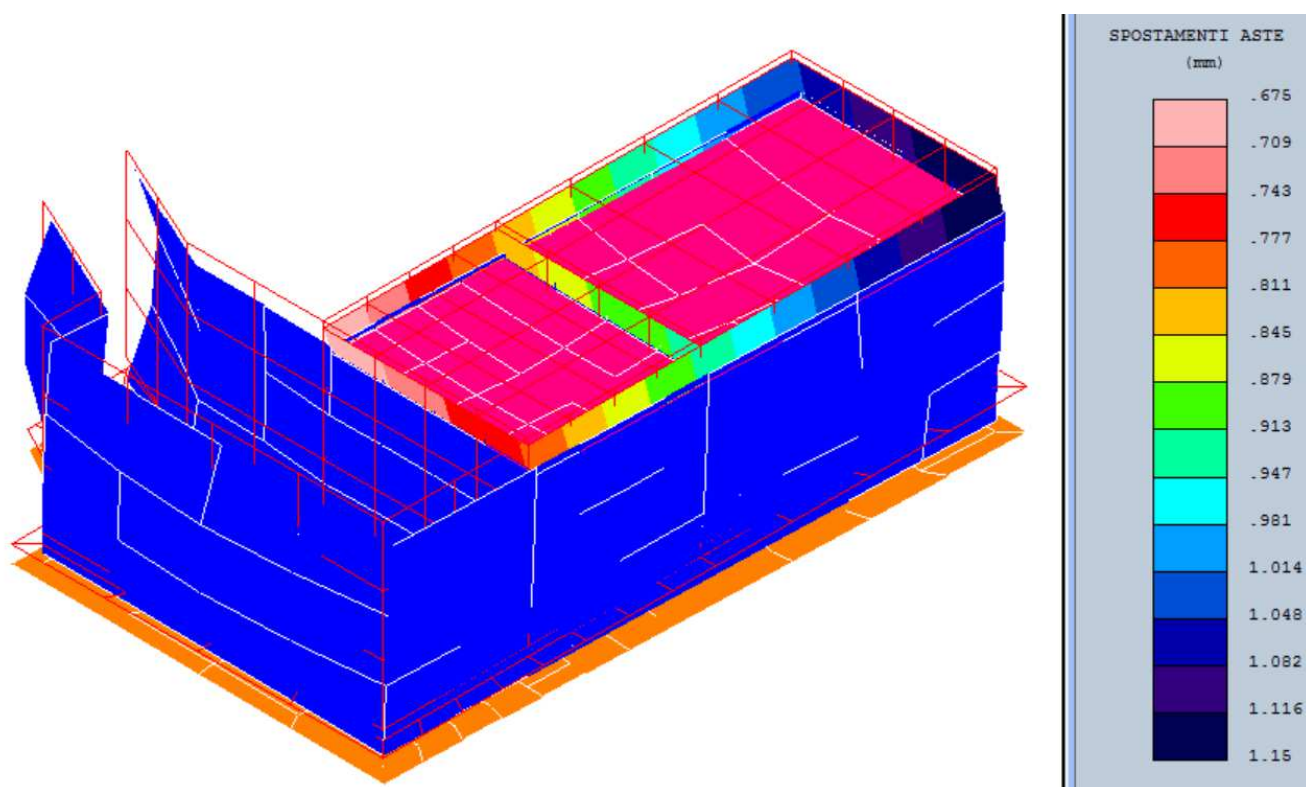


FIG. 1 - Diagramma degli Spostamenti Travi Coronamento in C.A. (INVILUPPO)

