



CONSORZIO di BONIFICA dell' EMILIA CENTRALE

Corso Garibaldi n. 42 42121 Reggio Emilia - www.emiliacentrale.it - direzione@emiliacentrale.it
Tel. 0522-443211 Fax. 0522-443254 C.F. 91149320359

M - PRG.
18.01

Rev. 4
del
23.02.2021

Titolo: DM n. 517 del 16 dicembre 2021 - "Investimenti in infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell'approvvigionamento idrico" linea d'investimento M2C4 - I4.1 del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)"

RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA TRAVERSA POSTA SUL TORRENTE ENZA IN LOCALITA' CEREZZOLA

Importo:

€.

12'376'800,00

Ente Finanziatore:

MIMS

Tipologia Progetto

Riferimento Legislativo

Comune

Fattibilità

Definitivo

Esecutivo

Contabilità

X

Canossa (RE)

Neviano degli Arduini (PR)

ALLEGATI:

Allegato n.

Titolo:

1

**RELAZIONI TECNICHE
E SPECIALISTICHE**

Tavola:

Oggetto:

1.5

**RELAZIONE PRELIMINARE
SULLE STRUTTURE**

Scala:

Il Progettista Generale:

Dott. Ing. Ada Francesconi

afrancesconi@emiliacentrale.it

Progettista Strutturale:

Dott. Ing. Stefano Corradi

Collaboratori alla Progettazione:

Dott. Ing. Emanuele Baratti

Dott.sa Ing. Elena Mocchi

Dott. Ing. Stefano Corradi

Dott. Geol. Alessandro Fontanesi

Dott.sa Valentina Preti

P.I. Mauro Bigliardi

Il Responsabile del Procedimento:

Dott. Ing. Pietro Torri

ptorri@emiliacentrale.it

Area Progettazione:

SLPP

Codice Progetto:

221/19/00

Codice CUP:

G83D21003240006

Codice CIG:

Redatto:

Verificato:

Nome File:

Note:

Data Progetto :

31/03/2022

Data Aggiornamento:

UNI EN ISO 9001:2015

UNI EN ISO 14001:2015

UNI ISO 45001:2018



Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3	INQUADRAMENTO	6
3.1	GEOGRAFICO	6
3.2	GEOLOGICO-GEOTECNICO	8
3.3	SISMICO	9
3.3.1	Pericolosità di base.....	9
3.3.2	Pericolosità locale.....	9
3.3.3	Amplificazione topografica	10
4	DIMENSIONAMENTO DELLE PALIFICATE IN CEMENTO ARMATO.....	11
4.1	IL CALCOLO DELLA SPINTA.....	11
4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE SULLA PARATIA	13
4.2.1	Collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido)	13
4.2.2	Instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno	14
4.3	METODOLOGIA DI MODELLAZIONE ED ANALISI (INFORMAZIONE SUL CODICE DI CALCOLO).....	16
4.4	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE	20
4.5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLA PARATIA E DEL CORDOLO E VALORI DI CALCOLO	21
4.6	PALIFICATA A VALLE DELLA VASCA DI DISSIPAZIONE DELLA TRAVERSA ESISTENTE – area di lavoro n.1	23
4.6.1	Descrizione dell'opera.....	23
4.6.2	Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico.....	23
4.6.3	Risultati.....	24
4.7	PALIFICATA A MONTE TRAVERSA ESISTENTE (TANGENTE) – area di lavoro n.1	30

4.7.1	Descrizione dell'opera.....	30
4.7.2	Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico.....	30
4.7.3	Risultati.....	31
4.8	PALIFICATA IMPERMEABILE A MONTE TRAVERSA ESISTENTE (SECANTE) -area di lavoro n.1	37
4.8.1	Descrizione dell'opera.....	37
4.8.2	Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico.....	37
4.8.3	Risultati.....	39
4.9	PALIFICATA DI SOSTEGNO ALLA BRIGLIA DI PROGETTO – area di lavoro n.2.....	45
4.9.1	Descrizione dell'opera.....	45
4.9.2	Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico.....	45
4.9.3	Risultati.....	46
4.10	PALIFICATA DI SOSTEGNO ALLA BRIGLIA DI PROGETTO – area di lavoro n.2.....	53
4.10.1	Descrizione dell'opera.....	53
4.10.2	Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico.....	53
4.10.3	Risultati.....	54
4.11	PALIFICATA A VALLE DELLA SP 513 R – area di lavoro n.4	62
4.11.1	Descrizione dell'opera.....	62
4.12	PALIFICATA A VALLE DEL VOLUME DI INVASO LATERALE DI PROGETTO – area di lavori n.1.....	64
4.12.1	Descrizione dell'opera.....	64
5	NUOVO EDIFICIO SGHIAIATORE – area di lavoro n.1	66
5.1	TIPOLOGIA STRUTTURALE ADOTTATA.....	66
5.2	INTERFERENZE	66
5.3	CARATTERISTICHE DIMENSIONALI	66
5.4	MATERIALI.....	67

5.5	CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE.....	68
5.6	COMBINAZIONI DI CARICO	72
5.7	METODO DI ANALISI.....	78
5.8	CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE	86
5.9	SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA	91
5.10	VERIFICHE SLE	97
5.11	VERIFICHE SLD DANNO SISMICO	98
5.12	ANALISI E VERIFICHE STRUTTURE DI FONDAZIONE.....	100
5.13	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI.....	102
5.14	CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO	102
6	VERIFICHE SUI MANUFATTI IN TERRA	103
6.1	RILEVATO ARGINALE IN SINISTRA IDRAULICA	103
6.2	DESCRIZIONE OPERA.....	104
6.3	VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE.....	105
6.3.1	CONDIZIONI DI VERIFICA.....	105
6.3.2	RISULTATI	106
6.4	VERIFICA AL CARICO LIMITE.....	107
6.4.1	PREMESSA.....	107
6.4.2	Verifiche SLU e SLV	107

1 PREMESSA

Con riferimento:

- all'indagine geognostica e geofisica, datata Gennaio 2020 allegata al progetto di fattibilità tecnico economica dello *Studio Geologi Associati – GEOLOG* a firma del dott. Geol. Fausto Campioli che per le indagini geotecniche ha incaricato la ditta *Montanari Perforazioni s.r.l.* con sede nel capoluogo di Reggio Emilia e per le indagini geofisiche lo *Studio Tecnico Associato C.G.A.* di San Giovanni in Persiceto (BO) ;
- ai manufatti in c.a. ed in terra in progetto ovvero:
 - a) la **palificata** posta a valle della vasca di dissipazione della traversa esistente (Area di lavoro 1),
 - b) le **2 palificate (una semplice e una secante) di sostegno al manufatto di sbarramento**, poste a monte della traversa esistente (Area di lavoro 1),
 - c) la **palificata** posta nella sponda in sinistra idraulica a valle del volume di invaso laterale (Area di lavoro 4),
 - d) il **nuovo manufatto sghiaiatore** (Area di lavoro 1)
 - e) le **2 palificate di sostegno alla briglia di progetto** sita a monte della traversa esistente (Area di lavoro 2),
 - f) il **nuovo rilevato arginale** posto in sinistra idraulica che divide le due aree di invaso in progetto (Area di lavoro 4),
 - g) la **palificata** posta a valle dell'attuale rilevato stradale SP 513 R (Area di lavoro 3).

la presente relazione tecnica preliminare sulle strutture, si propone di illustrare le modalità con cui il progettista delle strutture ha dato seguito alla concezione strutturale delle opere da realizzare sopra elencate.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

NAZIONALE

Legge nr. 1086 del 05/11/1971

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

Legge nr. 64 del 02/02/1974

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

D.M. LL.PP. del 11/03/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. LL.PP. del 14/02/1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA. GG. /S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche 2018 (D.M. 17/01/2018) e circolare esplicativa n.7 del 21 Gennaio 2019.

REGIONALE

L.R. n.19 del 30 Ottobre 2008

Norme per la riduzione del rischio sismico

3 INQUADRAMENTO

3.1 GEOGRAFICO

I lavori di rifunionalizzazione si collocano nell'area di fondovalle sul Torrente Enza in località Cerezzola, tra i Comuni di Canossa (RE) e Neviano degli Arduini (PR).

Coordinate geografiche:

- Latitudine: 44°34'38.65"N
- Longitudine: 10°24'8.78"E

Riferimenti cartografici:

- tavola C.T.R. 218 NO "Ciano D'Enza" a scala 1:25.000
- sezione C.T.R. n.218010 " Ciano D'Enza" a scala 1:10.000
- elemento C.T.R. n. 218011 " Ciano D'Enza" a scala 1:5.000



Inquadramento dell'area in esame in scala 1: 5.000 su carta CTR + Ortofoto



Inquadramento aree di lavoro in ortofoto – il Nord è in alto

I manufatti di progetto precedentemente descritti in premessa si dividono come segue nelle aree di lavoro definite dal progettista generale.

- **Area di Lavoro 1:**
 - a) palificata a valle della vasca di dissipazione della traversa,
 - b) palificate in di sostegno al manufatto di sbarramento, poste a monte della traversa esistente,
 - c) palificata posta nella sponda in sinistra idraulica a valle del volume di invaso laterale,
 - d) il manufatto sghiaiatore
- **Area di Lavoro 2:**
 - e) palificate di sostegno alla briglia di progetto sita a monte della traversa esistente.
- **Area di Lavoro 3:**
 - f) nuovo rilevato arginale posto in sinistra idraulica che divide le due aree di invaso in progetto.
- **Area di Lavoro 4:** palificata posta a valle dell'attuale rilevato stradale di Via Val d'Enza Sud (SP 513R).

3.2 GEOLOGICO-GEOTECNICO

Il progettista assume valido il **modello geotecnico** di cui all' indagine geognostica e geofisica, datata Gennaio 2020 allegata al progetto di fattibilità tecnico economica dello *Studio Geologi Associati – GEOLOG* a firma del dott. Geol. Fausto Campioli.

Il modello del sottosuolo presente in buona approssimazione nell'intera area di interventi è costituito sostanzialmente da due unità geologico/geotecniche sovrapposte:

- coperture detritiche quaternarie costituite dal materasso alluvionale di sedimenti sciolti quali ciottoli, ghiaia e sabbia limosa;
- substrato roccioso (bedrock) avente grado di fratturazione da medio a basso, decrescente con la profondità costituito da due formazioni in contatto tettonico fra loro: "Argille a Palombini" e "Flysch di Monte Cassio".

Si rimanda al capitolo 5 "Modello stratigrafico" e al capitolo 6 "Caratteristiche geomeccaniche" della relazione geologica per un'accurata visione d'insieme.

3.3 SISMICO

3.3.1 Pericolosità di base

In conformità con quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»* (NTC2018), la pericolosità sismica è espressa attraverso forme spettrali definite su sito di riferimento rigido orizzontale.

Per la determinazione dei parametri sismici ai fini del calcolo dell'azione sismica, per ciascun tipo di intervento strutturale, ad esclusione dell'edificio sghiaiatore e della struttura di alloggiamento delle paratorie mobili in progetto, il progettista ha stabilito che:

- Vita nominale della struttura $V_N \geq 50$ anni (*opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali ect.*)
- Classe d'uso : II (*costruzioni per normali affollamenti ect.*)
- Coefficiente d'uso C_u : 1,00
- Periodo di riferimento V_R : 50 anni

Per gli stati limite di esercizio **SLE** ed in particolare per quelli di danno **SLD**, il tempo di ritorno dell'azione sismica T_R : **50** anni

Per lo stato limite ultimo **SLU** (stato limite di salvaguardia della vita **SLV**), il T_R : **475** anni

Per quanto riguarda l'edificio sghiaiatore e la struttura di alloggiamento delle paratorie mobili invece si ritiene opportuno adottare i seguenti parametri relativi all'azione sismica di progetto:

- Vita nominale della struttura $V_N = 100$ anni
- Classe d'uso : IV
- Coefficiente d'uso C_u : 2,00
- Periodo di riferimento V_R : 200 anni

Per gli stati limite di esercizio **SLE** ed in particolare per quelli di danno **SLD**, il tempo di ritorno dell'azione sismica T_R : **201.2** anni

Per lo stato limite ultimo **SLU** (stato limite di salvaguardia della vita **SLV**), il T_R : **1898.2** anni

3.3.2 Pericolosità locale

Le analisi di risposta sismica locale, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili a determinate categorie di sottosuolo, possono fare riferimento ad

un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Ai fini della determinazione delle V_s (eq) si è fatto riferimento all'indagine geofisica MASW, utilizzando uno stendimento che ha restituito il profilo di velocità delle onde di taglio.

In coerenza con le risultanze contenute nel modello geotecnico citato al punto 3.2, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro V_{s30} , il cui valore medio (2 prove down-hole) varia da 422-468 m/s ricadendo nella **categoria di sottosuolo B**.

3.3.3 Amplificazione topografica

L'area di intervento ricade in un'area di fondovalle caratterizzata da terrazzamenti alluvionali sub-pianeggianti (categoria topografica **T1**). Nella quantificazione della risposta sismica locale è pertanto necessario considerare un valore massimo di amplificazione topografica **ST** pari a **1,0**.

4 DIMENSIONAMENTO DELLE PALIFICATE IN CEMENTO ARMATO

4.1 IL CALCOLO DELLA SPINTA

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione α rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*. Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Nell'ipotesi di regime idrodinamico la falda viene considerata idrodinamica, la pressione in un punto a profondità h_m dalla linea freatica se calcolata da monte risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_m \times (1-i)$$

oppure, se calcolata da valle, la pressione in un punto a profondità h_v dalla linea freatica da valle risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_v \times (1+i).$$

Il valore della pressione al piede della paratia in regime idrodinamico coincide sia se calcolata da monte che da valle.

i rappresenta il gradiente idraulico nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE SULLA PARATIA

4.2.1 Collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido)

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione. Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte

K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata

K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte

K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

4.2.2 Instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\tan \phi_i \tan \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di F . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per F da inserire nell'espressione di m ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Riassumendo:

Calcolo della spinta

metodo di Culmann

Incremento spinta in condizioni sismiche

metodo di Mononobe Okabe

Verifica di stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta attiva

4.3 METODOLOGIA DI MODELLAZIONE ED ANALISI (INFORMAZIONE SUL CODICE DI CALCOLO)

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_r l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_r , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicando con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \cdot m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliente nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliente ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.


Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno	
Versione	14.00	
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)	
Utente	Consorzio dell'Emilia Centrale	
Licenza	AIR01197E	

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non

verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

4.4 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) si distinguono in (punto 2.6.1 delle NTC):

- STR ovvero lo stato limite di resistenza della paratia,
- GEO per le verifiche:
 - Verifica della stabilità globale,
 - Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera (atto di moto rigido),

Ai sensi del punto 6.5.3.1.2 delle NTC 2018, la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno è stata effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1 considerando le due combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R1)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II, con i coefficienti JR del gruppo R1 pari all'unità.

Per quanto attiene agli SLE in particolare sono stati verificati gli spostamenti dell'opera di sostegno per potere esprimere un giudizio di compatibilità tra funzionalità dell'opera e sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti.

4.5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLA PARATIA E DEL CORDOLO E VALORI DI CALCOLO

La tipologia di calcestruzzo e di acciaio utilizzato è la medesima in tutte le opere di progetto.

Simbologia adottata

\square_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kN/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Cordolo – soletta in c.a.:

CLASSE DI CONSISTENZA CLS	S4
DIAMETRO MASSIMO DELL'AGGREGATO	20 [mm]
CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	XF4 ai sensi delle UNI EN 206
Acciaio	B450C

Si ricorda che il copriferro nominale considerato è pari a 5,00 cm definito come la distanza fra la superficie esterna dell'armatura più vicina alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo.

Pali:

CLASSE DI CONSISTENZA CLS	S5
DIAMETRO MASSIMO DELL'AGGREGATO	20 [mm]
CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	XC4 ai sensi delle UNI EN 206
Acciaio	B450C

Si ricorda che il copriferro nominale considerato è pari a 8,00 cm definito come la distanza fra la superficie esterna dell'armatura più vicina alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo.

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \square + \cotg \square) \cdot \sin \square$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \square_c \cdot f_{cd} \cdot (\cotg(\square) + \cotg(\square)) / (1.0 + \cotg \square^2)$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b _w	larghezza minima sezione [mm]
A _{sw}	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
\square_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e \square_{cp}

Descrizione	\square_{cls} [kN/mc]	Classe cls	Rck [kPa]	E [kPa]	Acciaio	n
Paratia	24,52	C32/40	40000	33642648	B450C	15.00
Cordolo/Muro	24,52	C32/40	40000	30200389	B450C	15.00

$$\square_{cp} \quad \text{tensione media di compressione [N/mmq]}$$

$$f_{cd}' = 0.5 * f_{cd}$$

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20 \text{ mm}$
	$w_2 = 0.30 \text{ mm}$
	$w_3 = 0.40 \text{ mm}$

Metodo di calcolo aperture delle fessure: NTC 2008-2018 - I° Formulazione

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$
	Quasi permanente $< 0.45 f_{ck}$

Combinazioni/Fase	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $[m/s^2]$	1.849	0.722
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.426	2.439
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.279	0.251
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	B	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (a)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.046	0.046
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (b)	0.624	0.624
Prodotto a b	$0.624 > 0.2$	
Coefficiente di intensità sismica (percento)	14.108	5.509
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (k_v)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

4.6 PALIFICATA A VALLE DELLA VASCA DI DISSIPAZIONE DELLA TRAVERSA ESISTENTE – area di lavoro n.1

4.6.1 Descrizione dell'opera

L'opera in progetto, per evitare l'instabilità geotecnica e proteggere dall'erosione il manufatto di dissipazione, si configura come una paratia di pali in c.a. avente sviluppo pari a circa 150 m.

I pali hanno diametro 80 cm, interasse 0,80 m., lunghezza variabile dai 8,20-5,65 m. a seconda della profondità del bedrock (decrescente fra la sponda in destra idraulica e quella in sinistra idraulica) e sono affiancati tra loro (186 in totale).

Per il collegamento dei predetti, in testa ai pali è previsto un cordolo rettangolare in c.a. di lati 4m di altezza x 1m e base.

4.6.2 Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico

I carichi permanenti (G) considerati sono:

- Peso proprio della paratia e del cordolo,
- Spinta attiva del terrapieno (vasca di dissipazione + materasso alluvionale sottostante) posto a tergo dell'opera,

Si è considerata l'azione sismica (E).

Non è stata inclusa la falda nel modello di analisi in quanto il terreno ghiaioso risulta completamente drenato, così come verrà adottata una fessurazione seppur minima fra i singoli pali per permettere alle pressioni interstiziali a tergo dell'opera di esaurirsi.

Nel modello utilizzato per le verifiche si è assunta un'erosione completa del materasso alluvionale al piede della palificata (che rimane quindi infissa solamente nel substrato roccioso): è stata adottata questa condizione al contorno estrema per simulare un reale processo erosivo, peraltro già in atto a valle della traversa, ad opera delle acque di piena del torrente in regime turbolento. Pertanto la verifica è stata eseguita a favore di sicurezza.

La seguente opera è stata modellata in due diversi sezioni, che rappresentano il progressivo abbassamento in termini stratigrafici del substrato roccioso: di seguito verranno presentati solamente i risultati delle analisi sulla sezione più "critica" dal punto di vista strutturale e geotecnico. La sezione è rappresentata da una fila di pali e cordolo soprastante di altezza complessiva di 12,2 m, con infissione nel bedrock di 4,5 m.

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.30	

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

4.6.3 Risultati

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y _{Pa} [m]	Is [kN]	Y _{Is} [m]	Pw [kN]	Y _{Pw} [m]	Pp [kN]	Y _{Pp} [m]	Pc [kN]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	141,09	5,20	--	--	--	--	-332,78	8,87	191,69	11,58
2	SLU - GEO	143,27	5,20	--	--	--	--	-337,93	8,87	194,66	11,58
3	SLV - GEO	121,33	5,19	59,37	5,13	--	--	-430,95	8,90	250,27	11,58
4	SLE - Rara	108,53	5,20	--	--	--	--	-255,98	8,87	147,46	11,58
5	SLE - Frequente	108,53	5,20	--	--	--	--	-255,98	8,87	147,46	11,58
6	SLE - Quasi permanente	108,53	5,20	--	--	--	--	-255,98	8,87	147,46	11,58
7	SLD	104,35	5,19	20,61	5,13	--	--	-295,22	8,87	170,27	11,58

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	Pp [m]
1	SLU - STR	7,70	8,20	10,36	0,00	16,63	1832,01
2	SLU - GEO	7,70	8,20	10,36	0,00	23,73	1379,70
3	SLV - GEO	7,70	8,45	10,37	6,59	30,35	1832,01
4	SLE - Rara	7,70	8,20	10,36	0,00	14,20	1832,01
5	SLE - Frequente	7,70	8,20	10,36	0,00	14,20	1832,01
6	SLE - Quasi permanente	7,70	8,20	10,36	0,00	14,20	1832,01
7	SLD	7,70	8,20	10,36	0,00	16,39	1832,01

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° *Indice della combinazione/fase*

Tipo *Tipo della combinazione/fase*

Y *ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]*

M *momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]*

N *sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)*

T *taglio massimo e minimo espresso in [kN]*

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	SLU - STR	453,42	8,65	141,09	7,70	186,06	12,20	MAX
		0,00	1,30	-191,69	10,35	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	460,44	8,65	143,27	7,70	186,06	12,20	MAX
		0,00	1,30	-194,66	10,35	0,00	0,00	MIN
3	SLV - GEO	588,26	8,70	180,69	7,70	186,06	12,20	MAX
		0,00	0,00	-250,27	10,35	0,00	0,00	MIN
4	SLE - Rara	348,78	8,65	108,53	7,70	186,06	12,20	MAX
		0,00	1,30	-147,46	10,35	0,00	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	348,78	8,65	108,53	7,70	186,06	12,20	MAX
		0,00	1,30	-147,46	10,35	0,00	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	348,78	8,65	108,53	7,70	186,06	12,20	MAX
		0,00	1,30	-147,46	10,35	0,00	0,00	MIN
7	SLD	402,88	8,65	124,96	7,70	186,06	12,20	MAX
		0,00	12,20	-170,27	10,35	0,00	0,00	MIN

VERIFICHE GEO – SLV e SLU

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° *Indice della combinazione/fase*

Tipo *Tipo della combinazione/fase*

S *Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]*

R *Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]*

W *Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]*

T *Reazione tiranti espresso in [kN]*

P *Reazione puntoni espresso in [kN]*

V *Reazione vincoli espresso in [kN]*

C *Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]*

Y *Punto di applicazione, espresso in [m]*

Mr *Momento ribaltante, espresso in [kNm]*

Ms *Momento stabilizzante, espresso in [kNm]*

FS_{RIB} *Fattore di sicurezza a ribaltamento*

FS_{SCO} *Fattore di sicurezza a scorrimento*

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{RIB}	FS _{SC} o
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
3	SLV - GEO	227,86 5,18	1951,70 10,16	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1271,75	3971,95	3.123	10.76 7

Stabilità globale

Simbologia adottata

n° *Indice della combinazione/fase*

Tipo *Tipo della combinazione/fase*

(X_C; Y_C) *Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]*

R *Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]*

(X_V; Y_V) *Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]*

(X_M; Y_M) *Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]*

FS *Coefficiente di sicurezza*

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _C , Y _C	R	X _V , Y _V	X _M , Y _M	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	SLU - GEO	-1,22; 2,44	14,69	-11,86; -7,69	13,28; 0,00	4.798
3	SLV - GEO	0,00; 7,32	19,52	-12,48; -7,69	18,11; 0,00	5.005

VERIFICHE STR – SLV e SLU

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n° *numero d'ordine della sezione*

Y *ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]*

A_f *area di armatura del palo espressa in [cmq]*

M *momento flettente agente sul palo espresso in [kNm]*

N *sforzo normale agente sul palo espresso in [kN] (positivo di compressione)*

M_u *momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]*

N_u *sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]*

Fs *coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)*

n° - Tipo	Y	A _f	M	N	M _u	N _u	FS
	[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
3 - SLV - GEO	8,70	40,21	475,36	107,22	497,08	112,11	1.046

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A_{sw}	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V_{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente, espresso in [kN]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato $B = 68,28$ cm

n° - Tipo	Y [m]	A_{sw} [cmq]	s [cm]	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	FS
3 - SLV - GEO	10,35	1,57	15,00	-202,23	555,81	2.748

VERIFICHE STR – SLE e SLD

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura espressa in [cmq]
s_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
s_f	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A_f [cmq]	s_c [kPa]	cmb	s_f [kPa]	cmb
40,21	12048	7	305595	4

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kNm]
M_f	Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
e_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
w_{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]

w_k Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M _f	s	e _{sm}	w _{lim}	w _k
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	7 - SLD	8,65	325,56	147,29	284,538	0.1526	0,200	0,738

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase

Tipo Tipo combinazione/Fase

U_{lim} spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]

U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U _{lim}	U
		[cm]	[cm]
4	SLE - Rara	4,5750	2,5513
5	SLE - Frequente	4,5750	2,5513
6	SLE - Quasi permanente	4,5750	2,5513
7	SLD	4,5750	2,9479

Verifica SLU e SLV della sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale

T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale

M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale

T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

M_h=115,65 [kNm]	M_{uh}=715,88 [kNm]	FS=6.19
T_h=231,29 [kN]	T_{Rh}=262,77 [kN]	FS_T=1.14
M_v=23,54 [kNm]	M_{uv}=1133,22 [kNm]	FS=48.15
T_v=58,84 [kN]	T_R=815,96 [kN]	FS_{TV}=13.87

4.7 PALIFICATA A MONTE TRAVERSA ESISTENTE (TANGENTE) – area di lavoro n.1

4.7.1 Descrizione dell'opera

L'opera in progetto, a sostegno del manufatto di sbarramento assieme ad un secondo corso di pali secanti (verificati al punto 4.8), si configura come una paratia di pali in c.a. avente sviluppo pari a circa 120 m. I pali hanno diametro 80 cm, interasse 1,20 m., lunghezza di 4,5 m. e sono affiancati tra loro (100 in totale).

Per il collegamento dei predetti, è previsto una soletta in c.a. di altezza 1m che ospiterà il manufatto di contenimento gonfiabile. Questa soletta è collegata strutturalmente ad una seconda palificata (secante) a monte di quella analizzata di seguito.

4.7.2 Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico

I carichi permanenti (G) considerati sono:

- Peso proprio della paratia.
- Peso proprio della soletta in c.a. e del manufatto di contenimento.
- Spinta attiva del terrapieno posto a tergo dell'opera (materasso alluvionale).
- Spinta idrostatica del bacino di invaso in fase operativa del manufatto di contenimento.

