

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTE



PROGETTO ESECUTIVO

RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

FV01 – FERMATA CAMPUS

RELAZIONE DI CALCOLO: VASCA DI SOLLEVAMENTO "SO" FERMATA CAMPUS

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	SCALA:
DIRETTORE TECNICO Ing. A. DI PALMA (data e firma)	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. M. RASIMELLI (data e firma)	---

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA / DISCIPLINA PROGR. REV.

IA3S **01** **V** **ZZ** **CL** **SN0100** **004** **A**

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Revisione per RdV IA3S-RV-0000000089	G. DE MARTINO	OTT. 2021	G. DI MARCO	OTT. 2021	M.RASIMELLI	OTT. 2021	A.DI PALMA OTT. 2021

File: IA3S01VZZCLSN0100004A.doc

n. Elab.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	2 DI 74

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
	3.1 CALCESTRUZZO C32/40	8
	3.2 ACCIAIO B450C	9
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	11
	4.1 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA	11
5	DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA	13
6	MODELLO DI CALCOLO	18
	6.1 DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 – 10.2	18
	6.2 CONDIZIONI DI CARICO	20
	6.2.1 Peso proprio della struttura (DEAD)	20
	6.2.2 Carichi permanenti portati (PERM)	20
	6.2.3 Carichi mobili ferroviari	20
	6.2.4 Sovraccarichi accidentali (Qk)	20
	6.2.5 Spinta a riposo del terreno sui piedritti (SPRTP-DX/SPRTP-SX)	20
	6.2.6 Spinta a riposo da sovraccarichi (SPRQP-DX/SPRQP-SX)	21
	6.2.7 Variazioni di temperatura (TERM)	22
	6.2.8 Ritiro (RIT)	22
	6.2.9 Spinta acqua (SPWP/SPWSF)	22
	6.2.10 Spinta in presenza di sisma - Metodo di Wood (Sisma H, Sisma V, SPSHT-DX/SPSHT-SX)	23
	6.3 COMBINAZIONI DI CARICO	25
7	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI	32
	7.1 DIAGRAMMI INVILUPPO (SLU)	32
	7.2 DIAGRAMMI INVILUPPO (SLE)	34
8	VERIFICHE STRUTTURALI	36
	8.1 CRITERI GENERALI	36
	8.1.1 Verifiche a taglio	36
	8.2 VERIFICHE ALLO SLE	38
	8.2.1 Verifiche di deformabilità	38
	8.2.2 Verifiche di fessurazione	38
	8.2.3 Verifiche delle tensioni in esercizio	39
	8.3 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO	40

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	3 DI 74

8.4	VERIFICHE	42
8.4.1	Soletta Superiore	42
8.4.2	Verifica a Flessione	42
8.4.3	Verifica a Taglio	45
8.4.4	Verifica a Fessurazione e Tensioni di esercizio	46
8.4.5	Soletta di Fondazione.....	49
8.4.6	Verifica a Flessione	49
8.4.7	Verifica a Taglio	52
8.4.8	Verifica a Fessurazione e Tensioni di esercizio	53
8.4.9	Piedritti	56
8.4.10	Verifica a Flessione, Fessurazione e Tensioni di esercizio	56
8.4.11	Verifica a Taglio	65
8.5	Tabella Incidenza Armature.....	67
9	VERIFICHE GEOTECNICHE	68
9.1	VERIFICA A CARICO LIMITE	68
9.2	Verifica dei cedimenti	74

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI				
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE				
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. FOGLIO A 4 DI 74

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al progetto esecutivo della variante di tracciato tra Bari Centrale e Bari Torre a Mare, prevista nell'ambito del riassetto del Nodo di Bari – Tratta a Sud di Bari.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella definizione della planimetria idraulica relativa alla Fermata CAMPUS, di cui si riporta un'immagine di inquadramento generale in cui sono indicati i diversi impianti di sollevamento.