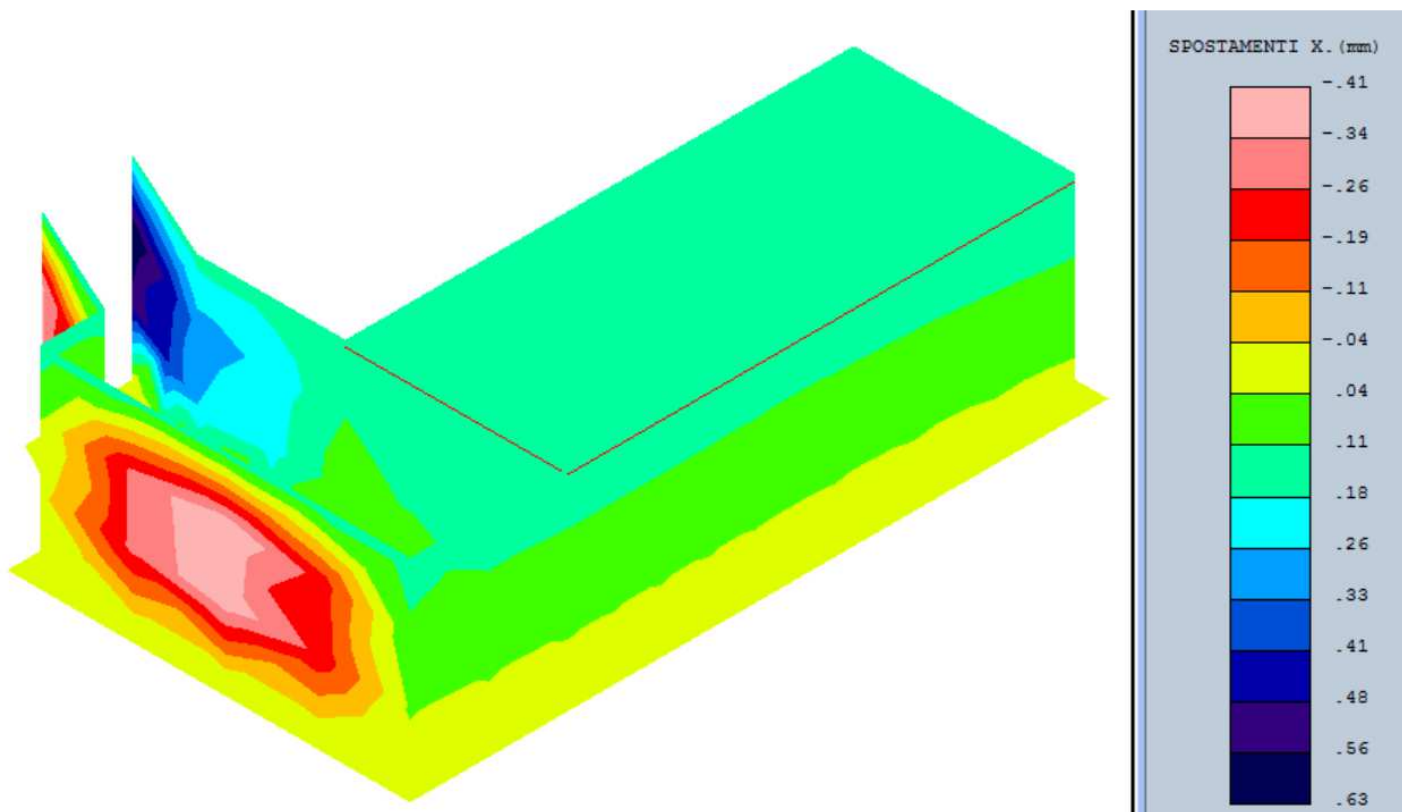


FIG. 2 - Diagramma degli Spostamenti direzione X Setti in C.A. (INVILUPPO)