Si è considerata l'azione sismica (E).

La seguente sezione di progetto è stata modellata considerando due fattori a contesto:

- Il peso proprio (sforzo normale) della soletta e del manufatto in testa palo è stato suddiviso equamente fra l'opera in oggetto e la seconda paratia collegata strutturalmente alla soletta, e posizionata a circa 2,5 m a monte.
- La spinta idrostatica del bacino invasato si scarica direttamente sul manufatto gonfiabile di contenimento: essendo quest'ultimo collegato strutturalmente alla soletta, a sua volta collegata alla palificata in oggetto che la sorregge (insieme a quella del paragrafo successivo), la spinta dell'acqua si scarica indirettamente su quest'ultime opere di fondazione.

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

4.7.3 Risultati

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Pa Spinta attiva, espressa in [kN]

Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]

Pw Spinta della falda, espressa in [kN]

Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]

Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y _{Pa} [m]	Is [kN]	Y _{Is} [m]	Pw [kN]	Y _{Pw} [m]	Pp [kN]	Y _{Pp} [m]	Pc [kN]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	0,03	0,06	--	--	--	--	-19,89	1,28	5,24	4,87
2	SLU - GEO	0,03	0,06	--	--	--	--	-15,38	1,30	4,11	4,87
3	SLV - GEO	-0,03	0,07	0,06	0,07	--	--	-15,33	1,29	4,05	4,87
4	SLE - Rara	0,02	0,06	--	--	--	--	-15,30	1,28	4,03	4,87
5	SLE - Frequente	0,02	0,06	--	--	--	--	-15,30	1,28	4,03	4,87
6	SLE - Quasi permanente	0,02	0,06	--	--	--	--	-15,30	1,28	4,03	4,87
7	SLD	0,00	0,04	0,02	0,07	--	--	-15,31	1,28	4,04	4,87

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]

P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]

C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]

MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]

R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	Pp [m]
1	SLU - STR	0,11	0,25	3,61	2,75	1,78	2846,77
2	SLU - GEO	0,11	0,30	3,61	3,67	2,39	2026,53
3	SLV - GEO	0,11	0,25	3,61	2,75	1,78	2846,77
4	SLE - Rara	0,11	0,25	3,61	2,75	1,78	2846,77
5	SLE - Frequente	0,11	0,25	3,61	2,75	1,78	2846,77
6	SLE - Quasi permanente	0,11	0,25	3,61	2,75	1,78	2846,77
7	SLD	0,11	0,25	3,61	2,75	1,78	2846,77

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

<i>n°</i>	<i>Indice della combinazione/fase</i>
<i>Tipo</i>	<i>Tipo della combinazione/fase</i>
<i>Y</i>	<i>ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]</i>
<i>M</i>	<i>momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]</i>
<i>N</i>	<i>sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)</i>
<i>T</i>	<i>taglio massimo e minimo espresso in [kN]</i>

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	SLU - STR	12,99	1,80	14,65	0,10	137,17	5,50	MAX
		0,00	0,00	-5,24	3,60	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	10,17	1,80	11,28	0,10	118,42	5,50	MAX
		0,00	5,50	-4,11	3,60	0,00	0,00	MIN
3	SLV - GEO	10,04	1,80	11,28	0,10	118,42	5,50	MAX
		0,00	5,50	-4,05	3,60	0,00	0,00	MIN
4	SLE - Rara	9,99	1,80	11,27	0,10	118,42	5,50	MAX
		0,00	0,00	-4,03	3,60	0,00	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	9,99	1,80	11,27	0,10	118,42	5,50	MAX
		0,00	0,00	-4,03	3,60	0,00	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	9,99	1,80	11,27	0,10	118,42	5,50	MAX
		0,00	0,00	-4,03	3,60	0,00	0,00	MIN
7	SLD	10,01	1,80	11,27	0,10	118,42	5,50	MAX
		0,00	5,50	-4,04	3,60	0,00	0,00	MIN

VERIFICHE GEO – SLU e SLV

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

<i>n°</i>	<i>Indice della combinazione/fase</i>
<i>Tipo</i>	<i>Tipo della combinazione/fase</i>
<i>S</i>	<i>Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]</i>
<i>R</i>	<i>Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]</i>
<i>W</i>	<i>Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]</i>
<i>T</i>	<i>Reazione tiranti espresso in [kN]</i>
<i>P</i>	<i>Reazione puntoni espresso in [kN]</i>
<i>V</i>	<i>Reazione vincoli espresso in [kN]</i>
<i>C</i>	<i>Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]</i>
<i>Y</i>	<i>Punto di applicazione, espresso in [m]</i>
<i>Mr</i>	<i>Momento ribaltante, espresso in [kNm]</i>
<i>Ms</i>	<i>Momento stabilizzante, espresso in [kNm]</i>
<i>FS_{RIB}</i>	<i>Fattore di sicurezza a ribaltamento</i>
<i>FS_{SCO}</i>	<i>Fattore di sicurezza a scorrimento</i>
<i>I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.</i>	
<i>La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.</i>	

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{RI} B	FS _{SC} O
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
2	SLU - GEO	83,47 3,73	901,54 3,77	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	11,25 0,00	200,05	1562,94	7.81 3	10.0 78

Stabilità globale

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _C , Y _C	R	X _V , Y _V	X _M , Y _M	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	SLU - GEO	-2,20; 4,40	10,14	-11,24; -0,19	6,95; 0,00	56.455
3	SLV - GEO	-1,65; 4,95	10,58	-10,89; -0,19	7,71; 0,00	10.055

VERIFICHE STR – SLU e SLV

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione

Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]

A_f area di armatura del palo espressa in [cmq]

M momento flettente agente sul palo espresso in [kNm]

N sforzo normale agente sul palo espresso in [kN] (positivo di compressione)

M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]

N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]

F_s coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	A _f	M	N	M _u	N _u	FS
	[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
3 - SLV - GEO	0,00	32,17	0,00	98,48	0,00	- 1258,82	12.782

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A_{sw}	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V_{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente, espresso in [kN]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato $B = 68,28$ cm

n° - Tipo	Y	A_{sw}	s	V_{Ed}	V_{Rd}	FS
	[m]	[cmq]	[cm]	[kN]	[kN]	
3 - SLV - GEO	0,10	1,57	15,00	17,76	601,91	33.896

VERIFICHE STR – SLE e SLD

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura espressa in [cmq]
s_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
s_f	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A_f	s_c	cmb	s_f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
32,17	391	7	5486	4

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kNm]
M_f	Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
e_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]

w_{lim} Apertura limite fessure, espressa in [mm]

w_k Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M_f	s	e_{sm}	w_{lim}	w_k
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	7 - SLD	1,80	12,13	148,85	0,000	0.0000	0,300	0,000

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase

Tipo Tipo combinazione/Fase

U_{lim} spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]

U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U _{lim}	U
		[cm]	[cm]
4	SLE - Rara	4,5750	0,0581
5	SLE - Frequente	4,5750	0,0581
6	SLE - Quasi permanente	4,5750	0,0581
7	SLD	4,5750	0,0582

Verifica SLU e SLV della sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale

T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale

M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale

T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

$M_h=0,05$ [kNm]	$M_{uh}=1180,99$ [kNm]	FS=25134.80
$T_h=0,09$ [kN]	$T_{Rh}=536,60$ [kN]	FS_T=5710.16
$M_v=17,65$ [kNm]	$M_{uv}=1180,99$ [kNm]	FS=66.90
$T_v=29,42$ [kN]	$T_R=536,60$ [kN]	FS_{Tv}=18.24

4.8 PALIFICATA IMPERMEABILE A MONTE TRAVERSA ESISTENTE (SECANTE) - area di lavoro n.1

4.8.1 Descrizione dell'opera

L'opera in progetto, a sostegno del manufatto di sbarramento assieme ad un primo corso di pali tangenti (verificati al punto 4.7), si configura come una paratia di pali in c.a. avente sviluppo pari a circa 120 m. I pali hanno diametro 80 cm, interasse 0,70 m., lunghezza variabile dai 7.50-10.3 m. a seconda della profondità del bedrock (decrescente fra la sponda in destra idraulica e quella in sinistra idraulica) e sono affiancati tra loro (272 in totale).

Per il collegamento dei predetti, è previsto in testa ai pali è previsto un cordolo rettangolare in c.a. di lati 1.5 m di altezza x 1 m di larghezza a sua volta collegato strutturalmente ad una soletta in c.a. di altezza 1m che ospiterà il manufatto di contenimento gonfiabile. Questa soletta è collegata strutturalmente ad una prima palificata (tangente) a valle di quella analizzata di seguito.

4.8.2 Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico

I carichi permanenti (G) considerati sono:

- Peso proprio della paratia.
- Peso proprio della soletta in c.a. e del manufatto di contenimento.
- Spinta idrostatica della falda a tergo della paratia.
- Spinta attiva del terrapieno posto a tergo dell'opera (materasso alluvionale).
- Spinta idrostatica del bacino di invaso in fase operativa del manufatto di contenimento.

Si è considerata l'azione sismica (E).

La seguente sezione di progetto è stata modellata considerando due fattori a contesto:

- Il peso proprio (sforzo normale) della soletta e del manufatto in testa palo è stato suddiviso equamente fra l'opera in oggetto e la seconda paratia collegata strutturalmente alla soletta, e posizionata a circa 2,5 m a monte.
- La spinta idrostatica del bacino invaso si scarica direttamente sul manufatto gonfiabile di contenimento: essendo quest'ultimo collegato strutturalmente alla soletta, a sua volta collegata alla palificata in oggetto che la sorregge (insieme a quella del punto precedente), la spinta dell'acqua si scarica indirettamente su quest'ultime opere di fondazione.
- La seguente opera è stata modellata in due diversi sezioni, che rappresentano il progressivo abbassamento in termini stratigrafici del substrato roccioso: di seguito verranno presentati solamente i risultati delle analisi sulla sezione più "critica" dal punto di vista strutturale e geotecnico.
- Dato che solo metà dei pali costituenti la paratia saranno effettivamente armati, ai fini strutturali sono stati considerati soltanto quest'ultimi nelle analisi: il modello presenta un interasse tra pali di 1,4 m.

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Carichi (Cordolo+spinta acqua)	SFAV	1.00	1.00

4.8.3 Risultati

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

P_a Spinta attiva, espressa in [kN]

I_s Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]

P_w Spinta della falda, espressa in [kN]

P_p Resistenza passiva, espressa in [kN]

P_c Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_a	Y_{Pa}	I_s	Y_{Is}	P_w	Y_{Pw}	P_p	Y_{Pp}	P_c	Y_{Pc}
		[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]
1	SLU - STR	0,02	0,06	--	--	673,52	7,81	-688,17	7,65	0,00	0,00
2	SLU - GEO	0,01	0,06	--	--	673,52	7,81	-684,79	7,68	0,00	0,00
3	SLV - GEO	-0,02	0,07	0,03	0,07	673,52	7,81	-684,79	7,68	0,00	0,00
4	SLE - Rara	0,01	0,06	--	--	673,52	7,81	-684,78	7,68	0,00	0,00
5	SLE - Frequente	0,01	0,06	--	--	673,52	7,81	-684,78	7,68	0,00	0,00
6	SLE - Quasi permanente	0,01	0,06	--	--	673,52	7,81	-684,78	7,68	0,00	0,00
7	SLD	0,00	0,04	0,01	0,07	673,52	7,81	-684,79	7,68	0,00	0,00

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]

P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]

C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]

MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]

R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

P_p Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	P_p
		[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[m]
1	SLU - STR	0,10	11,15	-11,52	1,29	10,47	3527,59
2	SLU - GEO	0,11	11,15	-11,52	2,15	17,31	2452,75
3	SLV - GEO	0,11	11,15	-11,52	1,72	13,25	3527,59
4	SLE - Rara	0,10	11,15	-11,52	1,29	13,25	3527,59
5	SLE - Frequente	0,10	11,15	-11,52	1,29	13,25	3527,59
6	SLE - Quasi permanente	0,10	11,15	-11,52	1,29	13,25	3527,59
7	SLD	0,10	11,15	-11,52	1,29	13,25	3527,59

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° *Indice della combinazione/fase*

Tipo *Tipo della combinazione/fase*

Y *ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]*

M *momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]*

N *sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)*

T *taglio massimo e minimo espresso in [kN]*

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	SLU - STR	14,13	1,90	52,79	11,05	183,56	11,72	MAX
		-63,83	9,15	-18,05	6,65	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	10,96	1,85	52,79	11,05	164,81	11,72	MAX
		-63,91	9,10	-17,58	6,70	0,00	0,00	MIN
3	SLV - GEO	10,73	1,85	52,79	11,05	164,81	11,72	MAX
		-63,92	9,10	-17,55	6,70	0,00	0,00	MIN
4	SLE - Rara	10,69	1,85	52,79	11,05	164,81	11,72	MAX
		-63,92	9,10	-17,54	6,70	0,00	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	10,69	1,85	52,79	11,05	164,81	11,72	MAX
		-63,92	9,10	-17,54	6,70	0,00	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	10,69	1,85	52,79	11,05	164,81	11,72	MAX
		-63,92	9,10	-17,54	6,70	0,00	0,00	MIN
7	SLD	10,70	1,85	52,79	11,05	164,81	11,72	MAX
		-63,92	9,10	-17,54	6,70	0,00	0,00	MIN

VERIFICHE GEO – SLV E SLU

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]

R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]

W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]

T Reazione tiranti espresso in [kN]

P Reazione puntoni espresso in [kN]

V Reazione vincoli espresso in [kN]

C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]

Y Punto di applicazione, espresso in [m]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento

FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS_{RIB}	FS_{SCO}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
2	SLU - GEO	192,31 7,38	4224,5 2 8,02	673,52 7,81	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	11,25 0,00	3544,55	15620,9 2	4.407	4.884

Stabilità globale

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C ; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_V ; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X_M ; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X_C , Y_C	R	X_V , Y_V	X_M , Y_M	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	SLU - GEO	0,00; 0,00	11,72	-11,72; 0,00	11,72; 0,00	20.218
3	SLV - GEO	0,00; 10,55	18,39	-14,90; -0,23	15,08; 0,00	8.290

VERIFICHE STR – SLV E SLU

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura del palo espressa in [cmq]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kNm]
N	sforzo normale agente sul palo espresso in [kN] (positivo di compressione)
M_u	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
N_u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
F_s	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	A _f	M	N	M _u	N _u	F _S
	[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
3 - SLV - GEO	9,05	32,17	-90,18	199,76	-815,09	1805,58	9.039

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A_{sw}	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V_{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente, espresso in [kN]
F_S	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato $B = 68,28$ cm

n° - Tipo	Y	A _{sw}	s	V _{Ed}	V _{Rd}	F _S
	[m]	[cmq]	[cm]	[kN]	[kN]	
3 - SLV - GEO	11,05	1,57	15,00	74,53	601,91	8.077

VERIFICHE STR – SLE E SLD

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura espressa in [cmq]
s_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
s_f	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A_f	s_c	cmb	s_f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
32,17	2972	6	59698	4

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kNm]
M_f	Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
e_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
w_{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
w_k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M_f	s	e_{sm}	w_{lim}	w_k
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	5 - SLE - Frequente	9,10	-90,24	-148,85	0,000	0.0000	0,400	0,000

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione/Fase
Tipo	Tipo combinazione/Fase
U_{lim}	spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U	spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U_{lim}	U
		[cm]	[cm]
4	SLE - Rara	5,81	0,2705
5	SLE - Frequente	5,81	0,2705
6	SLE - Quasi permanente	5,81	0,2705
7	SLD	5,81	0,2705

Verifica SLU e SLV della sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale

T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale

M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale

T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

M_h=0,04 [kNm]	M_{uh}=2288,72 [kNm]	FS=61178.87
T_h=0,07 [kN]	T_{Rh}=536,60 [kN]	FS_T=7171.80
M_v=48,08 [kNm]	M_{uv}=4689,61 [kNm]	FS=97.54
T_v=68,68 [kN]	T_R=1090,34 [kN]	FS_{Tv}=15.88

4.9 PALIFICATA DI SOSTEGNO ALLA BRIGLIA DI PROGETTO – area di lavoro n.2

4.9.1 Descrizione dell'opera

L'opera in progetto, a sostegno della briglia in progetto a monte dell'attuale traversa assieme ad un secondo corso di pali (verificati al punto 4.10), si configura come una paratia di pali in c.a. avente sviluppo pari a circa 142 m. I pali hanno diametro 80 cm, interasse 0.9 m., lunghezza di circa* 6.0 m. e sono affiancati tra loro (158 in totale).

*N.B. Nell'area di intervento 2 l'andamento ipotetico del tetto del substrato è stato analizzato (mediante carotaggi e tomografia sismica) e ricostruito in modo da rispecchiare il più fedelmente la realtà: purtroppo in questo punto il substrato presenta una complessa struttura che richiederà ulteriori approfondimenti in fase esecutiva per una sua maggiore definizione. Per adesso viene arbitrariamente fissata una lunghezza media dei pali di 6m a favore di sicurezza.

Per il collegamento dei predetti, in testa ai pali è previsto un cordolo rettangolare in c.a. di lati 3 m di altezza x 1 m di base.

4.9.2 Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico

I carichi permanenti (G) considerati sono:

- Peso proprio della paratia e del cordolo
- Spinta attiva del manufatto (briglia) e del materasso alluvionale posti a tergo dell'opera (aventi parametri geotecnici simili e modellati quindi come un'unica struttura)
- Spinta idrostatica della falda a tergo dell'opera

Si è considerata l'azione sismica (E).

La seguente sezione di progetto è stata modellata considerando due fattori a contesto:

- Nel modello utilizzato per le verifiche si è assunta un'erosione parziale di 3 m del materasso alluvionale a valle palificata: è stata adottata questa condizione al contorno per simulare un reale processo erosivo ipotizzabile e osservato al piede delle tradizionali briglie fluviali, ad opera delle acque di piena del torrente in regime turbolento. Pertanto, la verifica è stata eseguita a favore di sicurezza.
- La seguente opera è stata modellata in diverse sezioni aventi profondità del substrato roccioso variabile: di seguito vengono riportati i risultati della sezione più critica, ovvero quella che presenta una minor infissione nel bedrock a causa di una sua maggiore profondità.

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.30	

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

4.9.3 Risultati

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Pa Spinta attiva, espressa in [kN]

Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]

Pw Spinta della falda, espressa in [kN]

Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]

Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y _{Pa} [m]	Is [kN]	Y _{Is} [m]	Pw [kN]	Y _{Pw} [m]	Pp [kN]	Y _{Pp} [m]	Pc [kN]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	16,50	2,05	--	--	220,65	5,20	-283,65	5,58	46,50	8,64
2	SLU - GEO	14,35	2,09	--	--	220,65	5,20	-353,22	6,22	118,21	8,62
3	SLV - GEO	13,30	2,16	5,57	2,00	220,65	5,20	-368,34	6,24	128,82	8,62
4	SLE - Rara	10,55	2,05	--	--	220,65	5,20	-297,53	5,85	66,32	8,63
5	SLE - Frequente	10,55	2,05	--	--	220,65	5,20	-297,53	5,85	66,32	8,63
6	SLE - Quasi permanente	10,55	2,05	--	--	220,65	5,20	-297,53	5,85	66,32	8,63
7	SLD	10,35	2,06	1,69	2,00	220,65	5,20	-301,85	5,86	69,16	8,63

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]

P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]

C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]

MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]

R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	Pp [m]
1	SLU - STR	3,15	6,55	7,93	22,31	11,61	4453,01
2	SLU - GEO	3,27	6,55	7,86	47,11	26,31	2851,31
3	SLV - GEO	3,33	6,55	7,86	47,93	27,72	4453,01
4	SLE - Rara	3,15	6,55	7,89	33,06	15,03	4453,01
5	SLE - Frequente	3,15	6,55	7,89	33,06	15,03	4453,01
6	SLE - Quasi permanente	3,15	6,55	7,89	33,06	15,03	4453,01
7	SLD	3,17	6,55	7,89	33,88	15,32	4453,01

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° *Indice della combinazione/fase*

Tipo *Tipo della combinazione/fase*

Y *ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]*

M *momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]*

N *sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)*

T *taglio massimo e minimo espresso in [kN]*

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	SLU - STR	171,71	5,25	71,24	3,55	77,64	9,00	MAX
		0,00	9,00	-83,99	7,55	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	258,61	6,45	78,84	4,15	77,64	9,00	MAX
		0,00	0,00	-154,65	7,70	0,00	0,00	MIN
3	SLV - GEO	275,90	6,45	83,17	4,15	77,64	9,00	MAX
		0,00	0,00	-165,35	7,70	0,00	0,00	MIN
4	SLE - Rara	190,54	5,70	68,68	3,80	77,64	9,00	MAX
		0,00	9,00	-103,48	7,60	0,00	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	190,54	5,70	68,68	3,80	77,64	9,00	MAX
		0,00	9,00	-103,48	7,60	0,00	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	190,54	5,70	68,68	3,80	77,64	9,00	MAX
		0,00	9,00	-103,48	7,60	0,00	0,00	MIN
7	SLD	195,70	5,70	70,17	3,80	77,64	9,00	MAX
		0,00	0,00	-106,41	7,60	0,00	0,00	MIN

VERIFICHE GEO – SLU e SLV

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]

R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]

W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]

T Reazione tiranti espresso in [kN]

P Reazione puntoni espresso in [kN]

V Reazione vincoli espresso in [kN]

C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]

Y Punto di applicazione, espresso in [m]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento

FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS_{RIB}	FS_{SCO}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
3	SLV - GEO	71,98 4,17	1812,6 2 7,53	220,65 5,20	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1153,87	2668,44	2.31 3	6.34 0

Stabilità globale

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

$(X_C; Y_C)$ Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

$(X_V; Y_V)$ Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

$(X_M; Y_M)$ Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X_C, Y_C	R	X_V, Y_V	X_M, Y_M	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	SLU - GEO	-0,90; 8,10	13,13	-7,93; -2,99	9,45; 0,00	5.555

n°	Tipo	X _c , Y _c	R	X _v , Y _v	X _M , Y _M	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
3	SLV - GEO	-0,90; 8,10	13,13	-7,93; -2,99	9,45; 0,00	4.457

VERIFICHE STR – SLU e SLV

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

<i>n°</i>	<i>numero d'ordine della sezione</i>
<i>Y</i>	<i>ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]</i>
<i>A_f</i>	<i>area di armatura del palo espressa in [cmq]</i>
<i>M</i>	<i>momento flettente agente sul palo espresso in [kNm]</i>
<i>N</i>	<i>sforzo normale agente sul palo espresso in [kN] (positivo di compressione)</i>
<i>M_u</i>	<i>momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]</i>
<i>N_u</i>	<i>sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]</i>
<i>FS</i>	<i>coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)</i>

n° - Tipo	Y	A _f	M	N	M _u	N _u	FS
	[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
3 - SLV - GEO	6,45	34,18	394,14	79,49	429,36	86,59	1.089

Verifica a taglio

Simbologia adottata

<i>n°</i>	<i>numero d'ordine della sezione</i>
<i>Tipo</i>	<i>Tipo della Combinazione/Fase</i>
<i>Y</i>	<i>ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]</i>
<i>A_{sw}</i>	<i>area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]</i>
<i>s</i>	<i>interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]</i>
<i>V_{Ed}</i>	<i>taglio agente sul palo, espresso in [kN]</i>
<i>V_{Rd}</i>	<i>taglio resistente, espresso in [kN]</i>
<i>FS</i>	<i>coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/ V_{Ed})</i>

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y	A _{sw}	s	V _{Ed}	V _{Rd}	FS
	[m]	[cmq]	[cm]	[kN]	[kN]	
3 - SLV - GEO	7,70	1,57	15,00	-236,22	555,81	2.353

VERIFICHE STR – SLE e SLD

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura espressa in [cmq]
s_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
s_f	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A_f	s_c	cmb	s_f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
34,18	11223	7	351979	4

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Oggetto Muro/Paratia

Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kNm]
M_f	Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
e_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
w_{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
w_k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M_f	s	e_{sm}	w_{lim}	w_k
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	7 - SLD	5,65	279,42	144,60	289,564	0.1490	0,200	0,733

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione/Fase
Tipo	Tipo combinazione/Fase
U_{lim}	spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U	spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U_{lim}	U
		[cm]	[cm]
4	SLE - Rara	3,0000	1,7528

n°	Tipo	U _{lim}	U
		[cm]	[cm]
5	SLE - Frequente	3,0000	1,7528
6	SLE - Quasi permanente	3,0000	1,7528
7	SLD	3,0000	1,8007

Verifica SLU e SLV della sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale

T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale

M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale

T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

M_h=27,16 [kNm]	M_{uh}=3168,29 [kNm]	FS=116.64
T_h=54,33 [kN]	T_{Rh}=1788,66 [kN]	FS_T=32.92
M_v=52,96 [kNm]	M_{uv}=10242,08 [kNm]	FS=193.40
T_v=88,26 [kN]	T_R=5476,62 [kN]	FS_{TV}=62.05

4.10 PALIFICATA DI SOSTEGNO ALLA BRIGLIA DI PROGETTO – area di lavoro n.2

4.10.1 Descrizione dell'opera

L'opera in progetto, a sostegno della briglia in progetto a monte dell'attuale traversa assieme ad un primo corso di pali (verificati al punto 4.9), si configura come una paratia di pali in c.a. avente sviluppo pari a circa 270 m. I pali hanno diametro 80 cm, interasse 1,20 m lunghezza variabile dai 5,70-10,0 m a seconda della profondità del bedrock (decescente fra la sponda in destra idraulica e quella in sinistra idraulica) e sono affiancati tra loro (225 in totale).

Per il collegamento dei predetti, in testa ai pali è previsto un cordolo di geometria varia (varie altezze di gaveta e spalle, al fine di contenere vari livelli di piena) in c.a. di altezza media 3,0 m (avente tratti fino a 5,8 m) e spessore 1,0 m .

4.10.2 Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico

I carichi permanenti (G) considerati sono:

- Peso proprio della paratia e del cordolo
- Spinta attiva del materasso alluvionale posti a tergo dell'opera
- Spinta idrostatica della falda a tergo dell'opera

Si è considerata l'azione sismica (E).