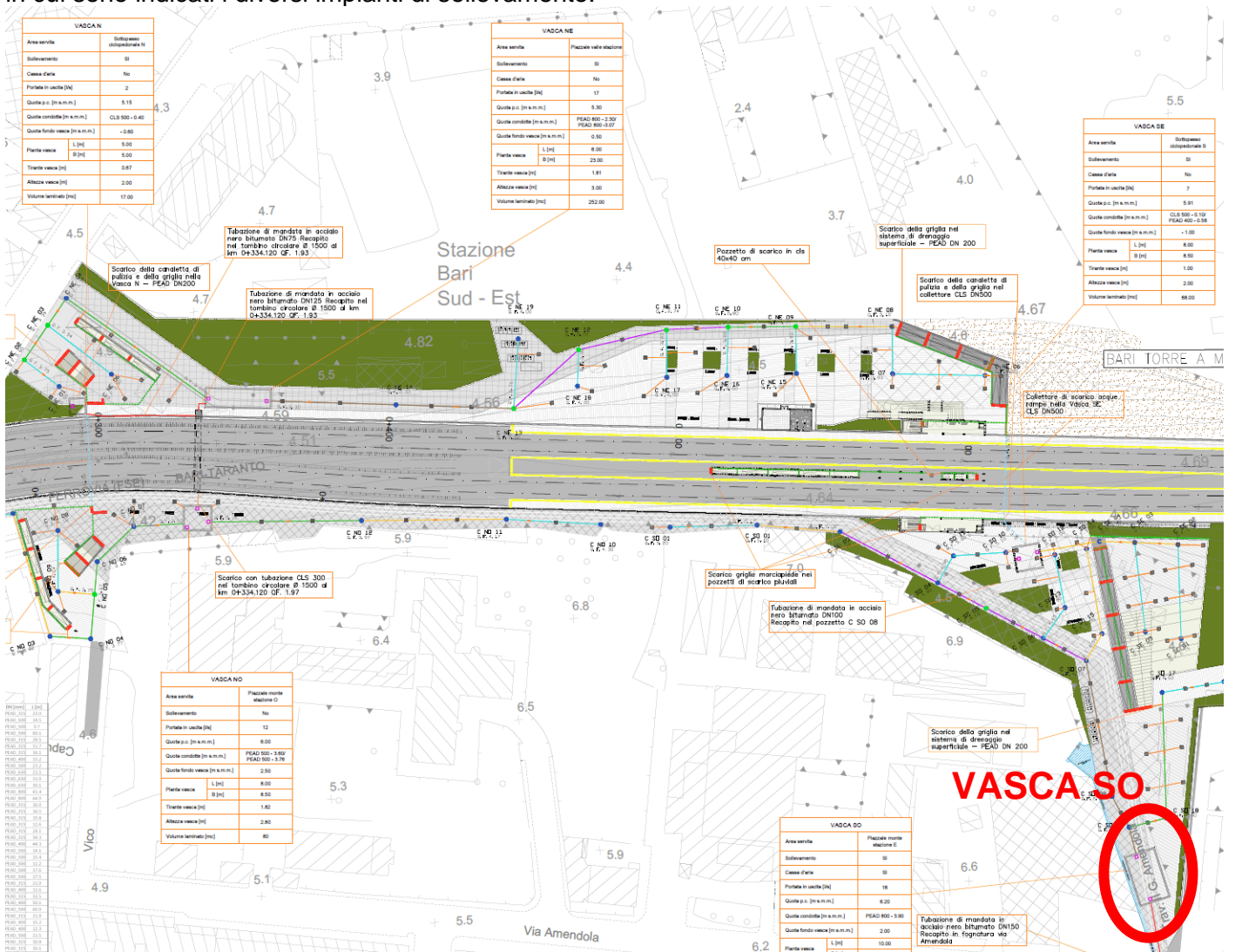


Figura 1 – Pianta di inquadramento

In particolare, la presente relazione è incentrata sull'analisi e sulle verifiche strutturali e geotecniche della VASCA SO. L'opera è costituita da una struttura scatolare pluriconnessa di tipo classico con altezza pari a 4.00 m e base pari a 18.00x11.00m. All'interno della struttura sono presenti, in posizione centrale rispetto alla sezione trasversale dei setti. Gli elementi strutturali fondazione, piedritti e soletta superiore hanno tutti uno spessore di 0.50m. I setti centrali hanno spessore pari a 0.40 m. Le dimensioni interne dello scatolare sono quindi rispettivamente pari a 17.00x10.00x3.00 m³.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI				
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE				
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. FOGLIO A 5 DI 74