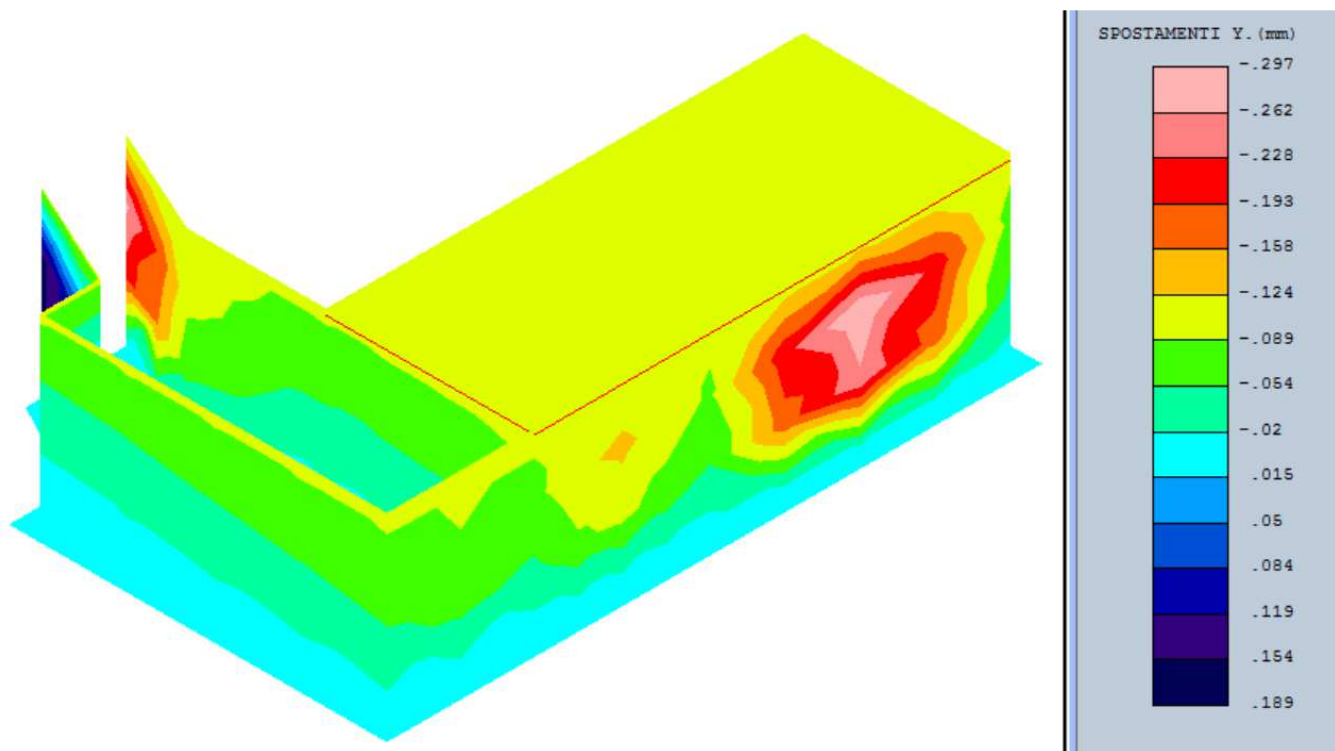


FIG. 3 - Diagramma degli Spostamenti direzione Y Setti in C.A. (INVILUPPO)