La seguente sezione di progetto è stata modellata considerando due fattori a contesto:

- Nel modello utilizzato per le verifiche si è inserito uno strato di 3m a monte del cordolo per rappresentare l'eventuale piena del fiume che insiste proprio sulla parte sommitale dell'opera in progetto.
- Si è inoltre omesso di inserire nel modello di analisi il corpo della briglia a valle della palificata: non costituendo un potenziale elemento di supporto le verifiche sono state condotte a favore di sicurezza.
- La seguente opera è stata modellata in diverse sezioni aventi profondità del substrato roccioso variabile: di seguito vengono riportati i risultati della sezione più critica, ovvero quella che presenta una minor infissione nel bedrock a causa di una sua maggiore profondità.

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.30	

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

4.10.3 Risultati

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
		[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]
1	SLU - STR	0,00	0,00	--	--	338,33	7,22	-338,33	7,22	0,00	0,00
2	SLU - GEO	0,00	0,00	--	--	338,33	7,22	-338,33	7,22	0,00	0,00
3	SLV - GEO	0,00	0,00	0,00	2,00	338,33	7,22	-338,33	7,22	0,00	0,00
4	SLE - Rara	0,00	0,00	--	--	338,33	7,22	-338,33	7,22	0,00	0,00
5	SLE - Frequente	0,00	0,00	--	--	338,33	7,22	-338,33	7,22	0,00	0,00
6	SLE - Quasi permanente	0,00	0,00	--	--	338,33	7,22	-338,33	7,22	0,00	0,00
7	SLD	0,00	0,00	0,00	2,00	338,33	7,22	-338,33	7,22	0,00	0,00

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P _{NUL}	P _{INV}	C _{ROT}	MP	R/R _{MAX}	Pp
		[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[m]
1	SLU - STR	3,00	4,20	-7,00	9,45	6,49	4977,57
2	SLU - GEO	3,00	5,50	-7,00	22,39	10,89	3141,71
3	SLV - GEO	3,00	5,50	-7,00	22,39	10,88	4977,57
4	SLE - Rara	3,00	4,85	-7,00	15,92	8,17	4977,57
5	SLE - Frequente	3,00	4,85	-7,00	15,92	8,17	4977,57
6	SLE - Quasi permanente	3,00	4,85	-7,00	15,92	8,17	4977,57
7	SLD	3,00	4,85	-7,00	15,92	8,17	4977,57

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	SLU - STR	115,09	5,05	52,57	3,45	136,18	13,00	MAX
		0,00	0,00	-28,60	7,05	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	166,51	5,85	57,84	3,85	136,18	13,00	MAX
		0,00	0,00	-37,98	7,80	0,00	0,00	MIN
3	SLV - GEO	166,18	5,85	57,81	3,85	136,18	13,00	MAX
		0,00	13,00	-37,92	7,80	0,00	0,00	MIN
4	SLE - Rara	139,43	5,40	54,95	3,65	136,18	13,00	MAX
		0,00	13,00	-33,09	7,40	0,00	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	139,43	5,40	54,95	3,65	136,18	13,00	MAX
		0,00	13,00	-33,09	7,40	0,00	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	139,43	5,40	54,95	3,65	136,18	13,00	MAX
		0,00	13,00	-33,09	7,40	0,00	0,00	MIN
7	SLD	139,43	5,40	54,95	3,65	136,18	13,00	MAX
		0,00	13,00	-33,09	7,40	0,00	0,00	MIN

VERIFICHE GEO – SLU e SLV

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]

R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]

W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]

T Reazione tiranti espresso in [kN]

P Reazione puntoni espresso in [kN]

V Reazione vincoli espresso in [kN]

C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]

Y Punto di applicazione, espresso in [m]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento

FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{RIB}	FS _{SCO}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
2	SLU - GEO	68,95 7,42	3249,79 10,45	338,33 7,22	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	2316,63	8287,37	3.577	8.065

Stabilità globale

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _C , Y _C	R	X _V , Y _V	X _M , Y _M	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	SLU - GEO	0,00; 11,70	18,03	-10,46; -2,99	13,73; 0,00	10.187
3	SLV - GEO	0,00; 11,70	21,37	-15,52; -2,99	17,89; 0,00	5.780

VERIFICHE STR – SLU e SLV

Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura del palo espressa in [cmq]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kNm]
N	sforzo normale agente sul palo espresso in [kN] (positivo di compressione)
M_u	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
N_u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
F_s	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	A _f	M	N	M _u	N _u	F _S
	[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
3 - SLV - GEO	5,80	32,17	195,85	71,48	424,48	154,91	2.167

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A_{sw}	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V_{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente, espresso in [kN]
F_S	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato $B = 68,28$ cm

n° - Tipo	Y	A _{sw}	s	V _{Ed}	V _{Rd}	F _S
	[m]	[cmq]	[cm]	[kN]	[kN]	
3 - SLV - GEO	3,85	1,57	15,00	68,05	555,81	8.167

VERIFICHE STR – SLE e SLD

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura espressa in [cmq]
s_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
s_f	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A_f	s_c	cmb	s_f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
32,17	6738	7	214968	4

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kNm]
M_f	Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
e_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
w_{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
w_k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M_f	s	e_{sm}	w_{lim}	w_k
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	6 - SLE - Quasi permanente	5,35	163,93	143,71	293,973	0.0543	0,200	0,272

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione/Fase
Tipo	Tipo combinazione/Fase
U_{lim}	spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U	spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U_{lim}	U
		[cm]	[cm]
1	SLU - STR	5,5000	0,6867
2	SLU - GEO	5,5000	1,0780
3	SLV - GEO	5,5000	1,0751
4	SLE - Rara	5,5000	0,8596
5	SLE - Frequente	5,5000	0,8596
6	SLE - Quasi permanente	5,5000	0,8596
7	SLD	5,5000	0,8596

Verifica SLU e SLV della sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale

T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale

M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale

T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

M_h=0,00 [kNm]	M_{uh}=0,00 [kNm]	FS=1000.00
T_h=0,00 [kN]	T_{Rh}=437,53 [kN]	FS_T=1000.00
M_v=47,66 [kNm]	M_{uv}=9129,38 [kNm]	FS=191.55
T_v=79,44 [kN]	T_R=1493,62 [kN]	FS_{TV}=18.80

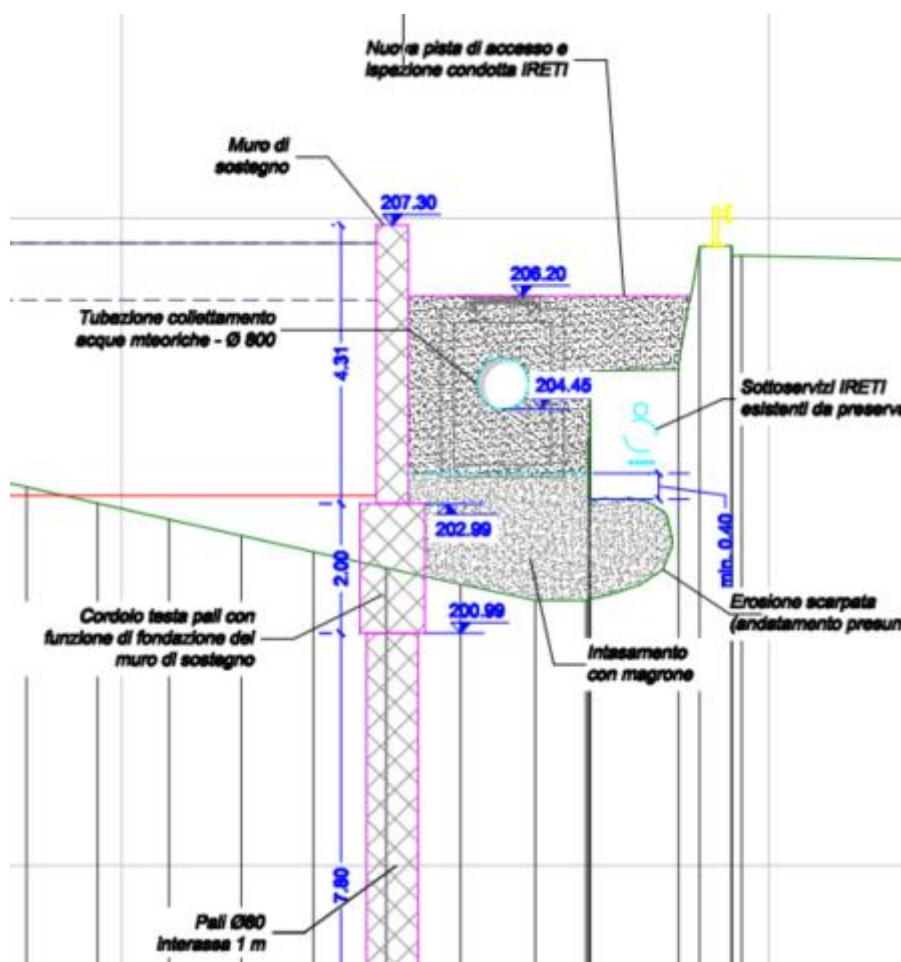
4.11 PALIFICATA A VALLE DELLA SP 513 R – area di lavoro n.4

4.11.1 Descrizione dell'opera

L'opera in progetto, sita a valle dell'attuale rilevato stradale SP 513 R, si configura come una paratia di pali tangenti in c.a. avente sviluppo pari a circa 180 m. I pali hanno diametro 80 cm, interasse 100 cm e una lunghezza di circa 7,80 m.

Per il collegamento dei predetti, in testa ai pali è previsto un cordolo in c.a. di altezza 2,0 m e spessore 1,0 m.

Il suddetto cordolo verrà realizzato a quota del piano campagna di progetto, in modo da fungere da fondazione al soprastante muro di contenimento in c.a.



Tav 3.4.2 – Sezione di progetto dell'insieme palificata-muro di contenimento-rilevato stradale a valle della Strada Provinciale SP 513R

Come si può desumere dalla sezione precedentemente illustrata, la palificata in oggetto assolve a due fondamentali compiti:

- Fondazione profonda per il muro di contenimento soprastante;
- Barriera contro l'erosione localizzata ad opera della corrente fluviale: allo stato attuale, il manufatto di contenimento in loco presenta già marcati scalzamenti al piedi dovuti ad una costante erosione concentrata del torrente Enza in destra idraulica.

Nonostante l'importanza di quest'opera, in ambito di studio di prefattibilità tecnico-economica non si è ritenuto necessario dimensionare tramite modelli di verifica la seguente opera per il fatto che sulla stessa non sussistono carichi particolari:

- A tergo della palificata e del muro di contenimento, in progetto è previsto un riempimento in c.a. che una volta in opera non andrà ad esercitare spinte di taglio sulle opere considerate;
- Unitamente al fatto che la palificata di progetto sarà innestata nel substrato roccioso presente nell'area, il muro di contenimento non costituisce un carico tale da causare una rottura-cedimenti significativi nel complesso terreno-fondazione.

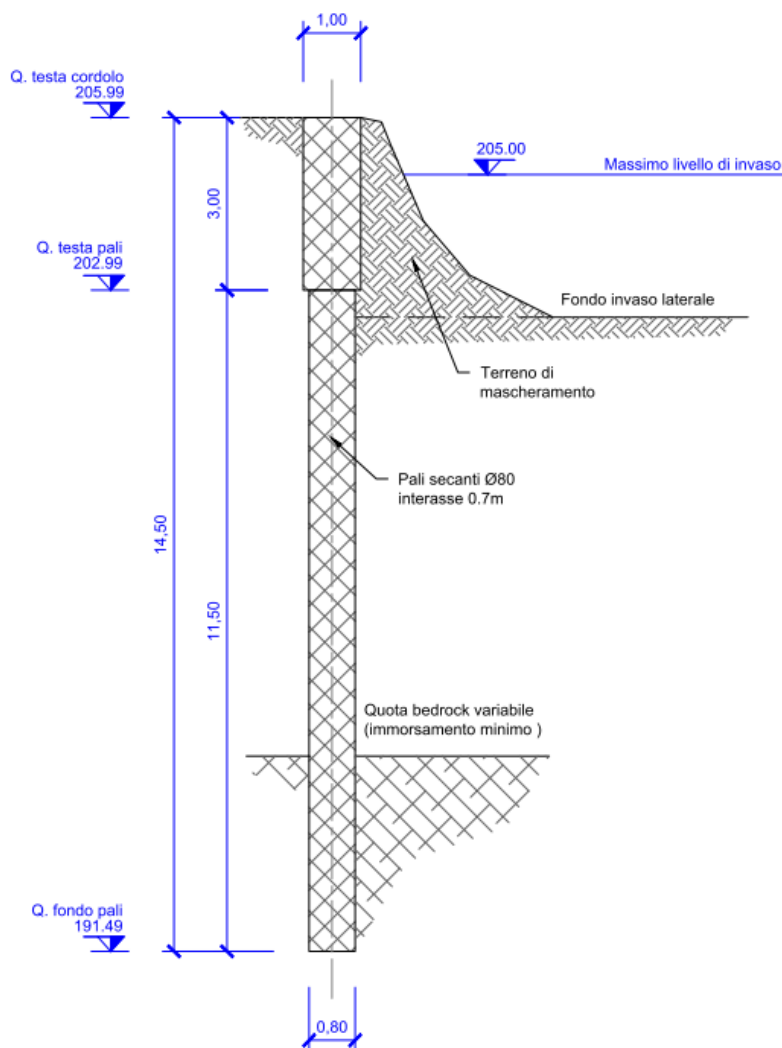
4.12 PALIFICATA A VALLE DEL VOLUME DI INVASO LATERALE DI PROGETTO – area di lavori n.1

4.12.1 Descrizione dell'opera

L'opera in progetto, sita a valle del volume di invaso secondario di progetto, si configura come una paratia di pali secanti in c.a. avente sviluppo pari a circa 97 m. I pali hanno diametro 80 cm, interasse 0,70 cm e una lunghezza di circa 11,50 m.

Per il collegamento dei predetti, in testa ai pali è previsto un cordolo in c.a. di altezza 3,0 m e spessore 1,0 m.

Il suddetto cordolo verrà realizzato a quota del piano campagna di progetto, in modo da fungere da barriera impermeabile atta al contenimento del bacino di invaso secondario.



Tav 3.1.2 – Sezione di progetto del manufatto a valle del bacino di invaso secondario

Come specificato in precedenza, la paratia in progetto costituisce una barriera impermeabile che, innestandosi nel substrato roccioso, contribuisce a ridurre sensibilmente il flusso di acqua nel sottosuolo: il bacino di invaso secondario non subirà quindi effetti marcati di svuotamento a causa di infiltrazione sotterranea.

Nonostante l'importanza di quest'opera, in ambito di studio di prefattibilità tecnico-economica non si è ritenuto necessario dimensionare tramite modelli di verifica la seguente opera per il fatto che sulla stessa non sussistono carichi particolari.

5 NUOVO EDIFICIO SGHIAIATORE – area di lavoro n.1

5.1 TIPOLOGIA STRUTTURALE ADOTTATA

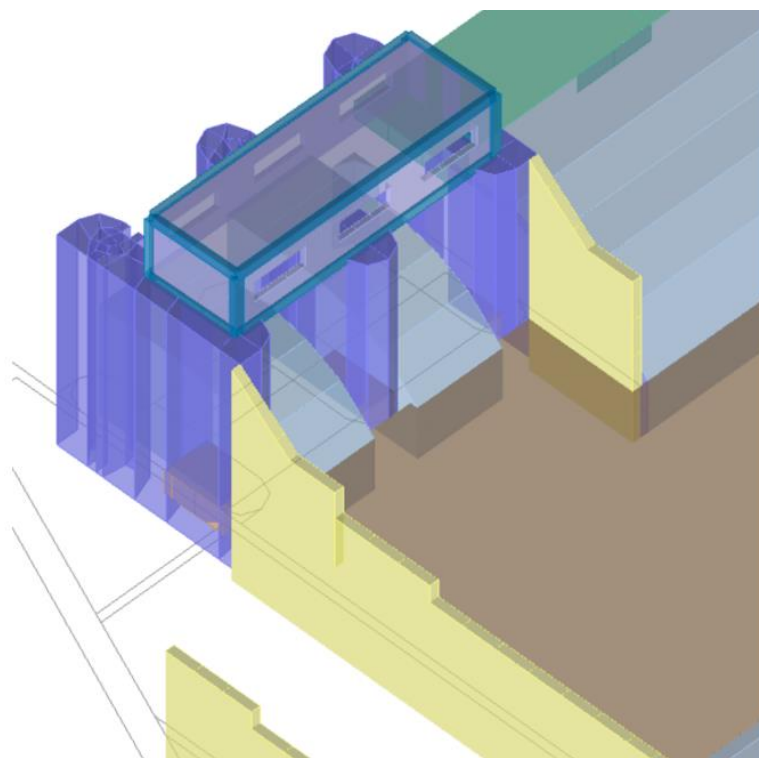
La tipologia strutturale adottata sarà a pareti in c.a. non dissipative. La struttura esistente sarà oggetto di demolizione e ricostruzione.

La nuova struttura non presenterà regolarità in pianta né in altezza a causa delle eccentricità tra masse e rigidezze presenti ai vari livelli di impalcato. Tali eccentricità sono dovute alle infrastrutture idrauliche funzionali alle paratoie sghiaiatrici.

Si adotteranno delle fondazioni di tipo profondo su pali, al fine di limitare i possibili cedimenti differenziali con le strutture adiacenti.

5.2 INTERFERENZE

Le possibili interferenze con le strutture esistenti sono rappresentate e risolte, da un punto di vista strutturale con opportuni giunti, o, in alternativa, dalla stima analitica delle sollecitazioni trasmesse vicendevolmente con le strutture esistenti.

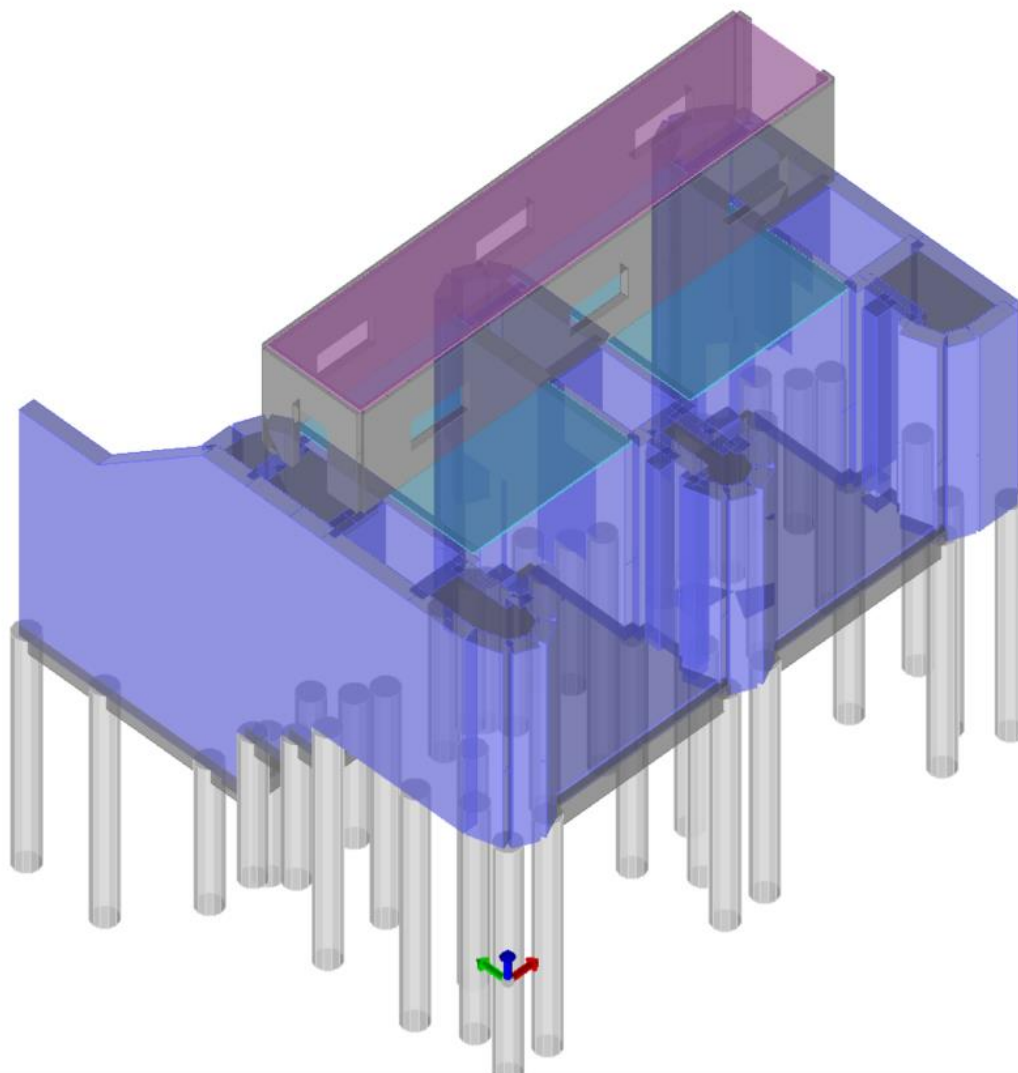


5.3 CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

L'edificio sghiaiatore in progetto ha una dimensione in pianta di circa 18 m di lunghezza e 3,10 di larghezza. L'altezza è pari a circa 3,40 m.

I plinti presentano le seguenti caratteristiche dimensionali in pianta:

- plinto lato fiume 17,23 m di lunghezza per 3,70 m di larghezza,
- il plinto centrale 9,59 m di lunghezza per 2,50 m di larghezza,
- il plinto lato campagna 13,93 m di lunghezza per una larghezza variabile di circa 8,40 m.



5.4 MATERIALI

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/cm ²	daN/cm ³		
1	Calcestruzzo Classe C25/30			3.145e+05	0.20	1.310e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Resistenza Rc	300.0							
	Resistenza fctm		25.6						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								1.00
	Rapporto Rfessurata (taglio)								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
6	Calcestruzzo Classe C35/45			3.462e+05	0.20	1.443e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Resistenza Rc	450.0							
	Resistenza fctm		33.5						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								1.00
	Rapporto Rfessurata (taglio)								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

5.5 CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE

Vengono riportate le tabelle contenenti il riassunto delle informazioni assegnate nei criteri di progetto in uso.

Pareti c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Progetto armatura	Singolo elemento NON DISSIPATIVO	Singolo elemento FONDAZIONE				
Armatura						
Inclinazione Av [gradi]	90.00	90.00				
Angolo Av-Ao [gradi]	90.00	90.00				
Minima tesa	0.20	0.20				
Massima tesa	4.00	4.00				
Maglia unica centrale	NO	NO				
Unico strato verticale	NO	NO				
Unico strato orizzontale	NO	NO				
Copriferro [cm]	5.00	2.00				
Maglia V						
diametro	20	10				
passo	25	25				
diametro aggiuntivi	20	12				
Maglia O						
diametro	20	10				
passo	25	25				
diametro aggiuntivi	20	12				
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm ²]	4500.00	4500.00				
Tipo acciaio	tipo C	tipo C				
Coefficiente gamma s	1.15	1.15				
Coefficiente gamma c	1.50	1.50				
Verifiche con N costante	SI	SI				
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm ²]	97.50	97.50				
Tensione amm. acciaio [daN/cm ²]	2600.00	2600.00				
Rapporto omogeneizzazione N	15.00	15.00				
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00	1.00				
Parete estesa debolmente armata						
Fattore amplificazione taglio V	0.0	1.50				
Hcrit. par. 7.4.4.5.1 [cm]	0.0	0.0				
Hcrit. par. 7.4.6.1.4 [cm]	0.0	0.0				
Diagramma inviluppo taglio	NO	NO				
Vincolo lati	nessun lato	nessun lato				
Verifica come fascia	NO	NO				
Diametro di estremità	0	0				
Zona confinata						
Minima tesa	1.00	1.00				
Massima tesa	4.00	4.00				
Distanza barre [cm]	2.00	2.00				
Interferro	2	2				
Armatura inclinata						
Area barre [cm ²]	0.0	0.0				
Angolo orizzontale [gradi]	0.0	0.0				
Distanza di base [cm]	0.0	0.0				
Resistenza al fuoco						
3- intradosso	NO	NO				
3+ estradosso	NO	NO				
Tempo di esposizione R	15	15				

Gusci c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Armatura						
Inclinazione Ax [gradi]	0.0	0.0				
Angolo Ax-Ay [gradi]	90.00	90.00				
Minima tesa	0.31	0.10				
Massima tesa	0.78	4.00				
Maglia unica centrale	NO	NO				

PROGETTO 221-19-00 RIFUNZIONALIZZAZIONE NODO IDRAULICO CEREZZOLA – RELAZIONE TECNICA PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

Gusci c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Copriferro [cm]	5.00	5.00				
Maglia x						
diametro	20	20				
passo	25	25				
diametro aggiuntivi	20	20				
Maglia y						
diametro	20	20				
passo	25	25				
diametro aggiuntivi	20	20				
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm2]	4500.00	4500.00				
Tipo acciaio	tipo C	tipo C				
Coefficiente gamma s	1.15	1.15				
Coefficiente gamma c	1.50	1.50				
Verifiche con N costante	SI	SI				
Applica SLU da DIN	NO	NO				
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm2]	97.50	97.50				
Tensione amm. acciaio [daN/cm2]	2600.00	2600.00				
Rapporto omogeneizzazione N	15.00	15.00				
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00	1.00				
Resistenza al fuoco						
3- intradosso	NO	NO				
3+ estradosso	NO	NO				
Tempo di esposizione R	15	15				

Travi c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Progetta a filo	NO	NO				
Af inf: da q*L*L /	0.0	0.0				
Armatura						
Minima tesa	0.31	0.20				
Minima compressa	0.31	0.20				
Massima tesa	0.78	4.00				
Da sezione	SI	SI				
Usa armatura teorica	NO	NO				
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm2]	4500.00	4500.00				
Tensione fy staffe [daN/cm2]	4500.00	4500.00				
Tipo acciaio	tipo C	tipo C				
Coefficiente gamma s	1.15	1.15				
Coefficiente gamma c	1.50	1.50				
Verifiche con N costante	SI	SI				
Fattore di ridistribuzione	0.0	0.0				
Modello per il confinamento						
Relazione tensio-deformativa	Mander	Mander				
Incrudimento acciaio	5.000e-03	5.000e-03				
Fattore lambda	1.00	1.00				
epsilon max,s	4.000e-02	4.000e-02				
epsilon cu2	4.500e-03	4.500e-03				
epsilon c2	0.0	0.0				
epsilon cy	0.0	0.0				
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm2]	97.50	97.50				
Tensione amm. acciaio [daN/cm2]	2600.00	2600.00				
Rapporto omogeneizzazione N	15.00	15.00				
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00	1.00				
Staffe						
Diametro staffe	0.0	0.0				
Passo minimo [cm]	4.00	4.00				
Passo massimo [cm]	30.00	30.00				
Passo raffittito [cm]	15.00	15.00				
Lunghezza zona raffittita [cm]	50.00	50.00				
Ctg(Teta) Max	2.50	2.50				
Percentuale sagomati	0.0	0.0				
Luce di taglio per GR [cm]	1.00	1.00				
Adotta scorrimento medio	NO	NO				
Torsione non essenziale inclusa	SI	SI				

Solai e pannelli	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Usa tensioni ammissibili	NO	NO				
Af inf: da traliccio	SI	SI				
Consenti armatura a taglio	NO	NO				
Incrementa armatura longitudinale per taglio	SI	SI				
Af inf: da $q \cdot L \cdot L /$	20.00	20.00				
Incremento fascia piena [cm]	5.00	5.00				
Armatura						
Minima tesa	0.15	0.15				
Massima tesa	3.00	3.00				
Minima compressa	0.0	0.0				
Af/h [cm]	7.000e-02	7.000e-02				
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm2]	4500.00	4500.00				
Tipo acciaio	tipo C	tipo C				
Coefficiente gamma s	1.15	1.15				
Coefficiente gamma c	1.50	1.50				
Fattore di ridistribuzione	0.0	0.0				
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm2]	85.00	85.00				
Tensione amm. acciaio [daN/cm2]	2600.00	2600.00				
Rapporto omogeneizzazione N	15.00	15.00				
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00	1.00				
Verifica freccia						
Infinita	250.00	250.00				
Istantanea	500.00	500.00				
Fattore viscosità	3.00	3.00				
Usa J non fessurato	NO	NO				
Elementi non strutturali						
Tamponatura antiespulsione	NO	NO				
Tamponatura con armatura	NO	NO				
Fattore di struttura/comportamento	2.00	2.00				
Coefficiente gamma m	0.0	0.0				
Periodo Ta	0.0	0.0				
Altezza pannello	0.0	0.0				

Le analisi e verifiche relative al nuovo edificio sghiaiatore saranno svolte considerando un comportamento non dissipativo, adottando un fattore di comportamento unitario. Di seguito le informazioni relative alla domanda di duttilità la struttura.