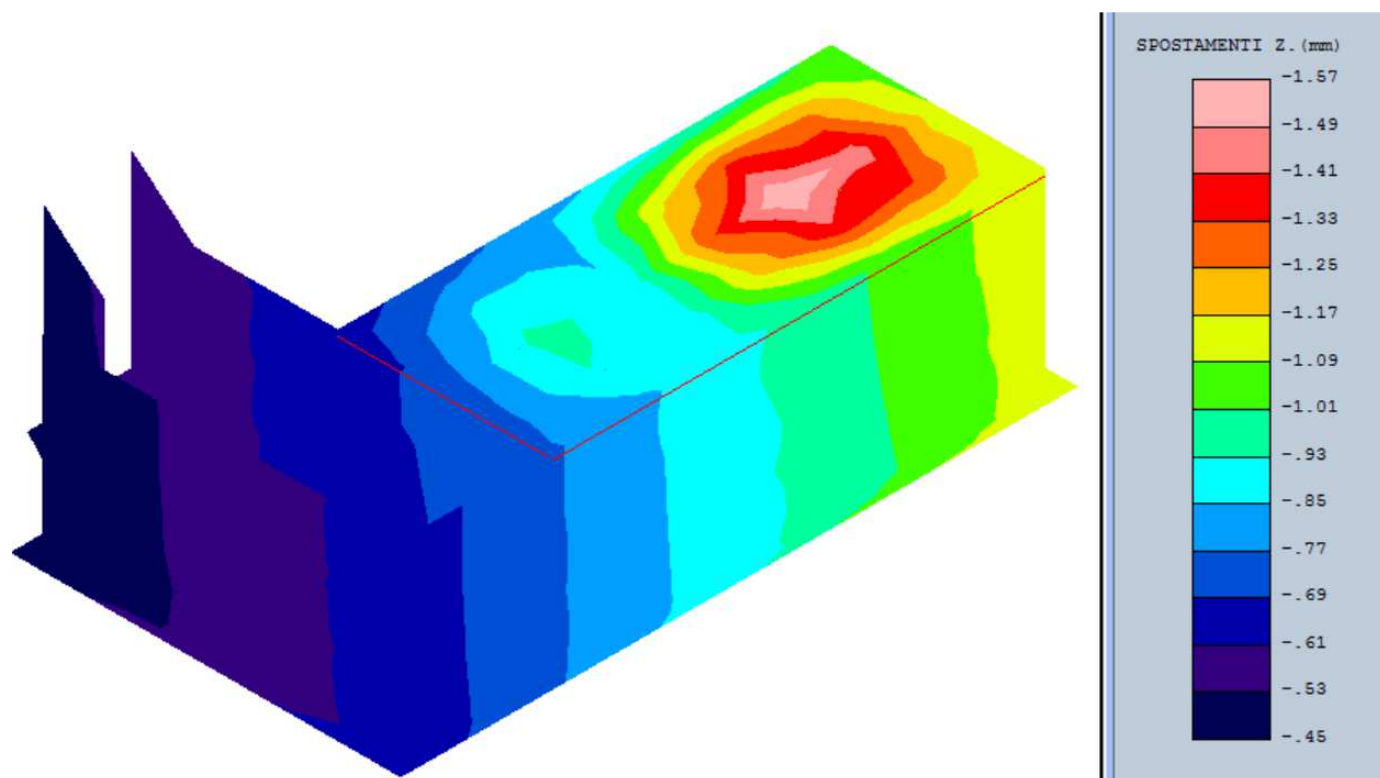


FIG. 4 - Diagramma degli Spostamenti direzione Z Setti in C.A. (INVILUPPO)

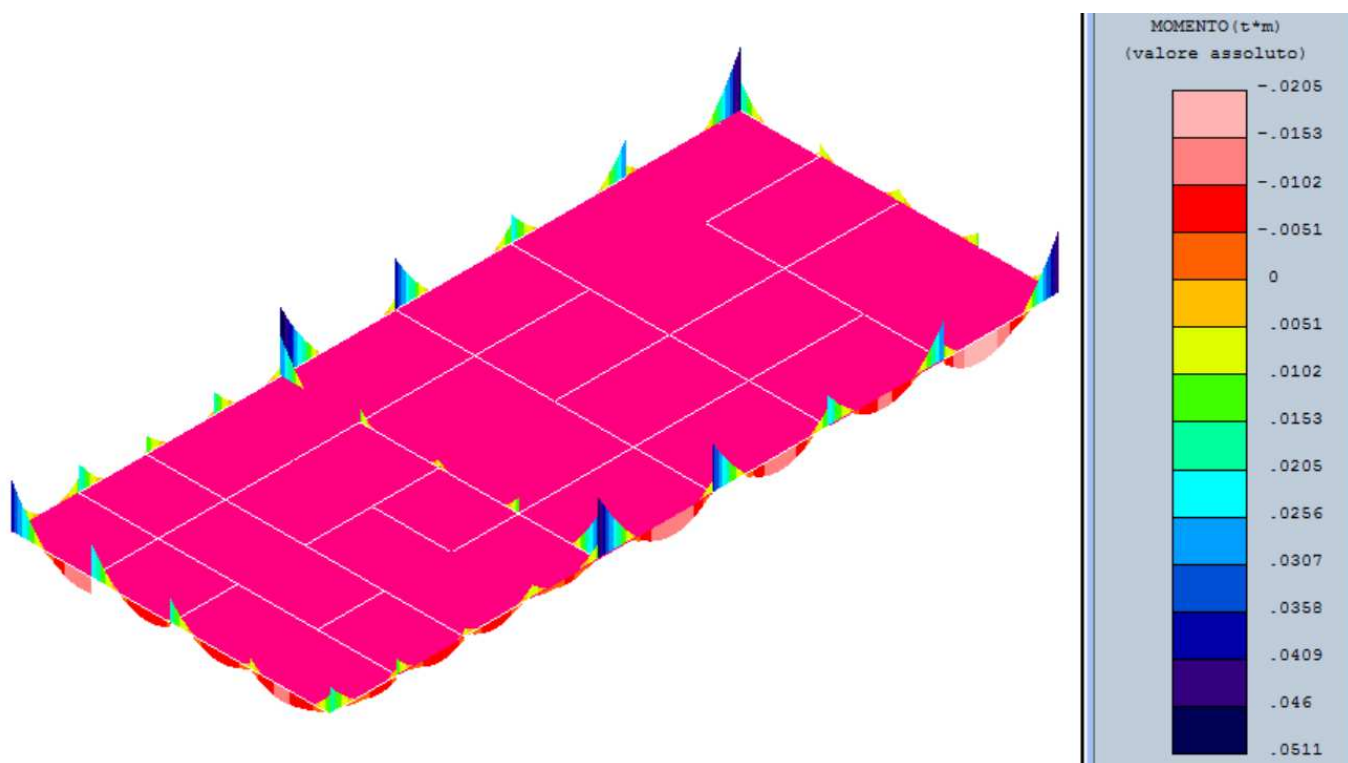


FIG. 5- Diagramma dei Momenti M_x/M_y Travi Coronamento in C.A. (INVILUPPO)