Domanda di duttilità della struttura

Valori calcolati per i periodi T1 impostati al passo 4 di < casi di carico: sismica > o mediati dalle analisi modali SLV

Domanda di duttilità in spostamento - 7.3.3.3

	dir. x-x	dir. y-y
mu_d SLV	1.0	1.0
mu_d SLC	1.25	1.25

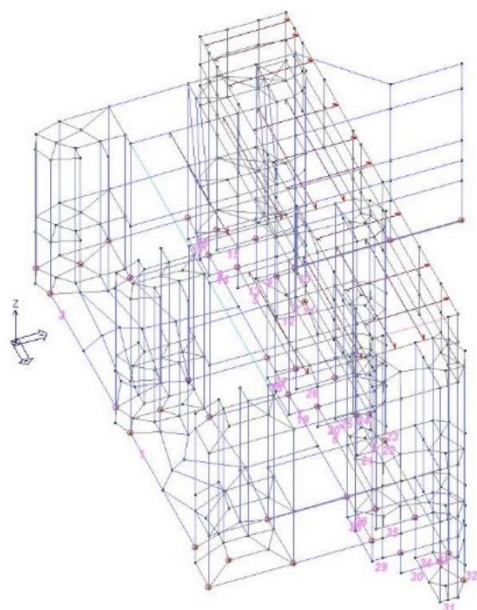
Domanda di duttilità di curvatura zone dissipative (*)

	dir. x-x	dir. y-y
mu_fi SLC	2.006	1.905

(*) 7.4.4.1.2 - 7.4.4.2.2 - 7.4.4.5.2: per le pareti la domanda può essere modificata in fase di progetto

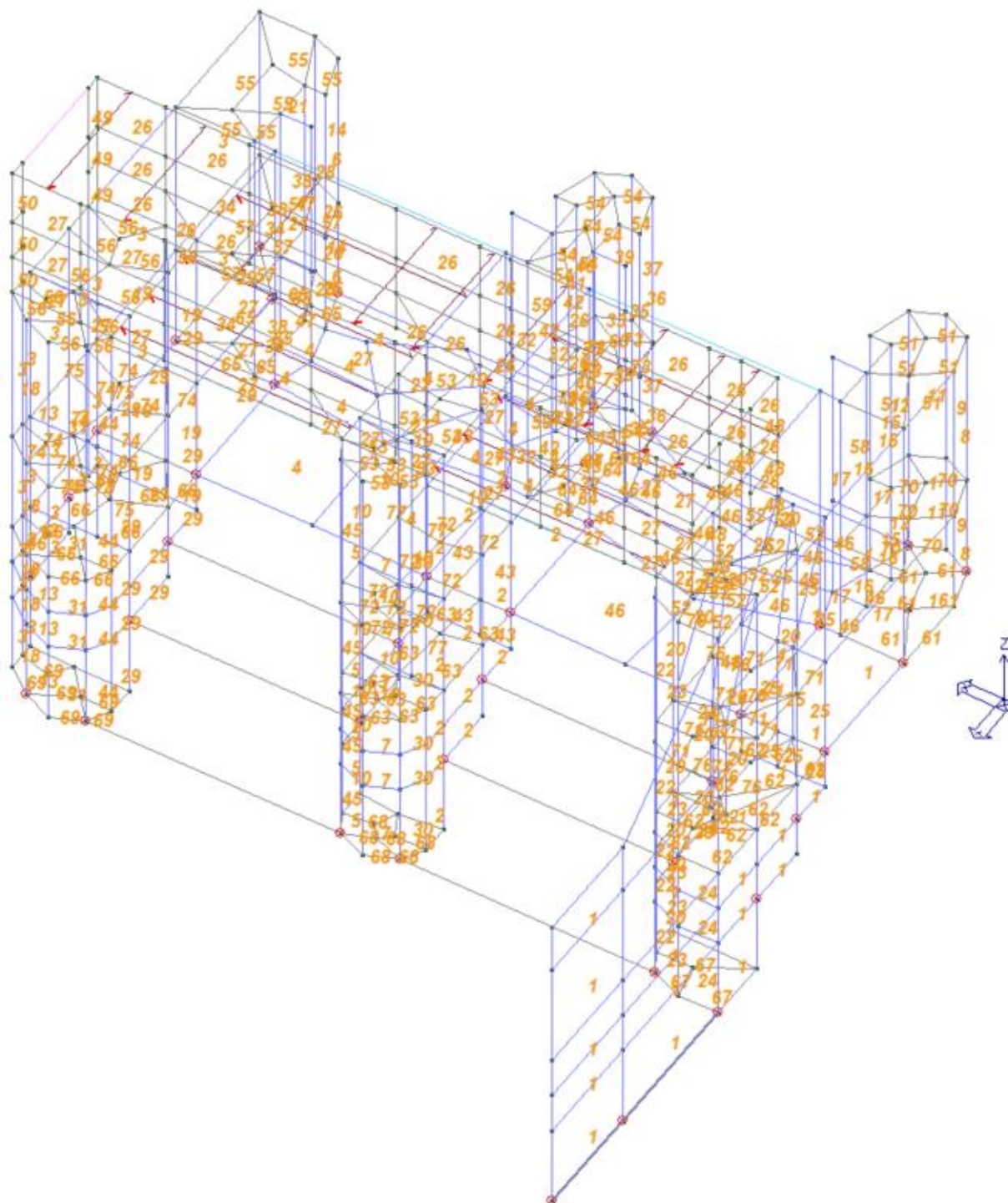
Si riportano di seguito le immagini con i riferimenti numerici del modello:

MODELLO



Cerez_shell_v7

15_MOD_NUMERAZIONE_D2_TRAVATE

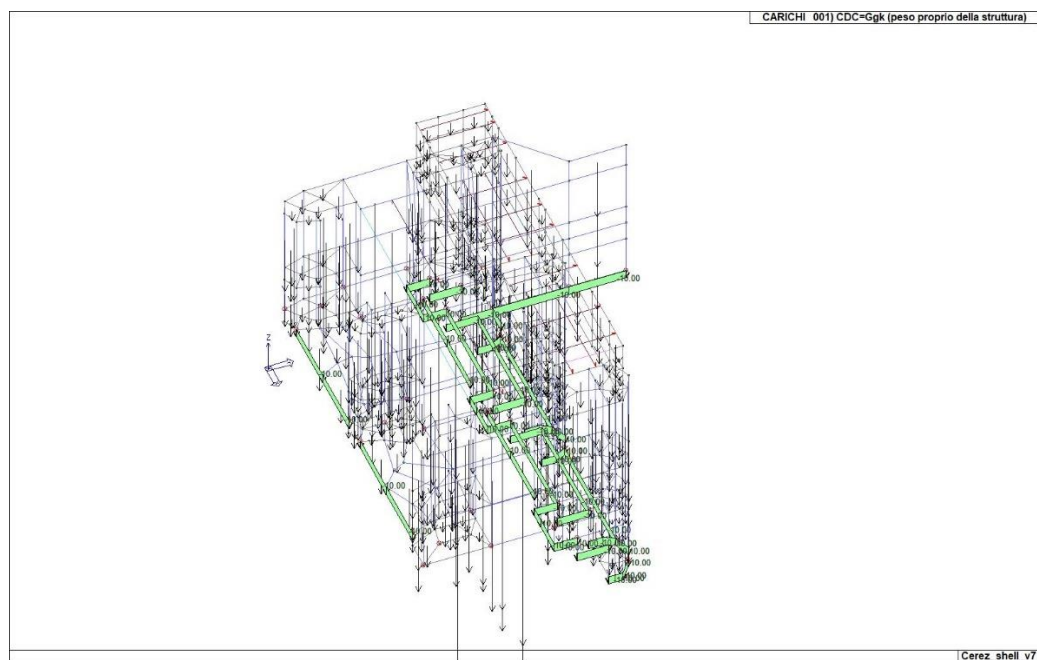


16_MOD_NUMERAZIONE_D3

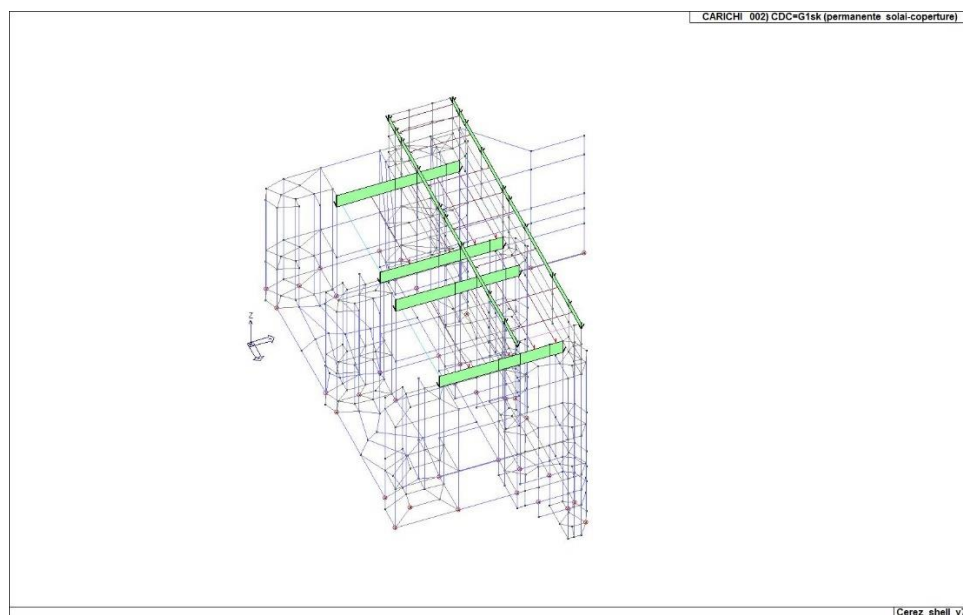
5.6 COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano di seguito i casi di carico previsti per l'analisi, occorre specificare che per quanto attiene all'azione eccezionale, si è considerato il caso peggiorativo di piena alla quota di 207.40 m slm, associato alle paratoie sghiaiatrici completamente abbassate. Tale condizione, riportata di seguito come carico variabile generico, corrisponde alla n.8 .

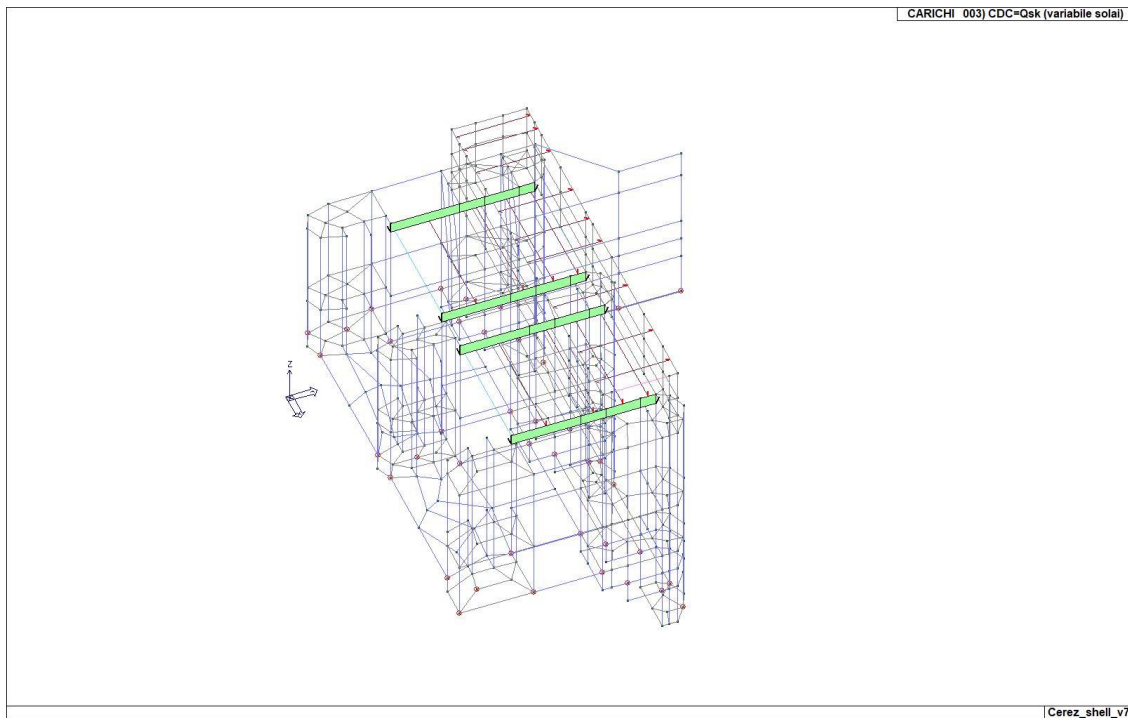
Per quanto riguarda invece la condizione di carico idraulico agente in maniera permanente sulle strutture, si è valutata quella corrispondente alla quota invaso in pari a 204,99 slm. Essa viene considerata come massa spingente nel calcolo delle sollecitazioni dovute ad azioni sismiche.



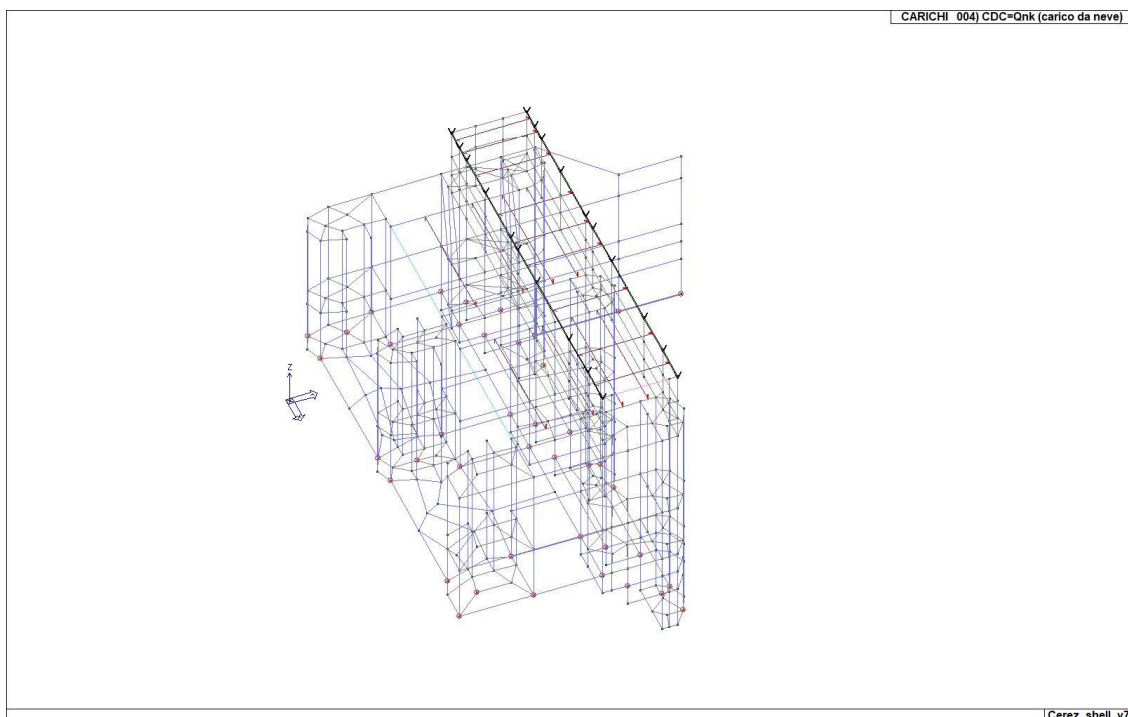
Ggk (peso proprio della struttura)



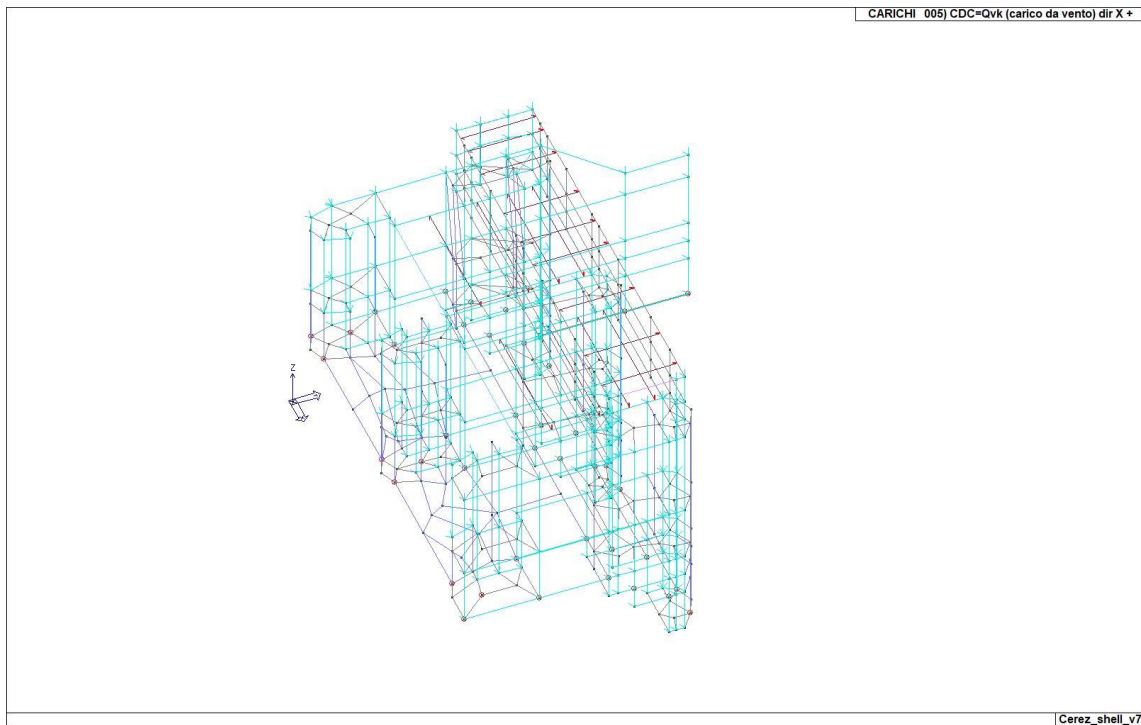
G1sk (permanente solai-coperture)



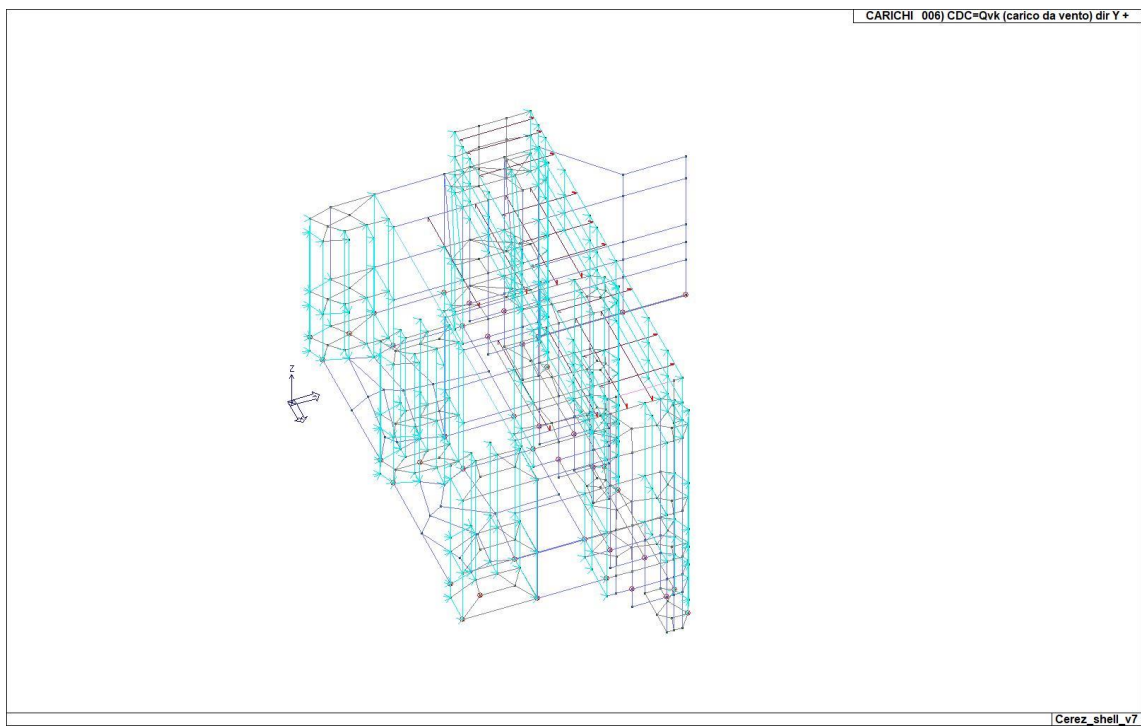
Qsk (variabile solai)



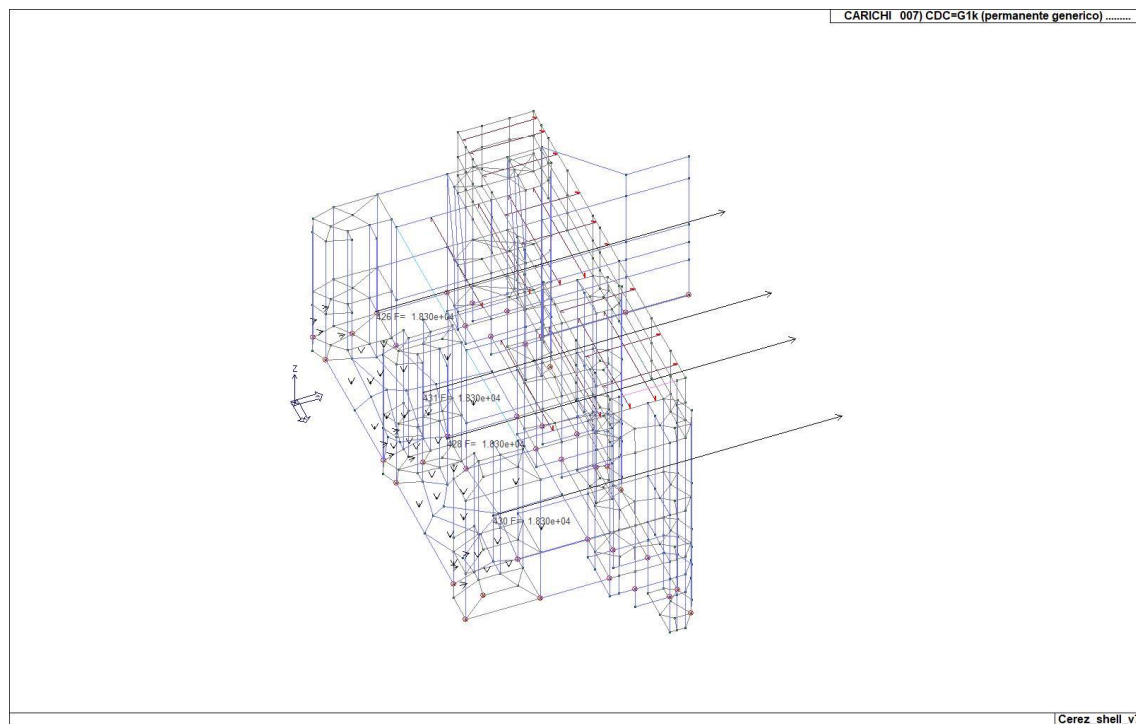
Qnk (carico da neve)



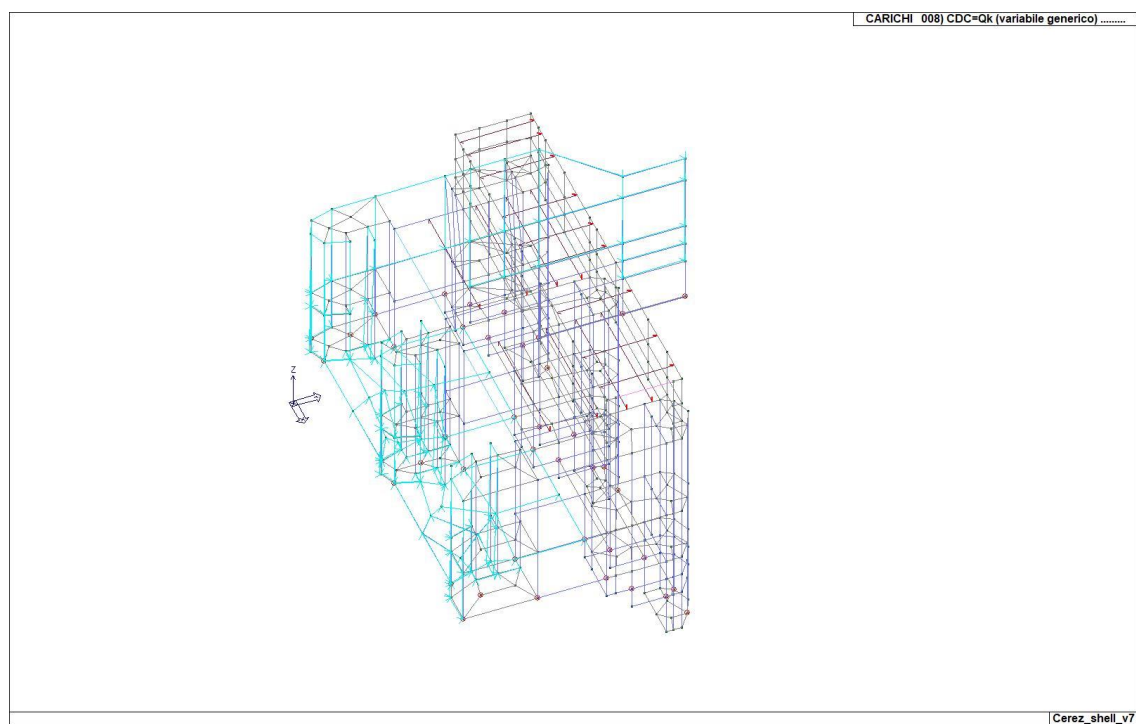
Qvk (carico da vento) dir X +



Qvk (carico da vento) dir Y +



G1k – Spinta idrauliche in condizioni di invaso di progetto.