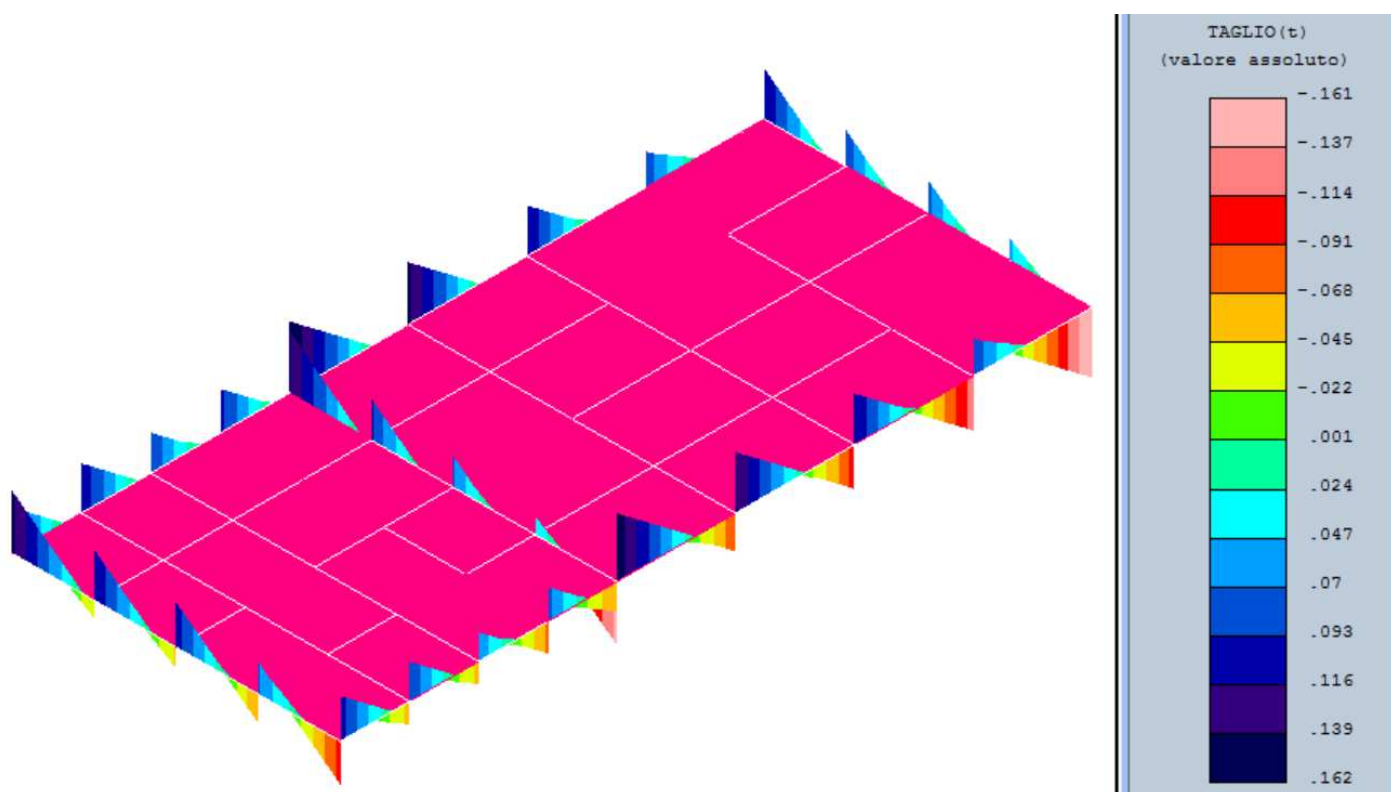


FIG. 6 - Diagramma del Taglio Tx/Ty Travi Coronamento in C.A. (INVILUPPO)

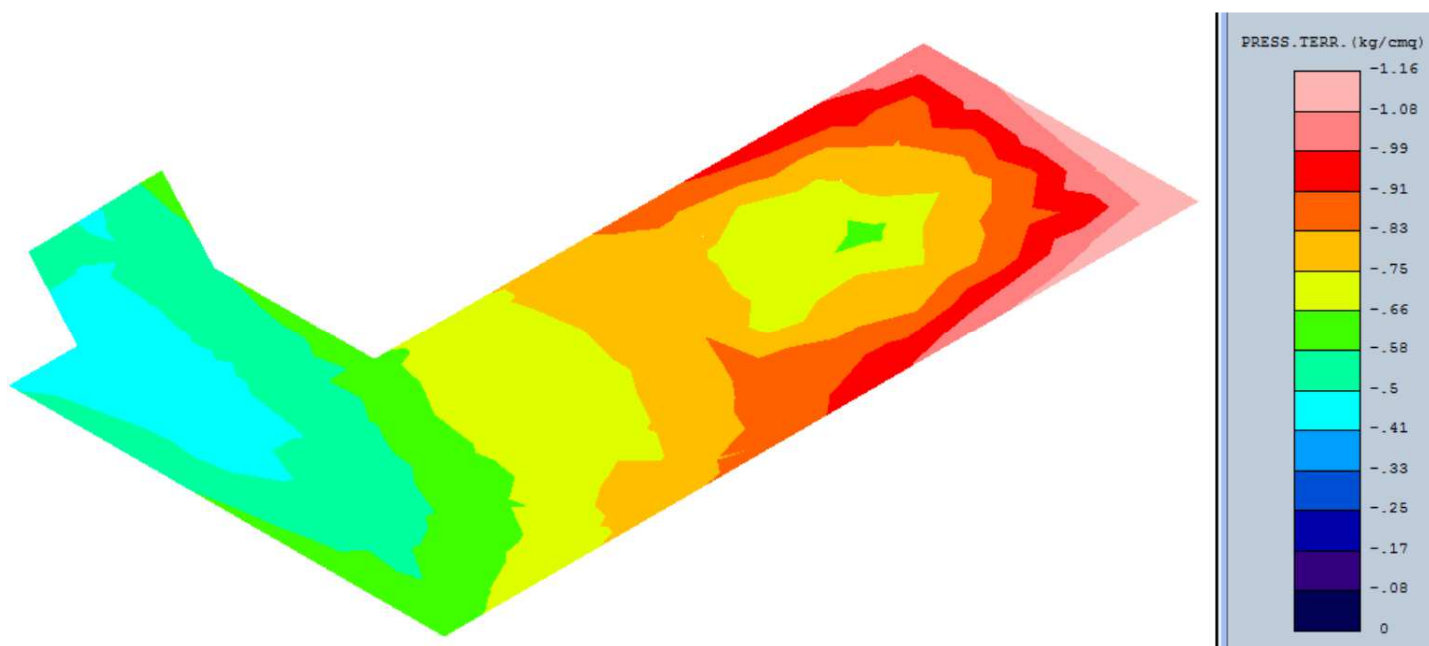


FIG. 7 - Diagramma delle pressioni sul terreno (INVILUPPO)

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>

I) Geomorfologia a assetto litostratigrafico

I mezzi d'indagine utilizzati si ritengono adeguati rispetto alla costituzione del sottosuolo, quindi alla modellazione geologica descritta, sulla base del grado di conoscenza dell'area derivante da precedenti indagini e del rilevamento geologico effettuato, e in particolare alle finalità e caratteristiche dell'intervento, in riferimento alle prescrizioni sulla esecuzione delle indagini geotecniche di cui alla normativa citata in premessa, e alle condizioni di fattibilità definite.

In particolare, per la definizione della caratterizzazione geotecnica del sottosuolo è stata effettuata una prova penetrometrica dinamica spinta fino a condizioni di rifiuto che coincidono con la presenza del substrato roccioso, i cui risultati vengono confermati dai parametri di resistenza al taglio ottenuti da sondaggi, prove in sito e di laboratorio su campioni rappresentativi, effettuati in aree limitrofe nello stesso contesto litologico.

La caratterizzazione geotecnica del sito di costruzione per un intorno significativo si riferisce ai due differenti litotipi costituenti il sottosuolo descritti in precedenza, dei quali il terreno di copertura che caratterizza la zona di fondovalle, è praticamente assente lungo il versante e quindi non viene considerato nelle verifiche di stabilità del pendio, mentre il substrato roccioso costituisce il sottosuolo di fondazione della costruzione in progetto fino a profondità sicuramente maggiori rispetto all'altezza del volume significativo.

I relativi 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.

I valori geotecnici caratteristici utilizzati per la progettazione sono rispettivamente:

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 prova penetrometrica	Nspt	-	4 - 10	
Angolo d'attrito drenato	φ'	(°)	27	
Compressione semplice	qu	daN/cm ²	1.2	
Coesione non drenata	c _u	daN/cm ²	0.6	
Modulo di deformazione	E	daN/cm ²	195	
Modulo di reazione unitario	k _h	daN/cm ²	2.0	

Valori caratteristici dei parametri geotecnici substrato litologico (terreno di fondazione)