Qk – Spinte idrauliche per la condizione più sfavorevole di piena a quota 207.40 slm.

Le combinazioni prese in esame sono le seguenti:

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 32	
33	SLU	Comb. SLU A1 33	
34	SLU	Comb. SLU A1 34	
35	SLU	Comb. SLU A1 35	
36	SLU	Comb. SLU A1 36	
37	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 37	
38	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 38	
39	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 39	
40	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 40	
41	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 41	
42	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 42	
43	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 43	
44	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 44	
45	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 45	
46	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 46	
47	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 47	
48	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 48	
49	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 49	
50	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 50	
51	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 51	
52	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 52	
53	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 53	
54	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 54	
55	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 55	
56	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 56	
57	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 57	
58	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 58	
59	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 59	
60	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 60	
61	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 61	
62	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 62	
63	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 63	
64	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 64	
65	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 65	
66	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 66	
67	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 67	
68	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 68	
69	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 69	
70	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 70	

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
71	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 71	
72	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 72	
73	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 73	
74	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 74	
75	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 75	
76	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 76	
77	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 77	
78	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 78	
79	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 79	
80	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 80	
81	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 81	
82	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 82	
83	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 83	
84	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 84	
85	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 85	
86	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 86	
87	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 87	
88	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 88	
89	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 89	
90	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 90	
91	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 91	
92	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 92	
93	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 93	
94	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 94	
95	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 95	
96	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 96	
97	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 97	
98	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 98	
99	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 99	
100	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 100	
101	SLU(ecc.)	Comb. SLU (Eccez.) 101	
102	SLU(ecc.)	Comb. SLU (Eccez.) 102	
103	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 103	
104	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 104	
105	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 105	
106	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 106	
107	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 107	
108	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 108	
109	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 109	
110	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 110	
111	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 111	
112	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 112	
113	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 113	
114	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 114	
115	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 115	
116	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 116	
117	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 117	
118	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 118	
119	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 119	
120	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 120	

5.7 METODO DI ANALISI

La tipologia di analisi che si è utilizzato è del tipo dinamico lineare con spettro di risposta.

Per ciascun caso di carico sismico viene riportato l'insieme di dati sotto riportati (le masse sono espresse in unità di forza):

- a) analisi sismica statica equivalente:
 - quota, posizione del centro di applicazione e azione orizzontale risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/L_s (per strutture a nucleo), indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
 - azione sismica complessiva
- b) analisi sismica dinamica con spettro di risposta:

- quota, posizione del centro di massa e massa risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/L_s (per strutture a nucleo) , indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
- frequenza, periodo, accelerazione spettrale, massa eccitata nelle tre direzioni globali per tutti i modi
- massa complessiva ed aliquota di massa complessiva eccitata.

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito $S = 1.158$
			ordinata spettro (tratto T_b-T_c) = 0.701 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T_1 : 0.315 sec.
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. μ d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			numero di modi considerati: 9
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1411.00	4.224e+04	931.63	809.00	0.0	-16.25	187.46	809.00	0.116	0.298	0.0
1291.00	1218.75	137.50	809.00	0.0	-6.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1271.00	2.196e+04	942.37	809.00	0.0	-16.25	1011.80	809.00	0.115	0.007	0.0
1171.00	1.847e+04	913.54	809.30	0.0	-16.25	189.95	809.00	0.116	0.282	0.002
1071.00	3.686e+05	888.06	580.89	0.0	-51.50	926.23	597.92	1.605	0.052	0.005
781.00	4232.85	25.00	1482.40	0.0	-13.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660.00	5.351e+05	867.56	532.12	0.0	-83.12	453.69	608.49	0.959	0.609	0.016
Risulta	9.918e+05									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	2.769	0.361	0.701	1.831e+05	18.5	5.485e+05	55.3	1.636e+04	1.6	0.0	0.0
2	3.177	0.315	0.701	4.137e+05	41.7	1.650e+05	16.6	1.304e+05	13.1	0.0	0.0
3	4.394	0.228	0.701	4.144e+04	4.2	7.090e+04	7.1	8.357e+05	84.3	0.0	0.0
4	6.446	0.155	0.701	5.850e+04	5.9	1456.60	0.1	5925.03	0.6	0.0	0.0
5	9.278	0.108	0.599	2.452e+05	24.7	141.85	1.43e-02	2997.79	0.3	0.0	0.0
6	11.854	0.084	0.529	42.86	4.32e-03	1.338e+04	1.3	0.46	4.68e-05	0.0	0.0
7	15.167	0.066	0.474	225.33	2.27e-02	1859.45	0.2	6.57	6.62e-04	0.0	0.0
8	17.298	0.058	0.450	1339.56	0.1	1740.83	0.2	32.54	3.28e-03	0.0	0.0
9	18.723	0.053	0.437	199.44	2.01e-02	465.61	4.69e-02	119.08	1.20e-02	0.0	0.0
Risulta				9.437e+05		8.034e+05		9.915e+05			
In percentuale				95.15		81.01		99.97			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito $S = 1.158$
			ordinata spettro (tratto T_b-T_c) = 0.701 g
			angolo di ingresso:0.0

PROGETTO 221-19-00 RIFUNZIONALIZZAZIONE NODO IDRAULICO CEREZZOLA – RELAZIONE TECNICA PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.318 sec.
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. μ d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			numero di modi considerati: 9
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1411.00	4.224e+04	931.63	809.00	0.0	16.25	187.46	809.00	0.116	0.298	0.0
1291.00	1218.75	137.50	809.00	0.0	6.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1271.00	2.196e+04	942.37	809.00	0.0	16.25	1011.80	809.00	0.115	0.007	0.0
1171.00	1.847e+04	913.54	809.30	0.0	16.25	189.95	809.00	0.116	0.282	0.002
1071.00	3.686e+05	888.06	580.89	0.0	51.50	926.23	597.92	1.605	0.052	0.005
781.00	4232.85	25.00	1482.40	0.0	13.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660.00	5.351e+05	867.56	532.12	0.0	83.12	453.69	608.49	0.959	0.609	0.016
Risulta	9.918e+05									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	2.762	0.362	0.701	2.079e+05	21.0	5.221e+05	52.6	1.422e+04	1.4	0.0	0.0
2	3.146	0.318	0.701	4.002e+05	40.4	1.927e+05	19.4	1.234e+05	12.4	0.0	0.0
3	4.378	0.228	0.701	3.764e+04	3.8	6.896e+04	7.0	8.423e+05	84.9	0.0	0.0
4	6.600	0.152	0.701	2.991e+04	3.0	2149.04	0.2	8886.00	0.9	0.0	0.0
5	8.969	0.111	0.610	2.365e+05	23.8	183.20	1.85e-02	2209.25	0.2	0.0	0.0
6	10.009	0.100	0.575	2.984e+04	3.0	0.02	2.38e-06	439.53	4.43e-02	0.0	0.0
7	11.864	0.084	0.529	348.14	3.51e-02	1.352e+04	1.4	0.83	8.38e-05	0.0	0.0
8	15.369	0.065	0.471	264.30	2.66e-02	2265.60	0.2	12.46	1.26e-03	0.0	0.0
9	18.393	0.054	0.439	2383.08	0.2	388.07	3.91e-02	130.24	1.31e-02	0.0	0.0
Risulta				9.450e+05		8.022e+05		9.915e+05			
In percentuale				95.29		80.88		99.97			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.158
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.701 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.361 sec.
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. μ d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			numero di modi considerati: 9
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1411.00	4.224e+04	931.63	809.00	81.25	0.0	187.46	809.00	0.116	0.298	0.0
1291.00	1218.75	137.50	809.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1271.00	2.196e+04	942.37	809.00	81.25	0.0	1011.80	809.00	0.115	0.007	0.0

PROGETTO 221-19-00 RIFUNZIONALIZZAZIONE NODO IDRAULICO CEREZZOLA – RELAZIONE TECNICA PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
1171.00	1.847e+04	913.54	809.30	81.25	0.0	189.95	809.00	0.116	0.282	0.002
1071.00	3.686e+05	888.06	580.89	86.88	0.0	926.23	597.92	1.605	0.052	0.005
781.00	4232.85	25.00	1482.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660.00	5.351e+05	867.56	532.12	86.88	0.0	453.69	608.49	0.959	0.609	0.016
Risulta	9.918e+05									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	2.771	0.361	0.701	1.770e+05	17.8	5.577e+05	56.2	1.684e+04	1.7	0.0	0.0
2	3.144	0.318	0.701	4.268e+05	43.0	1.618e+05	16.3	1.148e+05	11.6	0.0	0.0
3	4.365	0.229	0.701	3.534e+04	3.6	6.432e+04	6.5	8.471e+05	85.4	0.0	0.0
4	6.587	0.152	0.701	4.763e+04	4.8	2010.81	0.2	9661.11	1.0	0.0	0.0
5	9.174	0.109	0.603	2.543e+05	25.6	94.83	9.56e-03	2976.54	0.3	0.0	0.0
6	11.390	0.088	0.539	295.14	2.98e-02	1.312e+04	1.3	0.06	6.16e-06	0.0	0.0
7	12.154	0.082	0.523	617.24	6.22e-02	72.28	7.29e-03	26.38	2.66e-03	0.0	0.0
8	15.365	0.065	0.471	328.07	3.31e-02	1288.31	0.1	2.79	2.81e-04	0.0	0.0
9	18.345	0.055	0.440	2111.55	0.2	582.92	5.88e-02	152.23	1.53e-02	0.0	0.0
Risulta				9.444e+05		8.010e+05		9.915e+05			
In percentuale				95.22		80.76		99.98			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.158
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.701 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.363 sec.
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			numero di modi considerati: 9
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1411.00	4.224e+04	931.63	809.00	-81.25	0.0	187.46	809.00	0.116	0.298	0.0
1291.00	1218.75	137.50	809.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1271.00	2.196e+04	942.37	809.00	-81.25	0.0	1011.80	809.00	0.115	0.007	0.0
1171.00	1.847e+04	913.54	809.30	-81.25	0.0	189.95	809.00	0.116	0.282	0.002
1071.00	3.686e+05	888.06	580.89	-86.88	0.0	926.23	597.92	1.605	0.052	0.005
781.00	4232.85	25.00	1482.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660.00	5.351e+05	867.56	532.12	-86.88	0.0	453.69	608.49	0.959	0.609	0.016
Risulta	9.918e+05									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	2.755	0.363	0.701	2.026e+05	20.4	5.261e+05	53.0	1.449e+04	1.5	0.0	0.0
2	3.179	0.315	0.701	3.967e+05	40.0	1.847e+05	18.6	1.372e+05	13.8	0.0	0.0
3	4.405	0.227	0.701	4.434e+04	4.5	7.465e+04	7.5	8.323e+05	83.9	0.0	0.0
4	6.544	0.153	0.701	4.100e+04	4.1	1315.24	0.1	4614.51	0.5	0.0	0.0
5	9.166	0.109	0.603	2.565e+05	25.9	260.46	2.63e-02	2734.50	0.3	0.0	0.0
6	12.156	0.082	0.523	927.75	9.35e-02	1578.01	0.2	28.12	2.84e-03	0.0	0.0
7	12.356	0.081	0.519	21.55	2.17e-03	1.228e+04	1.2	0.08	8.24e-06	0.0	0.0
8	15.421	0.065	0.471	325.76	3.28e-02	3364.42	0.3	20.80	2.10e-03	0.0	0.0

**PROGETTO 221-19-00 RIFUNZIONALIZZAZIONE NODO IDRAULICO CEREZZOLA – RELAZIONE TECNICA
PRELIMINARE SULLE STRUTTURE**

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
9	18.445	0.054	0.439	2099.58	0.2	848.27	8.55e-02	127.62	1.29e-02	0.0	0.0
Risulta				9.445e+05		8.050e+05		9.915e+05			
In percentuale				95.24		81.17		99.97			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.343 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.315 sec.
			numero di modi considerati: 9
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1411.00	4.224e+04	931.63	809.00	0.0	-16.25	187.46	809.00	0.116	0.298	0.0
1291.00	1218.75	137.50	809.00	0.0	-6.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1271.00	2.196e+04	942.37	809.00	0.0	-16.25	1011.80	809.00	0.115	0.007	0.0
1171.00	1.847e+04	913.54	809.30	0.0	-16.25	189.95	809.00	0.116	0.282	0.002
1071.00	3.686e+05	888.06	580.89	0.0	-51.50	926.23	597.92	1.605	0.052	0.005
781.00	4232.85	25.00	1482.40	0.0	-13.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660.00	5.351e+05	867.56	532.12	0.0	-83.12	453.69	608.49	0.959	0.609	0.016
Risulta	9.918e+05									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	2.769	0.361	0.343	1.831e+05	18.5	5.485e+05	55.3	1.636e+04	1.6	0.0	0.0
2	3.177	0.315	0.343	4.137e+05	41.7	1.650e+05	16.6	1.304e+05	13.1	0.0	0.0
3	4.394	0.228	0.343	4.144e+04	4.2	7.090e+04	7.1	8.357e+05	84.3	0.0	0.0
4	6.446	0.155	0.343	5.850e+04	5.9	1456.60	0.1	5925.03	0.6	0.0	0.0
5	9.278	0.108	0.306	2.452e+05	24.7	141.85	1.43e-02	2997.79	0.3	0.0	0.0
6	11.854	0.084	0.269	42.86	4.32e-03	1.338e+04	1.3	0.46	4.68e-05	0.0	0.0
7	15.167	0.066	0.241	225.33	2.27e-02	1859.45	0.2	6.57	6.62e-04	0.0	0.0
8	17.298	0.058	0.228	1339.56	0.1	1740.83	0.2	32.54	3.28e-03	0.0	0.0
9	18.723	0.053	0.221	199.44	2.01e-02	465.61	4.69e-02	119.08	1.20e-02	0.0	0.0
Risulta				9.437e+05		8.034e+05		9.915e+05			
In percentuale				95.15		81.01		99.97			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.343 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.318 sec.
			numero di modi considerati: 9
			combinaz. modale: CQC

PROGETTO 221-19-00 RIFUNZIONALIZZAZIONE NODO IDRAULICO CEREZZOLA – RELAZIONE TECNICA PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1411.00	4.224e+04	931.63	809.00	0.0	16.25	187.46	809.00	0.116	0.298	0.0
1291.00	1218.75	137.50	809.00	0.0	6.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1271.00	2.196e+04	942.37	809.00	0.0	16.25	1011.80	809.00	0.115	0.007	0.0
1171.00	1.847e+04	913.54	809.30	0.0	16.25	189.95	809.00	0.116	0.282	0.002
1071.00	3.686e+05	888.06	580.89	0.0	51.50	926.23	597.92	1.605	0.052	0.005
781.00	4232.85	25.00	1482.40	0.0	13.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660.00	5.351e+05	867.56	532.12	0.0	83.12	453.69	608.49	0.959	0.609	0.016
Risulta	9.918e+05									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	2.762	0.362	0.343	2.079e+05	21.0	5.221e+05	52.6	1.422e+04	1.4	0.0	0.0
2	3.146	0.318	0.343	4.002e+05	40.4	1.927e+05	19.4	1.234e+05	12.4	0.0	0.0
3	4.378	0.228	0.343	3.764e+04	3.8	6.896e+04	7.0	8.423e+05	84.9	0.0	0.0
4	6.600	0.152	0.343	2.991e+04	3.0	2149.04	0.2	8886.00	0.9	0.0	0.0
5	8.969	0.111	0.312	2.365e+05	23.8	183.20	1.85e-02	2209.25	0.2	0.0	0.0
6	10.009	0.100	0.294	2.984e+04	3.0	0.02	2.38e-06	439.53	4.43e-02	0.0	0.0
7	11.864	0.084	0.269	348.14	3.51e-02	1.352e+04	1.4	0.83	8.38e-05	0.0	0.0
8	15.369	0.065	0.239	264.30	2.66e-02	2265.60	0.2	12.46	1.26e-03	0.0	0.0
9	18.393	0.054	0.223	2383.08	0.2	388.07	3.91e-02	130.24	1.31e-02	0.0	0.0
Risulta				9.450e+05		8.022e+05		9.915e+05			
In percentuale				95.29		80.88		99.97			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
15	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.343 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.361 sec.
			numero di modi considerati: 9
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1411.00	4.224e+04	931.63	809.00	81.25	0.0	187.46	809.00	0.116	0.298	0.0
1291.00	1218.75	137.50	809.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1271.00	2.196e+04	942.37	809.00	81.25	0.0	1011.80	809.00	0.115	0.007	0.0
1171.00	1.847e+04	913.54	809.30	81.25	0.0	189.95	809.00	0.116	0.282	0.002
1071.00	3.686e+05	888.06	580.89	86.88	0.0	926.23	597.92	1.605	0.052	0.005
781.00	4232.85	25.00	1482.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660.00	5.351e+05	867.56	532.12	86.88	0.0	453.69	608.49	0.959	0.609	0.016
Risulta	9.918e+05									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	2.771	0.361	0.343	1.770e+05	17.8	5.577e+05	56.2	1.684e+04	1.7	0.0	0.0
2	3.144	0.318	0.343	4.268e+05	43.0	1.618e+05	16.3	1.148e+05	11.6	0.0	0.0
3	4.365	0.229	0.343	3.534e+04	3.6	6.432e+04	6.5	8.471e+05	85.4	0.0	0.0
4	6.587	0.152	0.343	4.763e+04	4.8	2010.81	0.2	9661.11	1.0	0.0	0.0
5	9.174	0.109	0.308	2.543e+05	25.6	94.83	9.56e-03	2976.54	0.3	0.0	0.0
6	11.390	0.088	0.275	295.14	2.98e-02	1.312e+04	1.3	0.06	6.16e-06	0.0	0.0
7	12.154	0.082	0.266	617.24	6.22e-02	72.28	7.29e-03	26.38	2.66e-03	0.0	0.0
8	15.365	0.065	0.239	328.07	3.31e-02	1288.31	0.1	2.79	2.81e-04	0.0	0.0

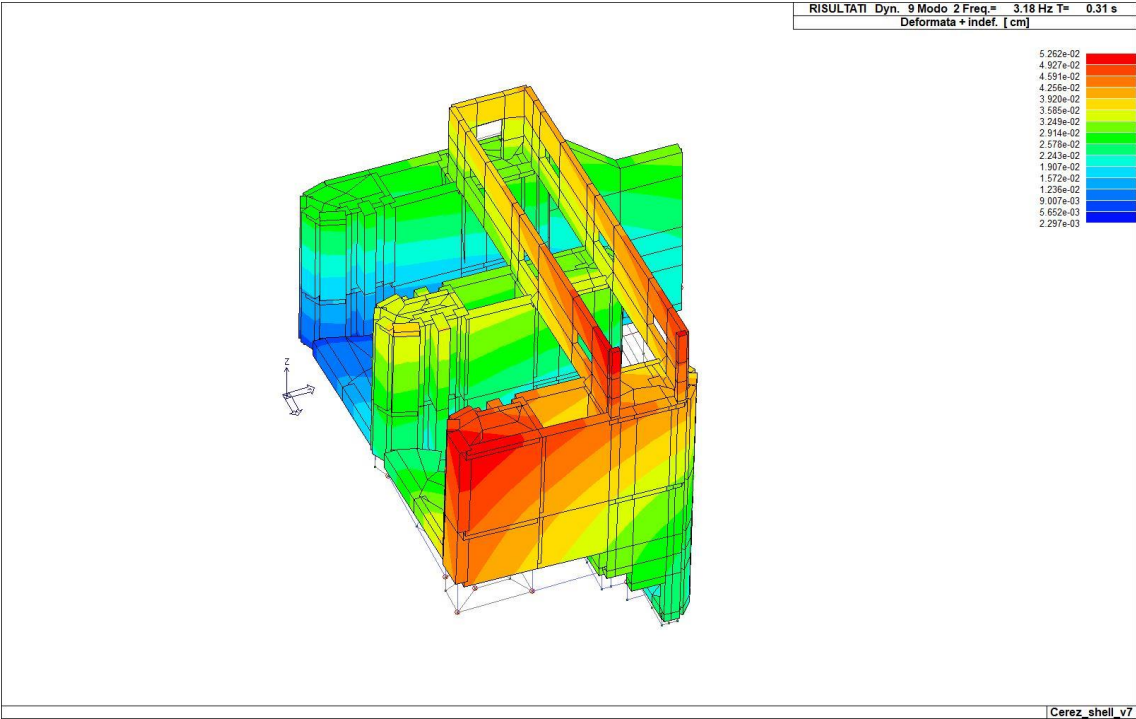
**PROGETTO 221-19-00 RIFUNZIONALIZZAZIONE NODO IDRAULICO CEREZZOLA – RELAZIONE TECNICA
PRELIMINARE SULLE STRUTTURE**

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
9	18.345	0.055	0.223	2111.55	0.2	582.92	5.88e-02	152.23	1.53e-02	0.0	0.0
Risulta				9.444e+05		8.010e+05		9.915e+05			
In percentuale				95.22		80.76		99.98			

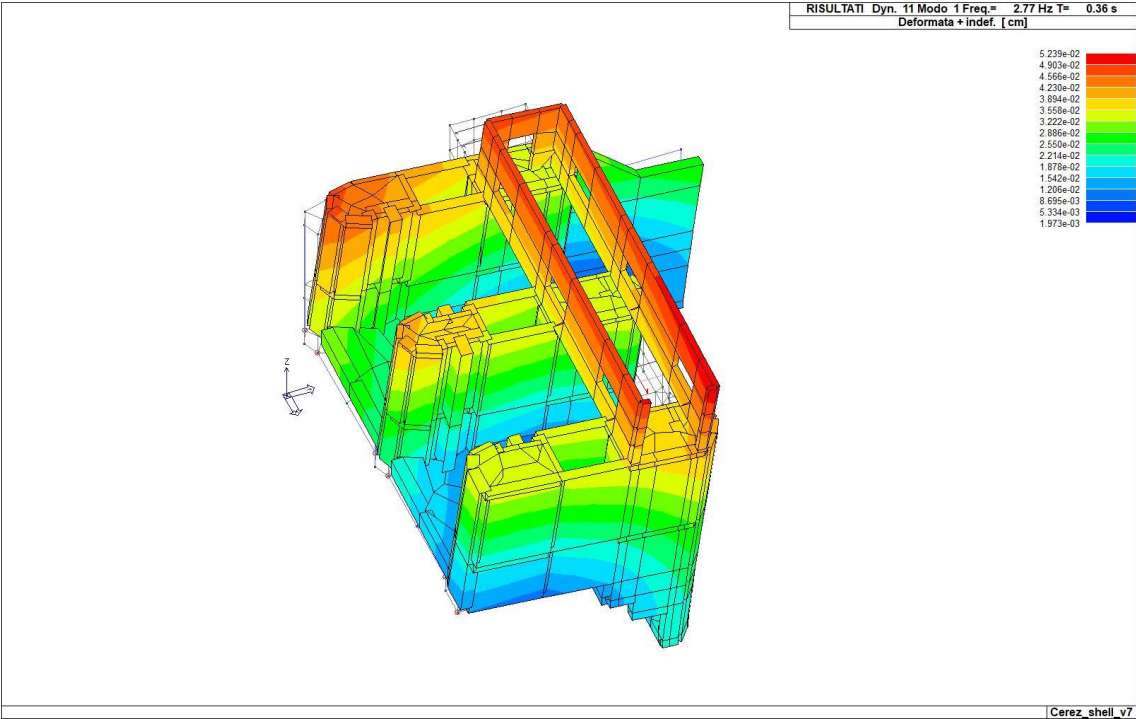
CDC	Tipo	Sigla Id	Note
16	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.343 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.363 sec.
			numero di modi considerati: 9
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1411.00	4.224e+04	931.63	809.00	-81.25	0.0	187.46	809.00	0.116	0.298	0.0
1291.00	1218.75	137.50	809.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1271.00	2.196e+04	942.37	809.00	-81.25	0.0	1011.80	809.00	0.115	0.007	0.0
1171.00	1.847e+04	913.54	809.30	-81.25	0.0	189.95	809.00	0.116	0.282	0.002
1071.00	3.686e+05	888.06	580.89	-86.88	0.0	926.23	597.92	1.605	0.052	0.005
781.00	4232.85	25.00	1482.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660.00	5.351e+05	867.56	532.12	-86.88	0.0	453.69	608.49	0.959	0.609	0.016
Risulta	9.918e+05									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	2.755	0.363	0.343	2.026e+05	20.4	5.261e+05	53.0	1.449e+04	1.5	0.0	0.0
2	3.179	0.315	0.343	3.967e+05	40.0	1.847e+05	18.6	1.372e+05	13.8	0.0	0.0
3	4.405	0.227	0.343	4.434e+04	4.5	7.465e+04	7.5	8.323e+05	83.9	0.0	0.0
4	6.544	0.153	0.343	4.100e+04	4.1	1315.24	0.1	4614.51	0.5	0.0	0.0
5	9.166	0.109	0.308	2.565e+05	25.9	260.46	2.63e-02	2734.50	0.3	0.0	0.0
6	12.156	0.082	0.266	927.75	9.35e-02	1578.01	0.2	28.12	2.84e-03	0.0	0.0
7	12.356	0.081	0.264	21.55	2.17e-03	1.228e+04	1.2	0.08	8.24e-06	0.0	0.0
8	15.421	0.065	0.239	325.76	3.28e-02	3364.42	0.3	20.80	2.10e-03	0.0	0.0
9	18.445	0.054	0.223	2099.58	0.2	848.27	8.55e-02	127.62	1.29e-02	0.0	0.0
Risulta				9.445e+05		8.050e+05		9.915e+05			
In percentuale				95.24		81.17		99.97			



31_RIS_MODALOX_002_CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)



31_RIS_MODALOY_001_CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)

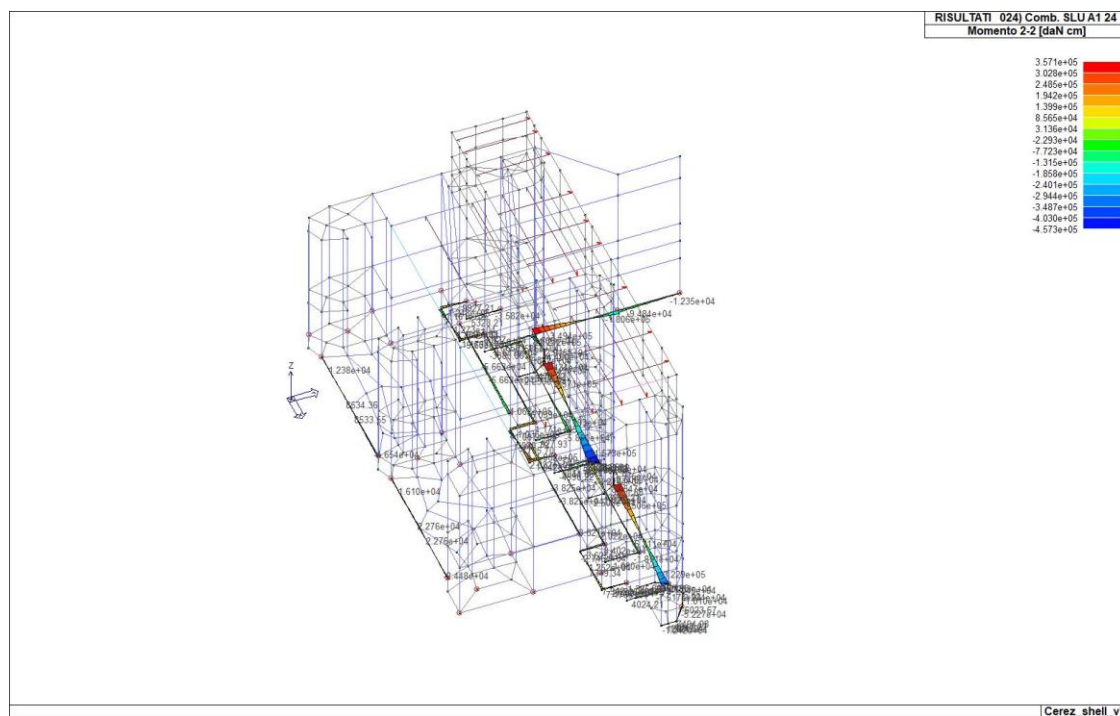
5.8 CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

Per ogni elemento e per ogni combinazione (o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi.

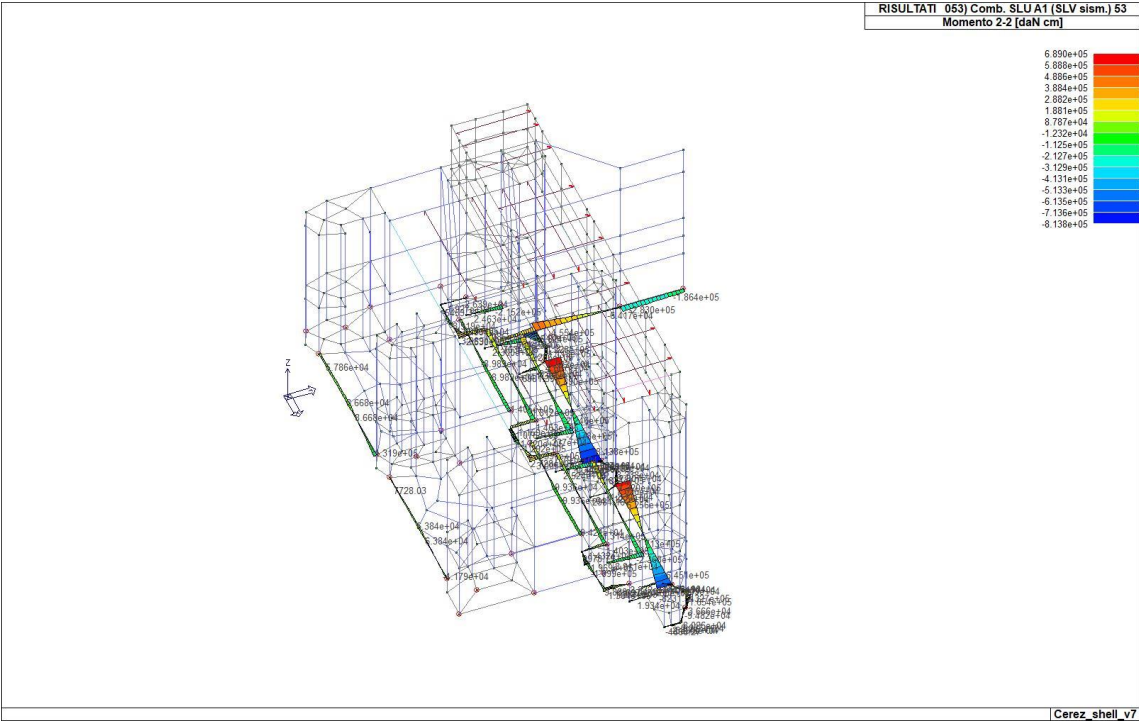
Si riportano di seguito i valori più significativi e sfavorevoli per gli elementi trave:

M3 mx/mn	momento flettente in campata M3 max (prima riga) / min (seconda riga)
M2 mx/mn	momento flettente in campata M2 max (prima riga) / min (seconda riga)
D2/D3	freccia massima in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)
Q2/Q3	carico totale in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)
N, V2, ecc..	sei componenti di sollecitazione al piede ed in sommità dell'elemento

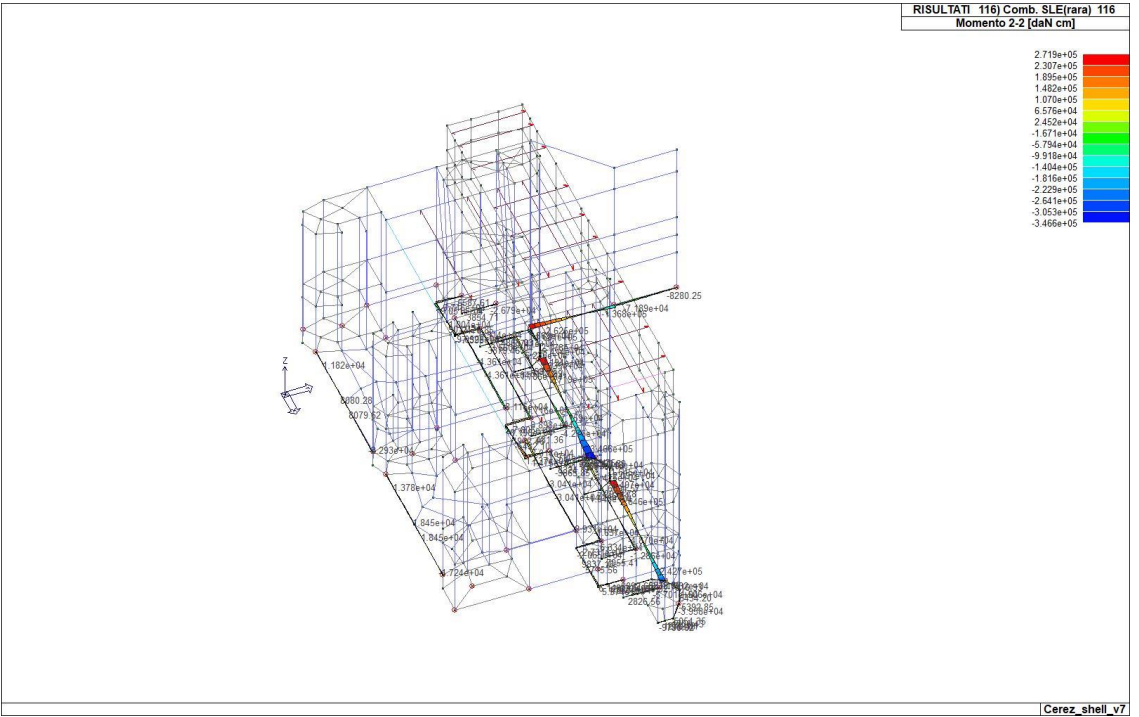
M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3	N	V 2	V 3	T
-4.559e+06	-1.052e+06	-1.08	-7903.70	-4.520e+04	-3.486e+04	-6331.55	-9.932e+05
3.857e+06	6.972e+05	1.19	0.0	4.187e+04	4.283e+04	7234.92	1.059e+06



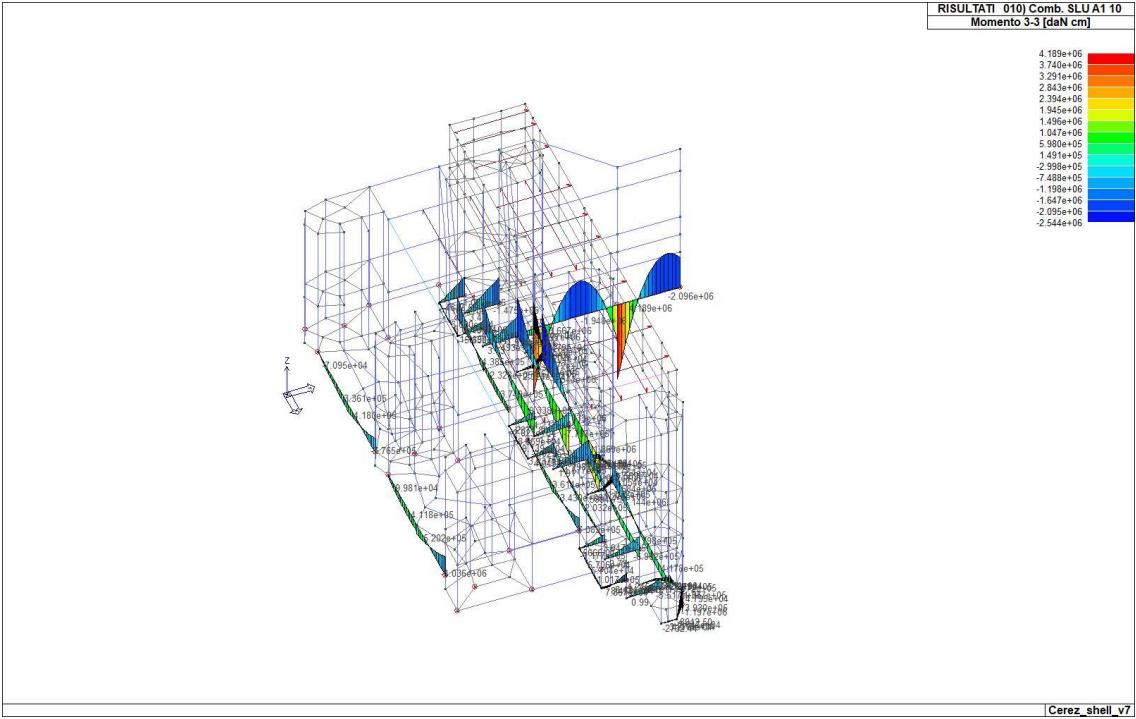
43_RIS_M2_024_Comb. SLU A1 24



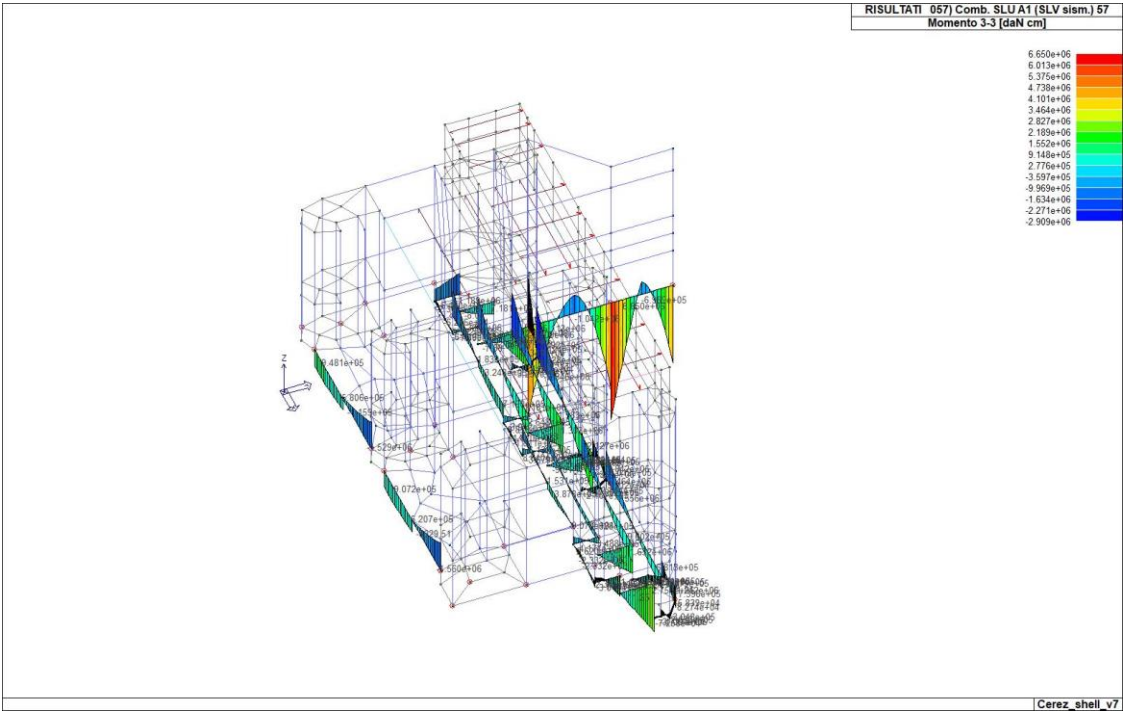
43_RIS_M2_053_Comb. SLU A1 (SLV sism.) 53



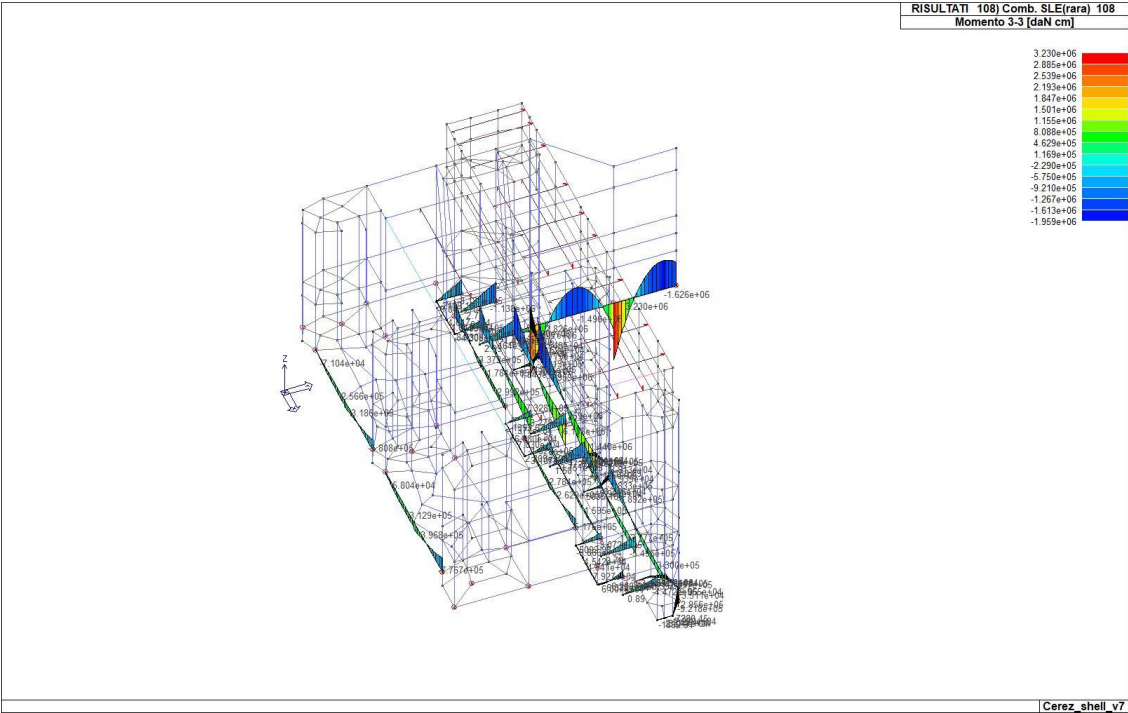
43_RIS_M2_116_Comb. SLE(rara) 116



43_RIS_M3_010_Comb. SLU A1 10



43_RIS_M3_057_Comb. SLU A1 (SLV sism.) 57

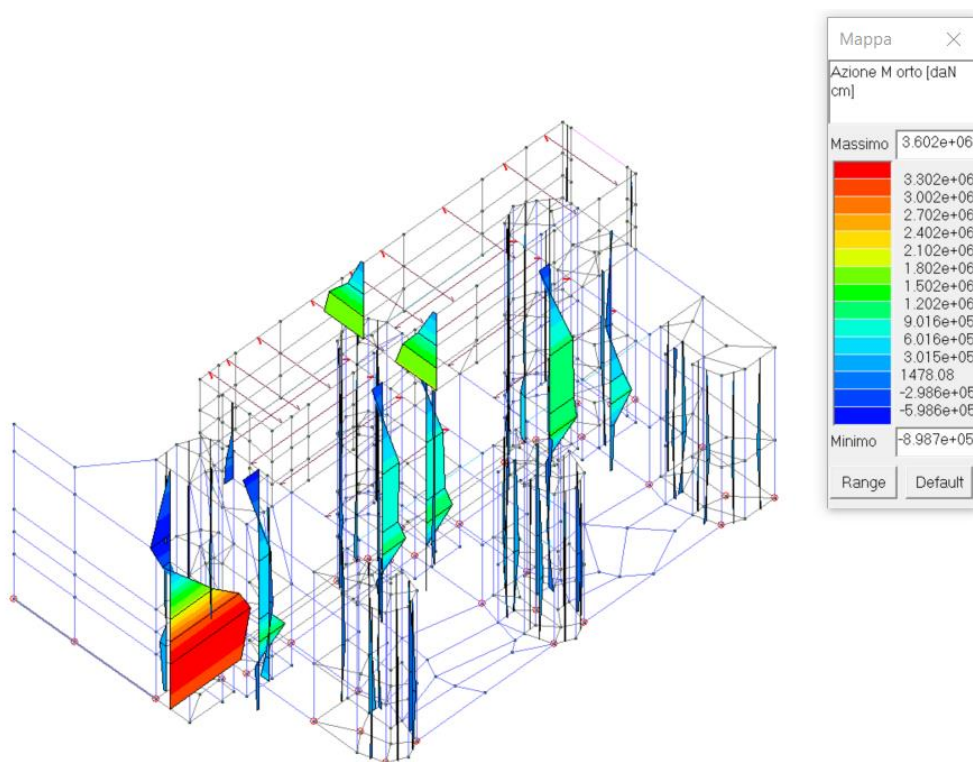


43_RIS_M3_108_Comb. SLE(rara) 108

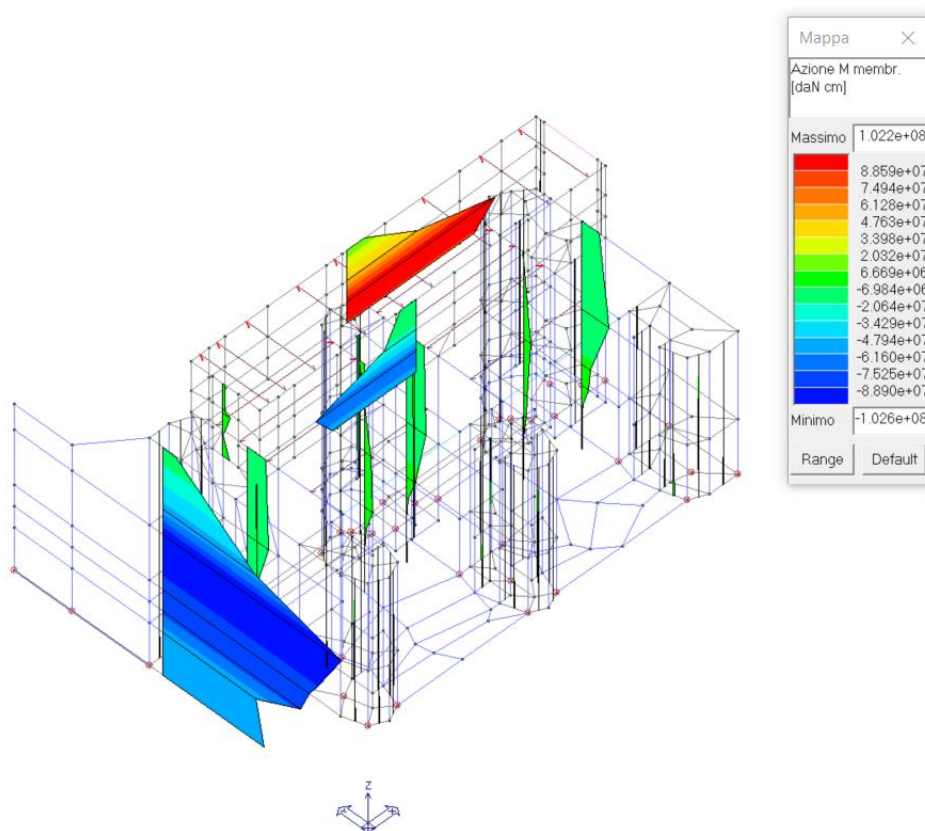
Si riportano di seguito i valori più significativi e sfavorevoli per gli elementi shell:

tensione di Von Mises		(valore riassuntivo del complessivo stato di sollecitazione)
N max		sforzo membranale principale massimo
N min		sforzo membranale principale minimo
M max		sforzo flessionale principale massimo
M min		sforzo flessionale principale minimo
N1	N2	sforzi membranali e flessionali in direzione locale 1 e 2 dell'elemento (lo sforzo 2-1 è uguale allo sforzo 1-2 per la reciprocità delle tensioni tangenziali)
N1-2	M1	
M2	M1-2	

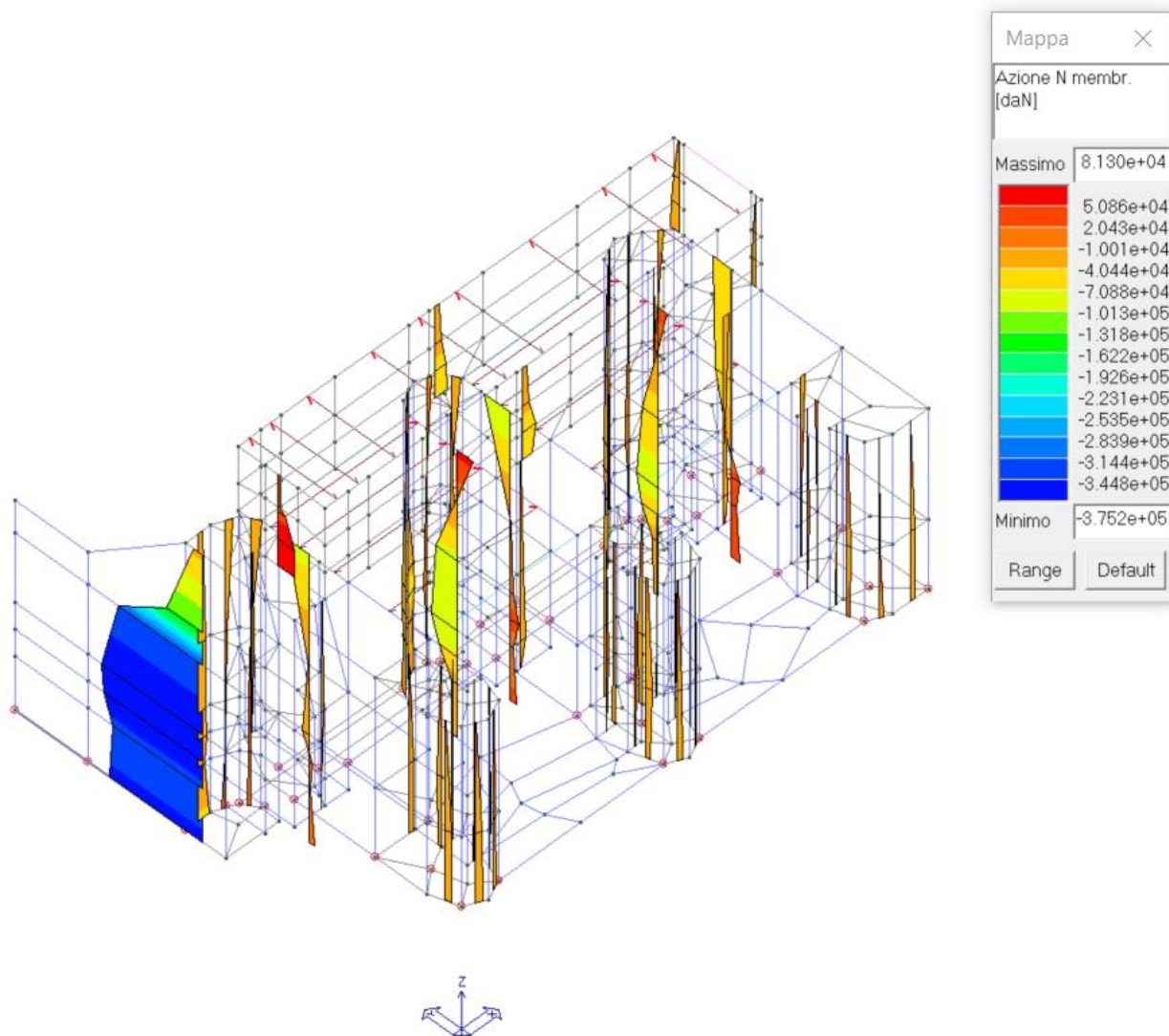
Elem.	Von Mises	N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2
117.83	1559.42	-2981.68	-2510.28	-1761.12	-652.78	-4.562e+04	-4.427e+04	-2.261e+04	-145e+04		
		1369.39	1067.31	841.72	2.690e+04	1.557e+04	2.356e+04	9791.28			



Flessione ortogonale per macroelementi tipo shell – CMB 52 SLV



Flessione membranale di piano per macroelementi shell – CMB 55 SLV



Sforzo normale macroelementi tipo shell – CMB 43 SLV

5.9 SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

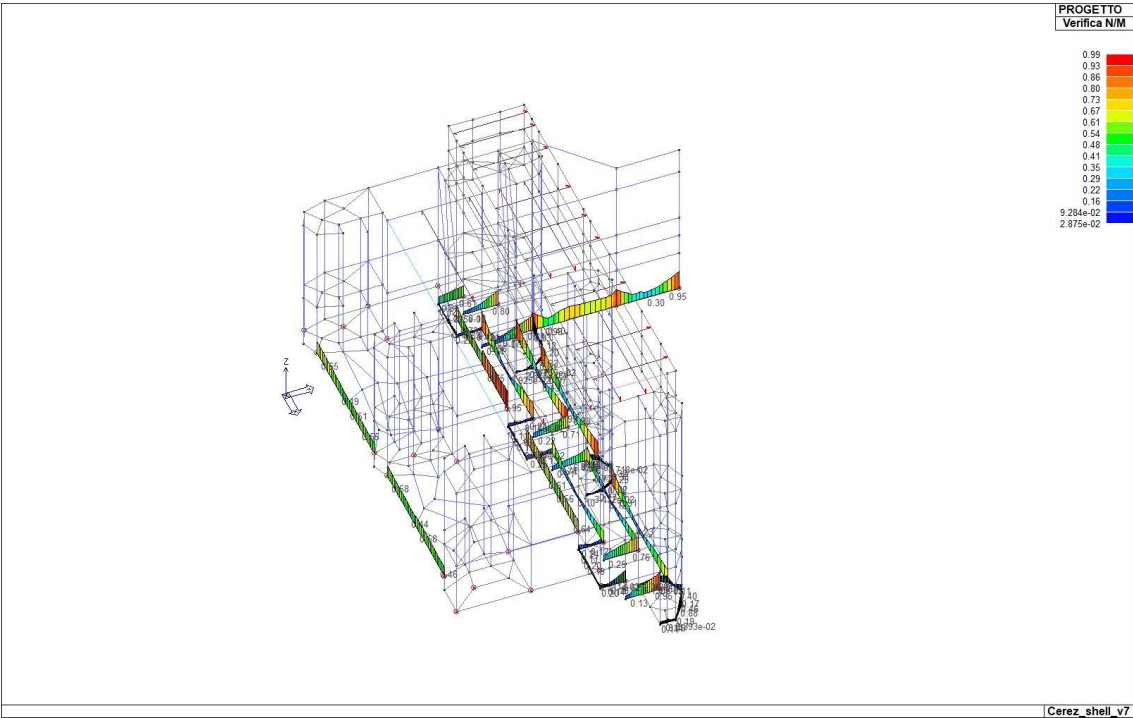
Per la verifica con il metodo degli stati limite vengono riportati: il rapporto x/d , le verifiche per sollecitazioni proporzionali e la verifica per compressione media con l'indicazione delle combinazioni in cui si sono attinti i rispettivi valori.