Definizione	Ammasso roccioso stratificato con alternanze di litotipi			
Classificazione	Qualità scadente di classe IV con indice $RMR_b = 42$ e $RMR_c = 35$			
Peso di volume	γ	kN/mc	20.0	
Peso di volume secco	γ_d	kN/mc	18.0	
Numero di colpi prova penetrometrica	Nspt	-	> 50	
Angolo d'attrito drenato	φ'	(°)	30	
Resistenza compressione semplice	q _a	daN/cm ²	10	
Coesione non drenata	c _u	daN/cm ²	1.0	
Modulo di deformazione	E	daN/cm ²	1200	
Modulo di taglio	G	daN/cm ²	440	
Coefficiente di Poisson	m	-	0.35	
Modulo di reazione unitario	k _h	daN/cm ²	13	

NATURA DEL TERRENO: Il terreno oggetto d'intervento si trova in un'area piana con caratteristiche di ansa fluviale e depositi di barra laterale compresa tra la scarpata sottostante la viabilità principale a monte e la sponda in destra idrografica del corso d'acqua oggetto della derivazione a valle.

Il pendio a nord dell'area pianeggiante al piede oggetto d'intervento, presenta una altezza limitata con gradiente di pendenza medio di direzione est intorno al 40 %, inclinazione media di 22° e profilo irregolare per la presenza di terrazzamenti di origine fluviale verso il fondovalle e di origine antropica alle quote maggiori, con un dislivello complessivo di circa 80 m e sviluppo longitudinale di circa 200 m, delimitato a monte da un ampio pianoro in quota.

Tale pendio è caratterizzato dalla costante presenza di affioramenti rocciosi della formazione litologica descritta in successive piccole scarpate ad elevata inclinazione intervallate a fasce di terreno pianeggiante, derivanti dalla originaria morfologia del

territorio costituita da tipici terrazzamenti fluviali in funzione della elevata erodibilità della formazione geologica costituente il sottosuolo.

La ristretta area oggetto d'intervento risulta stabile con il fattore maggiormente predisponente alla stabilità consistente nella presenza dell'ammasso roccioso tufaceo affiorante o prossimo al piano di campagna come si rileva lungo la scarpata a monte del sentiero carrabile che conduce all'area d'intervento.

Per un intorno significativo rispetto al sito di costruzione non si rilevano evidenze di fenomeni erosivi severi e diffusi né zone interessate da fenomeni di dissesto o crollo delle scarpate rocciose, si segnala tuttavia la presenza in zone limitrofe e in particolare lungo il sentiero di accesso al sito di costruzione, di piccoli e delimitati slittamenti recenti dei terreni superficiali a componente vegetale in prossimità degli orli delle scarpate di terrazzamento fluviale che risultano circoscritti alla fascia superficiale di terreno in virtù della presenza del substrato roccioso consistente immediatamente sottostante..

In base ai rilevamenti effettuati precedentemente in un'area in prossimità della zona di intervento 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 ÷ - 2.00 m dal P.C.) :
terreni di origine alluvionale e materiale detritico derivante dal disfacimento della formazione tufacea. Il materiale è infatti costituito da terreno omogeneo granulare fine sabbioso con ghiaia e frammenti litici, allo stato da poco a mediamente addensato ($N_{spt} = 4 - 10$) con graduale miglioramento dello stato di addensamento e delle proprietà geotecniche con la profondità.
Tale litotipo costituisce il terreno oggetto di scavo fino al substrato roccioso.
- Strato N.2 → SUBSTRATO ROCCIOSO : si rileva una stratificazione orizzontale con un'alternanza di prevalenti orizzonti litoidi marnosi a pomici chiare di elevata resistenza (classe R3 del sistema ISRM), e livelli costituiti da strati tufacei con conglomerati ignimbrici cementati a ceneri scure di spessore

variabile da decimetrico a metrico classificato in generale come "litotipo semicoerente da poco a mediamente resistente" (resistenza a compressione uniassiale 25 – 50 Mpa). Tale litotipo costituisce il terreno di fondazione dell'opera in progetto.