Per le verifiche agli S.L. della sezione più sfavorevole è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

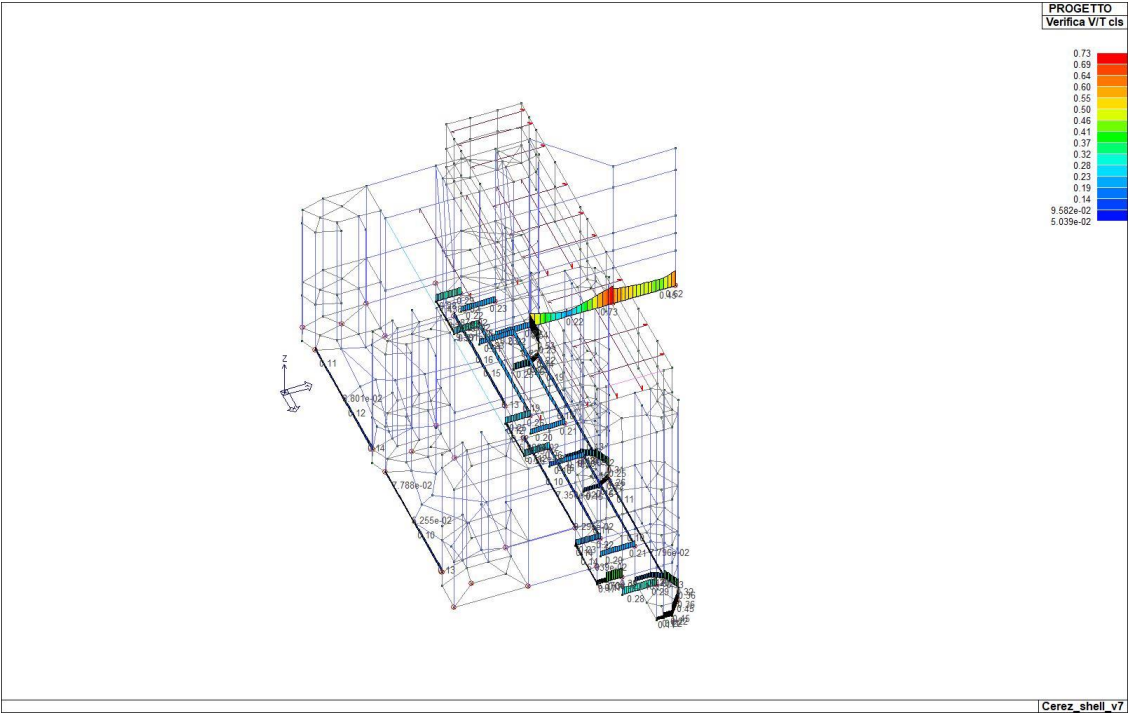
%Af	Percentuale di area di armatura rispetto a quella di calcestruzzo
Af inf.	Area di armatura longitudinale posta all'intradosso
Af sup	Area di armatura longitudinale posta all'estradosso
Af long.	Area complessiva armatura longitudinale
x/d	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile

V N/M	Verifica a pressoflessione rapporto Ed/Rd: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
V V/T cls	Verifica a taglio/torsione con rapporto Ved/Vrd: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva

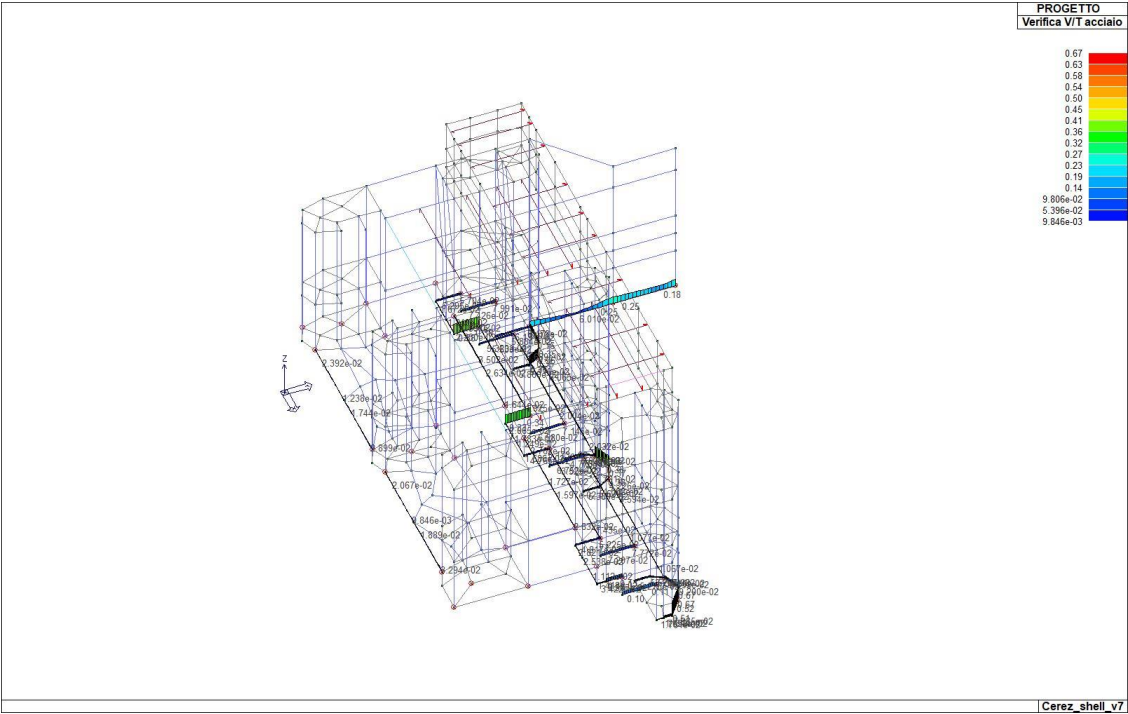
Trave	%Af	Af inf.	Af. Sup	Af long.	x/d	V N/MV	V/T clsV	V/T acc
	0.79	31.41	31.41	12.57	0.16	0.99	0.73	0.67



71_PRO_CA_TRV_VER_NM



71_PRO_CA_TRV_VER_VRCD



71_PRO_CA_TRV_VER_VRSD

Per le verifiche agli S.L. della sezione più sfavorevole degli elementi shell è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Nodo	numero del nodo
Stato	codice di verifica dell'elemento ok o NV
x/d	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)
V N/M	Verifica delle sollecitazioni Normali (momento e sforzo normale)
Ver. rid	Rapporto Nd/Nu (Nu ottenuto con riduzione del 25% di fcd)
Af pr+	quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af pr-	quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af sec+	quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af sec-	quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Nz No Nzo	Sforzi membranali per pareti e/o setti verticali
Mz Mo Mzo	Sforzi flessionali per pareti e/o setti verticali
Nx Ny Nxy	Sforzi membranali per gusci orizzontali
Mx Mx Mxy	Sforzi flessionali per gusci orizzontali

Macro Setto	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
1	50.00	6	1	Singolo elemento NON DISSIPATIVO

Nodo zo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M
									daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	
1	ok	0.10	0.8	8.40e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-474.0	-49.8	-419.6	5509.0	1708.5	-
2565.4														
2	ok	0.10	0.6	0.1	12.6	12.6	12.6	12.6	-811.0	-447.0	-585.1	-2974.2	749.7	-
2026.5														
3	ok	0.11	1.0	9.54e-02	14.2	12.6	14.2	12.6	347.1	441.0	419.8	-2205.8	-3999.4	-
1781.3														
24	ok	0.10	0.8	5.24e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	673.8	-107.3	234.5	-43.7	-1896.3	-
1489.3														
27	ok	0.10	0.5	5.14e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-484.4	-125.3	53.1	5694.0	1710.1	-
2189.1														
28	ok	0.10	0.6	6.92e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-671.3	8.4	-152.7	3224.5	575.1	-
3762.3														
29	ok	0.10	0.4	5.20e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-594.7	0.9	-29.6	-2315.9	-373.2	-
1657.4														
30	ok	0.10	0.4	6.11e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-673.4	91.8	-145.0	-1974.9	-398.6	-
2057.1														
31	ok	0.10	0.4	4.71e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-381.4	83.8	-138.3	-2055.6	-343.0	-
1533.8														
32	ok	0.10	0.5	5.61e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-432.0	72.5	-239.1	-1411.8	-571.5	-
1745.5														
33	ok	0.10	0.4	3.08e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-295.4	-47.2	-132.2	-1595.4	-464.3	-
1279.2														
34	ok	0.10	0.4	4.47e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-165.7	-50.4	-226.6	-2225.8	-1005.5	-
1381.0														
35	ok	0.10	0.6	1.76e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	98.8	299.6	140.9	428.0	1186.4	-
1616.7														
36	ok	0.10	0.8	9.20e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-120.2	-364.4	-165.0	-2120.1	-1631.8	-
1678.1														
37	ok	0.10	1.0	6.34e-02	13.4	12.6	13.4	12.6	-689.9	-355.3	-119.8	1451.8	180.3	-
2373.3														
38	ok	0.10	0.6	5.14e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-289.9	201.0	-228.5	-1067.7	-1574.0	-

**PROGETTO 221-19-00 RIFUNZIONALIZZAZIONE NODO IDRAULICO CEREZZOLA – RELAZIONE TECNICA
PRELIMINARE SULLE STRUTTURE**

849.0														
39	ok	0.10	0.5	4.13e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-296.6	151.5	-228.7	-1372.5	-1509.5	-
949.9														
40	ok	0.10	0.4	4.78e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-105.7	-123.1	-45.8	-363.6	1328.8	-
604.3														
41	ok	0.10	0.4	6.16e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-252.8	-370.3	-389.7	-415.6	1376.2	-
445.5														
42	ok	0.11	1.0	7.63e-02	15.4	17.8	15.4	17.8	339.4	794.5	181.3	-9012.4	-1595.0	
3571.8														
43	ok	0.11	1.0	9.30e-02	16.5	12.6	16.5	12.6	-693.2	-628.8	-415.9	6301.6	2285.4	-
682.3														
44	ok	0.10	0.7	5.43e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-451.6	-247.2	-170.5	729.3	-199.3	-
756.3														
45	ok	0.10	0.3	2.66e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-119.5	-97.2	-46.2	403.5	1710.8	-
607.9														
46	ok	0.10	0.4	4.56e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	17.8	-411.5	28.1	-398.9	-186.9	-
264.4														
47	ok	0.10	1.0	8.01e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-526.2	-315.7	-485.5	3294.3	-955.7	
1831.5														
48	ok	0.11	1.0	7.93e-02	16.3	15.1	16.3	15.1	524.0	779.5	536.1	-4869.7	658.5	
619.7														
49	ok	0.10	1.0	7.90e-02	13.5	12.6	13.5	12.6	-585.2	-524.6	-351.7	3380.1	2407.4	-
247.2														
50	ok	0.10	0.4	3.32e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	82.4	-112.6	82.1	-6.3	836.1	-
528.2														
51	ok	0.10	0.2	3.92e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	52.9	-439.8	69.7	-253.4	266.6	-
267.1														
53	ok	0.10	0.7	6.58e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-349.8	-326.1	-416.3	-335.1	-1550.4	
59.0														
54	ok	0.10	1.0	6.53e-02	12.9	12.6	12.9	12.6	-266.6	-493.8	-350.8	-918.6	-1132.2	
901.4														
55	ok	0.10	0.3	3.68e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-102.9	-140.2	135.9	135.9	574.6	-
654.3														
56	ok	0.10	0.3	4.14e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	51.1	-444.1	125.9	-325.1	-1303.0	-
633.1														
59	ok	0.10	0.7	6.77e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-223.8	-726.4	164.7	-513.2	-1396.5	-
219.3														
60	ok	0.10	0.3	3.02e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-251.0	-165.2	110.2	-239.7	-301.7	-
642.0														
61	ok	0.10	0.4	2.76e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	38.0	-299.0	79.5	469.5	2397.0	-
532.5														
64	ok	0.10	0.2	2.59e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-127.9	-173.3	144.4	-1854.5	-523.3	
44.3														
65	ok	0.10	0.1	2.78e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-247.1	-165.1	104.9	742.9	-83.6	-
110.6														
66	ok	0.10	0.2	1.31e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-55.6	-51.0	20.0	-27.2	204.5	-
99.1														

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+Af	sec-Af	sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M
3762.26									-811.02	-726.41	-585.06	-9012.41	-3999.36	-
3571.80		0.11	0.99	0.14	16.46	17.84	16.46	17.84	673.85	794.55	536.12	6301.64	2407.39	

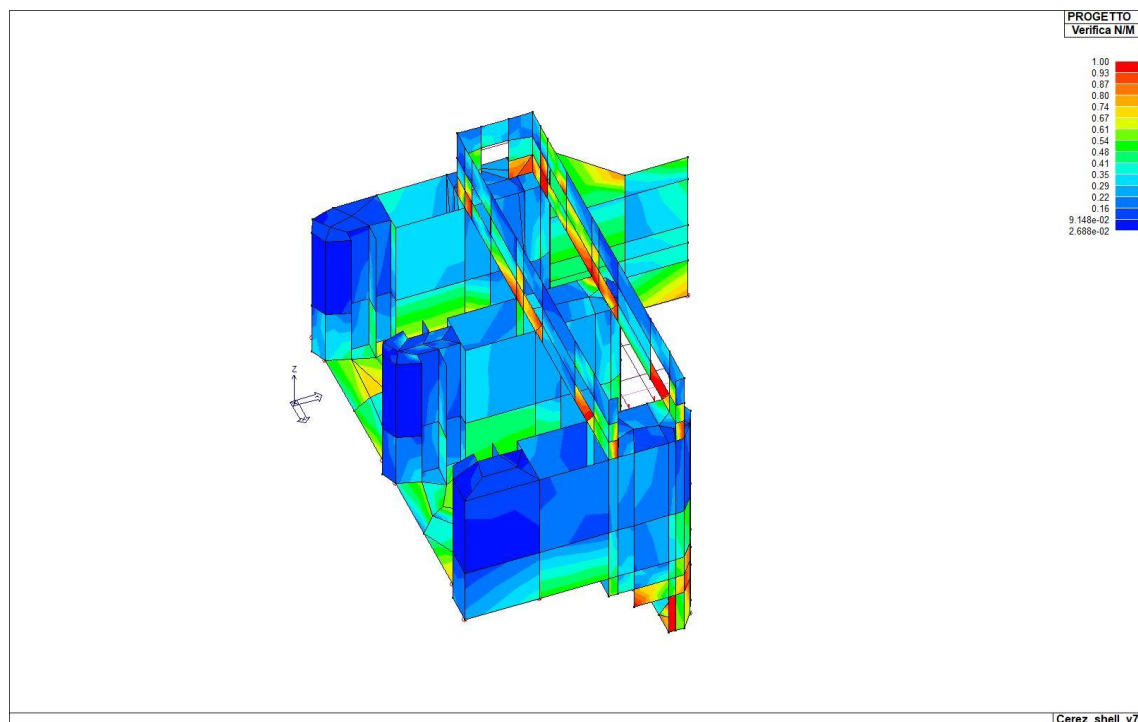
Macro Setto	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
29	50.00	6	1	Singolo elemento NON DISSIPATIVO

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+Af	sec-Af	sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M
									daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	
11	ok	0.10	0.3	2.98e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-109.0	12.8	103.4	510.0	-45.6	
127.4														
12	ok	0.11	1.0	9.03e-02	12.6	15.6	12.6	14.1	978.5	335.4	240.9	2266.8	-512.5	
1106.2														
13	ok	0.10	0.2	3.90e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-355.0	-60.8	188.0	604.7	1206.5	
236.5														
16	ok	0.11	1.0	8.99e-02	18.5	15.2	18.5	15.2	814.5	508.9	625.7	-2531.1	1832.5	-
1704.6														
18	ok	0.11	1.0	0.1	13.9	12.6	13.9	12.6	-576.7	-337.9	-48.6	2939.6	-1881.5	
390.8														
20	ok	0.10	0.9	7.08e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-586.1	-466.7	-278.9	5246.3	2978.6	
243.1														
22	ok	0.10	0.2	2.98e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-218.1	107.5	-38.1	62.5	-502.7	-

PROGETTO 221-19-00 RIFUNZIONALIZZAZIONE NODO IDRAULICO CEREZZOLA – RELAZIONE TECNICA PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

823.3														
57	ok	0.10	0.3	1.79e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-77.4	-140.4	90.5	1265.7	-472.6	-
317.7														
154	ok	0.10	0.2	1.99e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-209.5	-87.7	28.9	111.6	-1301.2	-
642.4														
211	ok	0.10	0.5	4.03e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-335.6	-54.0	84.1	1778.7	-178.2	-
528.0														
287	ok	0.11	1.0	9.84e-02	12.6	14.3	12.6	14.3	831.2	124.8	285.8	2821.7	83.9	-
1303.5														
298	ok	0.11	1.0	0.1	12.7	14.5	12.7	14.4	838.5	72.1	312.2	2890.7	3967.0	-
539.6														
300	ok	0.11	1.0	0.1	16.1	12.6	16.1	12.6	-578.3	-176.6	-51.1	6063.6	-2368.1	-
1319.0														
305	ok	0.10	1.0	9.55e-02	12.6	13.6	12.6	13.2	-451.1	86.1	-25.8	5608.1	-66.5	-
509.0														
307	ok	0.10	0.6	4.87e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-532.3	-99.1	103.6	4521.3	-2012.6	-
402.7														
308	ok	0.10	0.7	4.78e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	355.7	222.5	287.5	-6.6	-393.1	-
2531.9														
309	ok	0.10	0.4	3.26e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-150.8	5.1	-120.9	-658.8	597.2	-
471.1														
310	ok	0.10	0.6	7.32e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-382.3	-527.5	71.2	1268.8	2802.3	-
927.2														
311	ok	0.10	0.4	2.72e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-172.7	-99.3	-104.8	-209.8	-187.4	-
112.2														
312	ok	0.10	0.2	2.26e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-207.0	4.4	41.7	2311.3	-29.2	-
361.4														
313	ok	0.10	0.2	4.21e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-381.0	-114.6	193.0	586.8	501.7	-
168.4														
314	ok	0.10	0.2	3.54e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-232.4	-165.4	-61.5	1235.4	590.6	-
189.5														
317	ok	0.10	0.5	3.32e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-178.0	-346.0	76.3	-126.3	-257.5	-
147.3														
318	ok	0.10	0.2	1.78e-02	12.6	12.6	12.6	12.6	-147.3	-33.5	-27.8	2336.2	105.0	-
133.0														

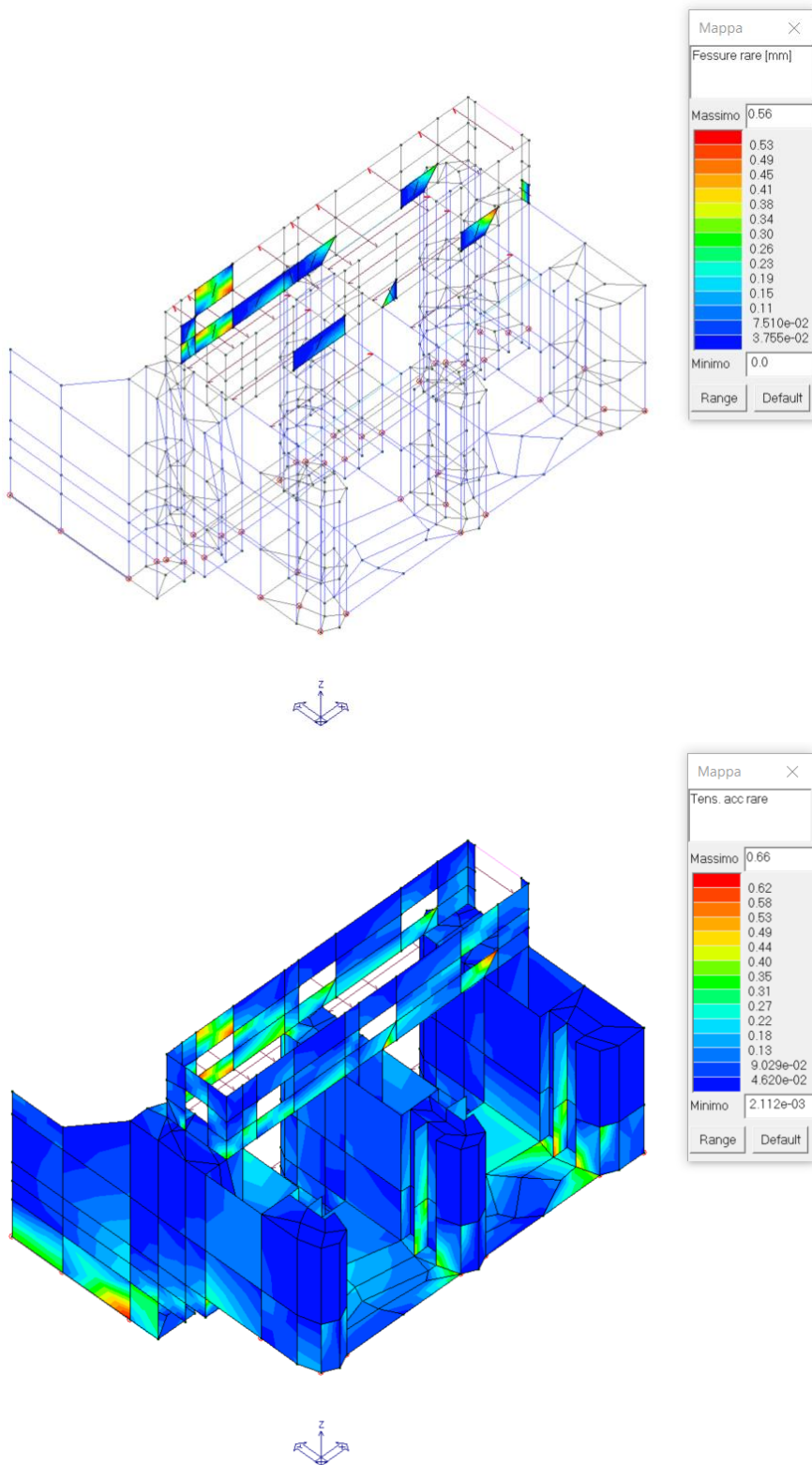
Nodo	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+Af	sec-Af	sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M
zo								-586.14	-527.45	-278.93	-2531.10	-2368.08	-
2531.87													
1303.49	0.11	0.99	0.15	18.52	15.59	18.52	15.18	978.52	508.94	625.67	6063.63	3967.04	



72_PRO_CA_D3_VER_NM

5.10 VERIFICHE SLE

Vengono riportati in sintesi i valori di interesse per il controllo degli stati limite di esercizio.



5.11 VERIFICHE SLD DANNO SISMICO

Le verifiche RES per SLD sono effettuate in accordo alle Norme Tecniche 17 Gennaio 2018 e alla circolare n.7 del 21 gennaio 2019 nonché alle linee guida del Consiglio Superiore LL.PP. “Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP”.

Le verifiche RES per SLD, sono riportate nelle successive tabelle nella forma di rapporto “domanda” su “capacità” e hanno esito positivo quando il rapporto è non superiore al valore unitario.

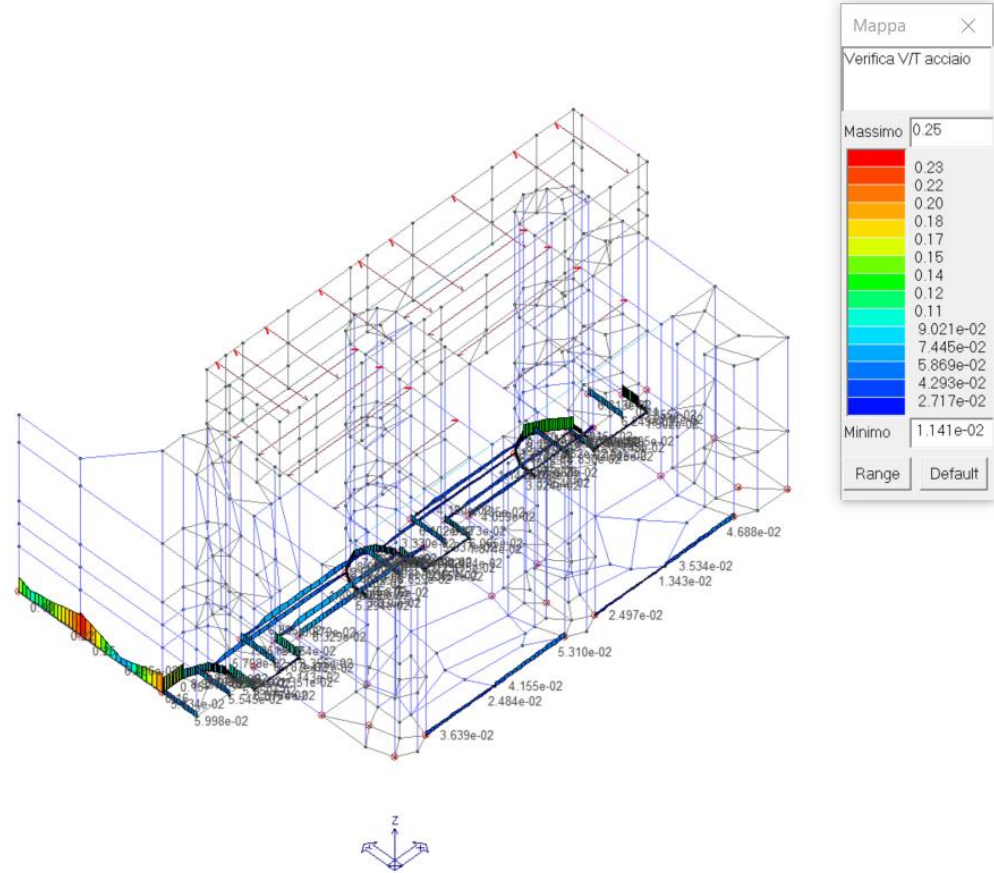
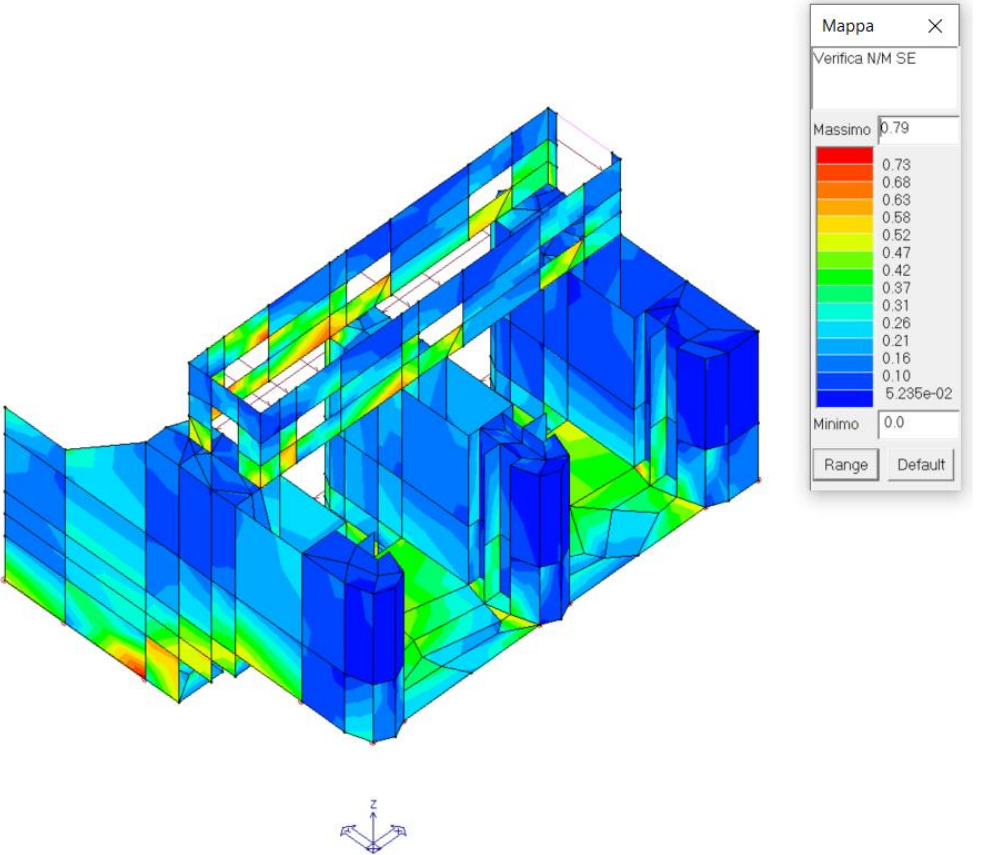
La “domanda” è ottenuta direttamente dall'analisi per le previste combinazioni SLD (NTC18 2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI formula [2.5.5]).

Per “capacità” si intende qui il valore della sollecitazione corrispondente al raggiungimento dello stato limite di danno per la sezione: per la resistenza flessionale questo stato limite si identifica con la tensione di snervamento dell'acciaio o la resistenza massima a compressione per il calcestruzzo e la muratura. Lo stato limite di danno si ritiene attinto anche in caso di superamento della resistenza a taglio.

Le resistenze flessionali sono valutate utilizzando i legami costitutivi del materiale limitati al solo tratto elastico, ottenendo così resistenze sostanzialmente elastiche come previsto dalla norma.

La seguente tabella identifica per quali configurazioni (materiale nuovo, esistente, con rinforzi e metodo di analisi) sono state condotte le verifiche di seguito riportate.

Configurazione	Verifica SLD	NOTE
1) c.a. nuovo e esist. Verifica SLU con $q > 1$	Verifica N/M SE Verifica V/T	Sono verifiche per struttura non dissipativa condotte secondo il cap.4 NTC18 in regime sostanzialmente elastico; si verificano travi, pilastri, setti e gusci.



5.12 ANALISI E VERIFICHE STRUTTURE DI FONDAZIONE

PARAMETRI DI CALCOLO

Modalità di calcolo della portanza verticale per fondazioni profonde:

Per elementi con pali: Portanza di punta e laterale

Per elementi con micropali: Portanza di punta e laterale

Metodi di calcolo della portanza di punta per fondazioni profonde:

Per terreni sciolti: Vesic

Riduzione della tensione litostatica: No

Per terreni lapidei: Terzaghi

Riduzione di Kishida per pali battuti o trivellati: Sì

Metodo di calcolo del coefficiente di spinta orizzontale K_s : Tomlinson

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per Tensioni Ammissibili e S.L.E. nel calcolo della portanza per fondazioni profonde:

Coeff. di sicurezza alla punta: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il fusto: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il bulbo: 2,50

Coeff. di sicurezza per palo in trazione: 2,50

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per S.L.U. nel calcolo della portanza per pali trivellati:

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per $\tan f$ (statico): 1

- Coeff. M1 per c' (statico): 1

- Coeff. M1 per C_u (statico): 1

- Coeff. M1 per $\tan f$ (sismico): 1

- Coeff. M1 per c' (sismico): 1

- Coeff. M1 per C_u sismico): 1

- Coeff. R3 base: 1,35

- Coeff. R3 laterale in compressione: 1,15

- Coeff. R3 laterale in trazione: 1,25

Fattore di correlazione: 1,70

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE

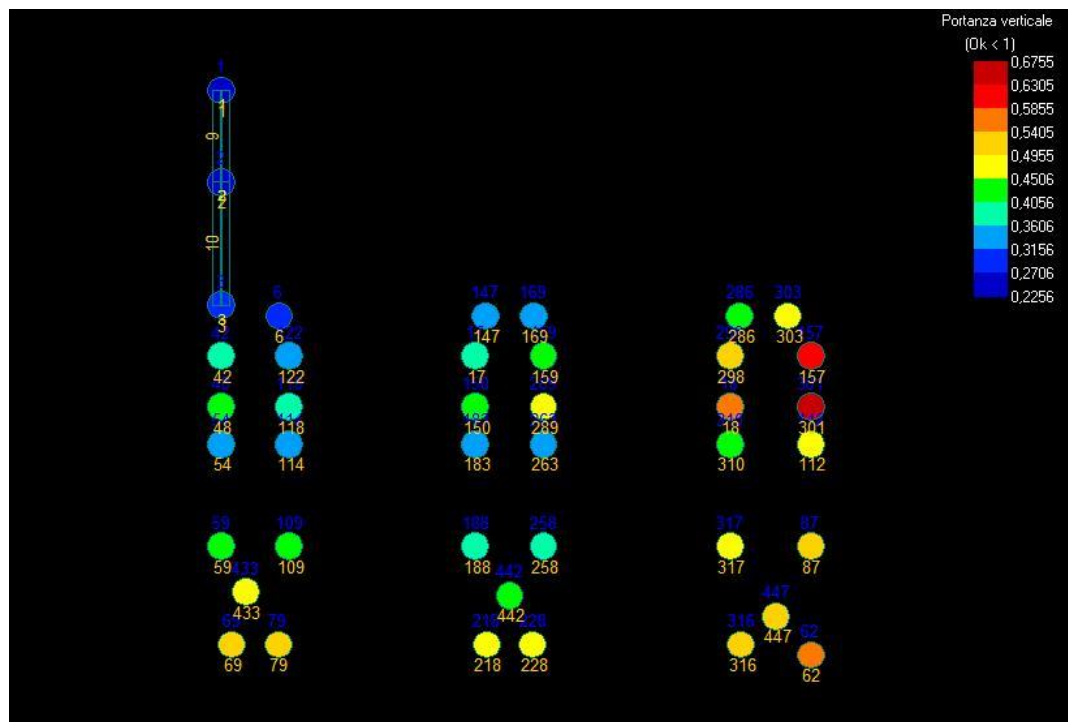
Elemento: 1 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
25,0	1687,3	440,0	0,0	0,0	80,0	0,00	1	001

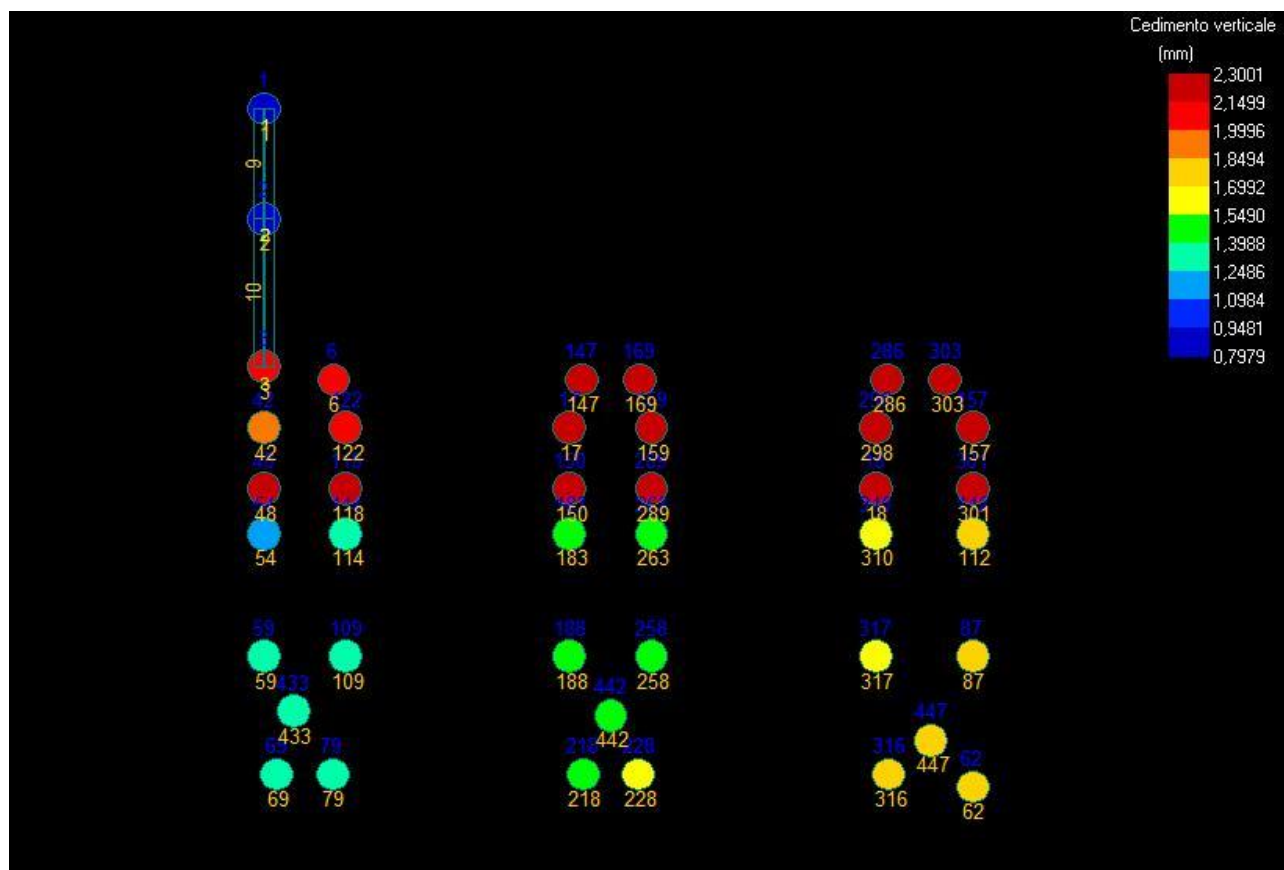
Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
80,0	800,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 0

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

Valori di calcolo della portanza per fondazioni profonde:



Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni profonde:



5.13 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

5.14 CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** "Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST" disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo	
Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	LT (build 2022-02-195)
Produttore-	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l.

Distributore:	Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE (Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it
Codice Licenza:	Licenza dsi6678

6 VERIFICHE SUI MANUFATTI IN TERRA

6.1 RILEVATO ARGINALE IN SINISTRA IDRAULICA

L'arginatura che separa il volume d'invaso principale dal volume di invaso secondario verrà realizzata prelevando il materiale a partire dal piano campagna dell'area di progetto dell'invaso principale: tali terreni costituiscono il materasso alluvionale dell'attuale letto del Torrente Enza e sono composti da una miscela di sedimenti sciolti quali ciottoli, ghiaie, sabbie e limi in quantità eterogenee.

Tale terreno di norma non sarebbe indicato per essere utilizzato nella costruzione di un rilevato arginale con funzione di impermeabilizzazione in quanto la natura grossolana dei suoi costituenti favorisce l'infiltrazione dei fluidi con una certa velocità (alta permeabilità).

Tuttavia, come specificato in Relazione Generale, il manufatto avrà funzione schermante verso le piene fluviali che, come già registrato nella medesima area, hanno la tendenza a causare un'importante sedimentazione con conseguente riempimento e perdita dell'area di invaso.

L'argine in progetto ha quindi sola valenza strutturale e assolve principalmente a due funzioni:

- Protezione dell'area di invaso secondaria dalle piene fluviali
- Passaggio in sommità dei mezzi di manutenzione

Si rimanda alla relazione geologica redatta dallo *Studio Geologi Associati – GEOLOG* a firma del dott. Geol. Fausto Campioli in Gennaio 2020 per ogni approfondimento in merito alla conoscenza geologica e geotecnica dei terreni presenti nell'area di intervento.

Di seguito verranno esposti i risultati di:

- verifica di stabilità globale ai sensi delle NTC 2018 (§ 6.8 e § 7) secondo l'approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2).
- Verifica al carico limite secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3).

5.1.1 MODELLO GEOTECNICO

Dalla relazione geologica allegata si desumono i parametri geotecnici, esposti nella tabella successiva, del terreno di fondazione e dell'argine stesso utilizzati nelle verifiche.

	Litologia dello strato	Angolo di attrito interno [°]	Peso specifico [kN/m³]
Argine/Fondazione	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	37,5	19,00

Il metodo di analisi di equilibrio limite con superficie di rottura ipotizzata e circolare è quello di Bishop.

I programmi di calcolo utilizzati sono SLOPE 2012 della software GEOSLOPE con sede a Calgary, Alberta, Canada di cui si è in possesso di regolare licenza.

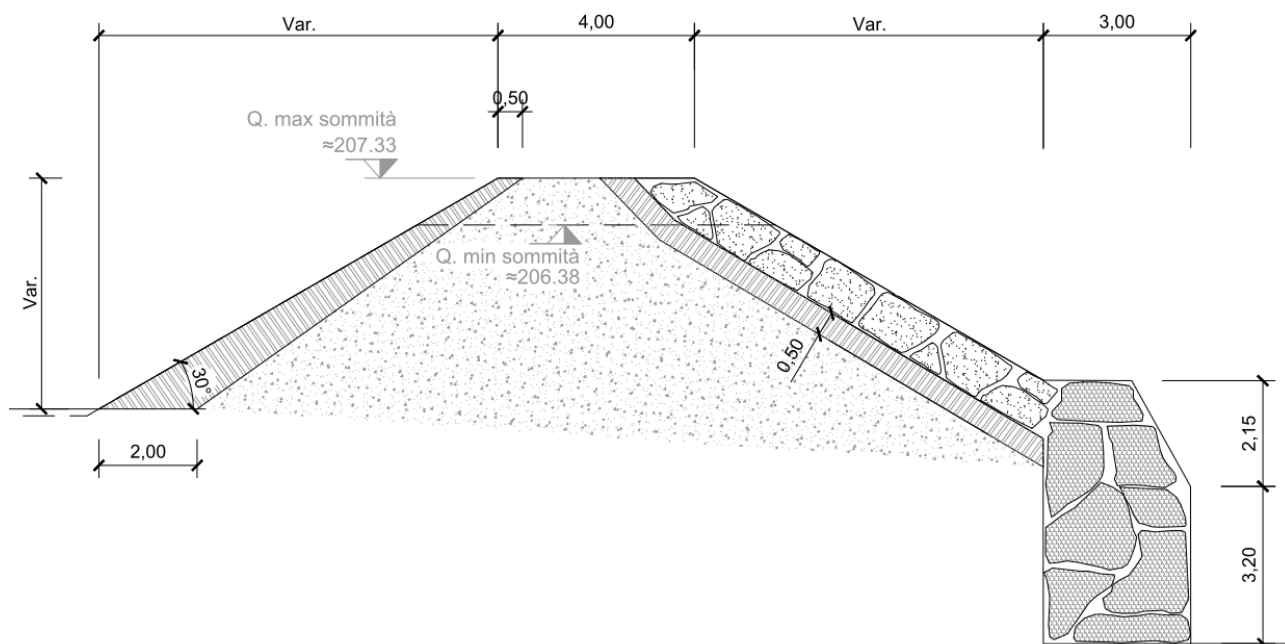
6.2 DESCRIZIONE OPERA

Il rilevato di progetto verrà a collocarsi parallelo alla sponda in sinistra idraulica del torrente Secchia, separando il volume di invaso principale da quello secondario (visionare la tavola del paragrafo 3.2 per una migliore visione d'insieme).

Nello specifico, il manufatto presenterà le seguenti caratteristiche geometriche:

- L'estensione complessiva dell'opera è di circa 250 m.
- Le scarpate arginali hanno una pendenza media di 30° dal p.c..
- La sommità arginale è larga 4 m.

Dai risultati delle verifiche geotecniche si è modificato il progetto originale inserendo protezioni spondali in pietrame e materiale impermeabile. Nei paragrafi successivi saranno illustrati i motivi delle seguenti scelte progettuali.



Tav. 3-3-2: Sezione generica del rilevato arginale in progetto; i rinforzi arginali saranno illustrati nel paragrafo 5.3.2

6.3 VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

6.3.1 CONDIZIONI DI VERIFICA

Sono state eseguite varie modellazioni della sezione arginale di progetto che si differenziano fra di loro per differenti combinazioni dei seguenti aspetti:

- Data la natura simmetrica delle due scarpate arginali, il modello di verifica si attiene ad una sezione generica avente scarpata con inclinazione di 30°
- Presenza o meno dell'invaso principale a livello piena
- Presenza o meno di mezzi di manutenzione in sommità arginale
- Presenza o meno dell'azione sismica
- Presenza o meno di una difesa spondale ad opera di massi ciclopici e livelli impermeabili

6.3.2 RISULTATI

I valori del fattore di sicurezza alla stabilità globale ricavati dalle analisi, si rifanno a superfici di scorrimento estremamente superficiali della scarpata arginale (max 10-20 cm di profondità).

Questo fatto è riconducibile alla natura stessa dei terreni granulari di cui sarà costituito il nucleo del manufatto e rappresenta l'elemento chiave su cui sono state costruite le successive modifiche al progetto originale, il quale non prevedeva rinforzi arginali.

Dalla tabella notiamo infatti come i modelli che presentano tali rinforzi, ottengono un notevole aumento di stabilità.

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva con i risultati delle verifiche di stabilità condotte **con e senza i rinforzi arginali che saranno previsti in progetto**:

Analisi N°	Presenza invaso piena	Mezzi di manutenzione	Azione sismica	Rinforzi arginali	FS Bishop
1	v	v			1,00
2	v		v		0,95
3	v	v		v	1,29
4		v			0,98
5		v		v	1,18
6			v		0,90
7			v	v	1,19

Con i rinforzi arginali previsti in progetto e di seguito descritti, essendo il coefficiente di sicurezza $\geq R2$ maggiore di 1,10, la verifica di stabilità globale è soddisfatta.

A seguito delle verifiche di cui alle condizioni in tabella, si precisa che:

- La presenza dell'invaso aumenta leggermente la stabilità della scarpata grazie al peso dell'acqua (analisi n.3).
- I rinforzi arginali permettono il passaggio in sommità dei mezzi di manutenzione in qualsiasi condizione, compreso durante un evento di piena di modesta entità (analisi n.6).

La tipologia di rinforzi arginali assolve a diverse funzioni a seconda della loro natura:

- Massi ciclopici su letto in calcestruzzo per posa ed intasamento (Lato vaso principale)
Copertura coerente e strutturalmente resistente agli effetti erosivi: oltre a stabilizzare la scarpata come sopra descritto questo spessore di circa 1m fa da "scudo" al corpo arginale contro gli effetti delle torrenti turbolente che si sviluppano durante un evento di piena.
- Materiale impermeabile costipato (in entrambe le scarpate)
Copertura in materiale fine impermeabile: oltre a stabilizzare la scarpata ed impedire al materiale grossolano sottostante di scalzarsi, assolve al ruolo di abbassare la velocità di

infiltrazione (diminuzione permeabilità) della falda acquifera all'interno del corpo arginale con conseguente aumento della stabilità.

A completamento dell'opera, al piede della scarpata lato invasato principale sarà prevista un'opera di sostegno costituita da un muro in massi ciclopici e calcestruzzo responsabile di un'aggiuntiva protezione contro l'erosione al piede del manufatto.

6.4 VERIFICA AL CARICO LIMITE

6.4.1 PREMESSA

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi sul terreno di fondazione deve essere superiore a γ_q detto *fattore di sicurezza* pari 2,3. Cioè, detto P_d , il carico limite e V_d la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$P_d/V_d \geq \gamma_q$$

Le espressioni di Brinch-Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a seconda se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale:

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q + 0.5 B \gamma N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma}$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = C_u N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q$$

in cui d_c, d_q, d_{γ} , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_{γ} , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_{γ} , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_{γ} , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_{γ} , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

6.4.2 Verifiche SLU e SLV

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi, svolte utilizzando il programma di calcolo CARL 14 della software AZTEC INFORMATICA con sede a Casali del Manco in provincia di Cosenza, di cui si è in possesso di regolare licenza.

Le analisi sono state svolte in condizioni drenate.

La verifica al collasso struttura arginale-terreno di fondazione è stata condotta secondo l'approccio 1 (A2+M2+R3).

Date le seguenti caratteristiche del terreno e della fondazione di progetto:

Cmb	Fnd	H [m]	γ [kN/mc]	α [°]	c'_k [°]	B' [m]	L' [m]	I _{RC}
1-SLU	1	19,57	18,6329	27.09	0	0	19,30	80.51
2-SLV	1	19,57	18,6329	27.09	0	0	19,30	80.51

Dove

Cmb Indice della combinazione

Fnd Indice della fondazione

H Altezza del cuneo di rottura, espressa in [m]

\square Peso di volume, espressa in [kN/mc]

\square Angolo di attrito, espressa in [°]

c' Coesione efficace, espressa in [kPa]

B' Base ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($B'=B-2e_x$), espressa in [m]

L' Lunghezza ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($L'=L-2e_y$), espressa in [m]

I_{RC} Indice di rigidezza critico dato da
$$I_{r,crit} = \frac{1}{2} \exp \left[\left(3.3 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cot \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2} \right) \right]$$

Cmb	Fnd	PF	q_u [kPa]	q_d [kPa]	P_u [kN]	P_d [kN]	V [kN]	\square
1	1	NO	2636	1146	50883,26	22123,16	1019,37	21.70
2	1	NO	2636	1146	50883,26	22123,16	1039,37	21.29

Dove

Cmb Indice della combinazione

Fnd Indice della fondazione

PF Rottura per punzonamento in presenza di falda

q_u Portanza ultima, espressa in [kPa]

q_d Portanza di progetto, espressa in [kPa]

P_u Portanza ultima, espressa in [kN]

P_d Portanza di progetto, espressa in [kN]

V Carico ortogonale al piano di posa, espresso in [kN]

\square Fattore di sicurezza a carico limite ($\square = P_d/V$) che deve essere maggiore di $R3 = 2,3$

Essendo il fattore di sicurezza maggiore di **2,30** (R3) la verifica di sicurezza è soddisfatta per tutte le combinazioni.