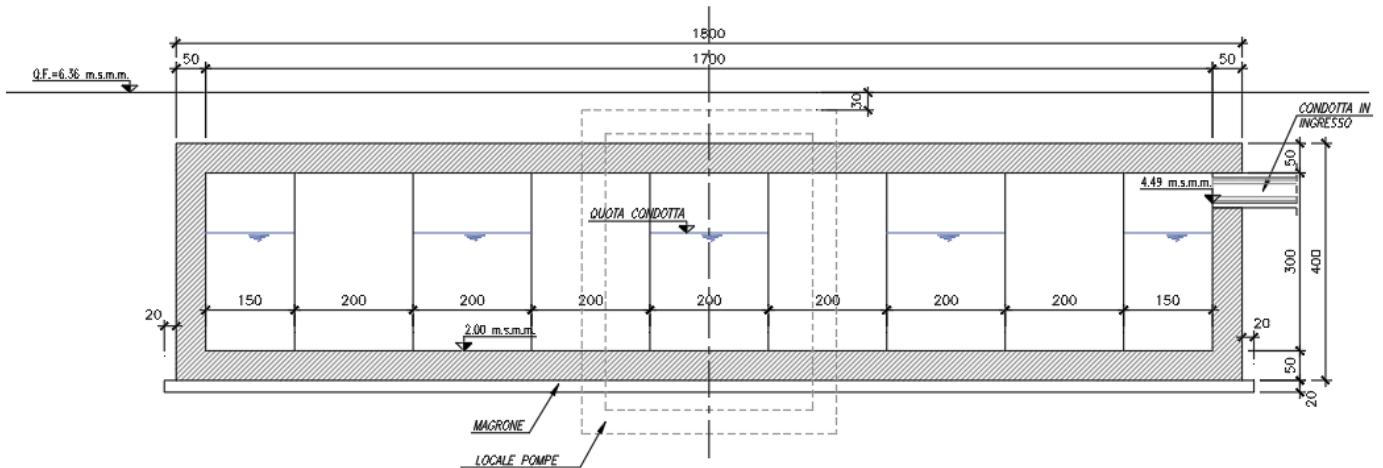


Figura 2 – Sezione trasversale e caratteristiche vasca

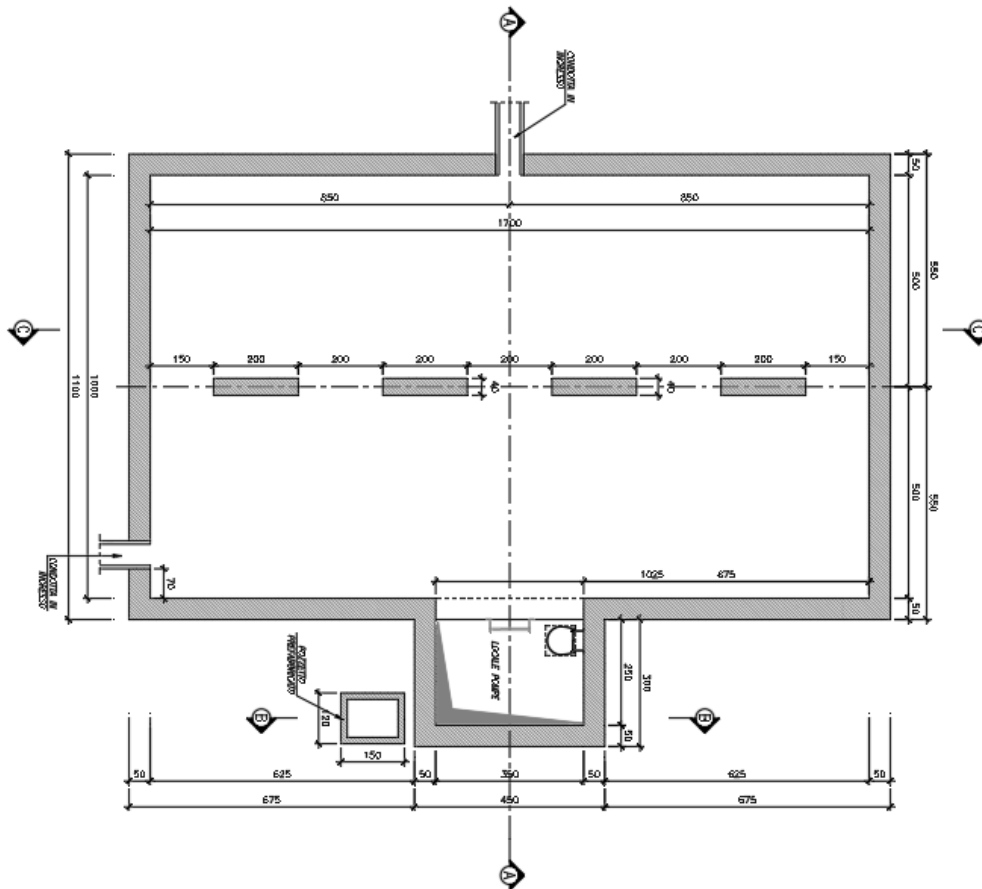


Figura 3 – Pianta

L'analisi dell'opera viene effettuata attraverso una modellazione tridimensionale, l'input geometrico del modello avviene mediante la definizione della geometria spaziale degli elementi, definita attraverso le

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 6 DI 74

coordinate spaziali dei nodi attraverso cui si definiscono tali elementi. La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche, è stata interpretata, valutata e adeguatamente trasferita nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale.

La gestione e la verifica delle analisi svolte avviene mediante il controllo dei files di input ed output che il software restituisce sia in forma grafica che in forma tabulare; i tabulati di output contengono le caratteristiche della sollecitazione, gli stati tensionali e deformativi

Il modello di calcolo è realizzato agli elementi finiti mediante il software Midas Gen distribuito dalla *Midas Corporation*. Nei seguenti paragrafi sono riportate le normative di riferimento, le caratteristiche dei materiali impiegati, i metodi di analisi utilizzati ed i risultati delle verifiche effettuate.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	7 DI 74

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n. 1086 - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;*
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64 - *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- D.M. 14 gennaio 2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC);*
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - *Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;*
- UNI EN 1992-1-1 - *Progettazione delle strutture di calcestruzzo;*
- UNI EN 206-1-2016 - *Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità.*
- Regolamento della Commissione Europea N.1299/2014 del 18 novembre 2014 - *Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.*
- Regolamento di esecuzione della Commissione Europea N.2019/776 del 16 novembre 2019 - *Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.*

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni RFI (Rete Ferroviaria Italiana) delle quali si è tenuto conto:

- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A – *Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra;*
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A – *Specifiche per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A – *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A – *Specifiche per la verifica a fatica dei ponti ferroviari;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A – *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A – *Specifiche per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia.*

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	8 DI 74

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per quanto concerne i materiali impiegati, si è scelto di usare un calcestruzzo di classe C32/40 e un acciaio per barre di armatura B450C.

3.1 CALCESTRUZZO C32/40

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, questo viene identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici e cubici, espressa in MPa. Alla tabella 4.1.1 delle NTC sono riportate le classi di resistenza. Per l'opera strutturale in esame, come detto, si utilizza calcestruzzo C32/40. Con riferimento alla normativa vigente si riportano le caratteristiche del materiale utilizzato.

[NTC – 4.1.2.1.1.1] La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo f_{cd} è calcolata:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{\gamma_c} = \frac{32 \cdot 0.85}{1.5} = 18.13 \text{ MPa}$$

dove:

- α_{cc} è il coefficiente che tiene conto degli effetti di lunga durata sulla resistenza a compressione, pari a 0.85;
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.5;
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

[NTC – 11.2.10.3] Per modulo elastico del calcestruzzo, in sede di progettazione, si può assumere:

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 22000 \cdot \left[\frac{40.00}{10} \right]^{0.3} = 33345.76 \text{ MPa}$$

dove f_{cm} è il valore medio della resistenza cilindrica, calcolato come segue:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32 + 8 = 40 \text{ MPa}$$

[NTC – 4.1.2.1.1.2] La resistenza di calcolo a trazione f_{ctd} è definita come:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}}{\gamma_c} = 1.41 \text{ MPa}$$

dove [NTC – 11.2.10.2]:

- f_{ctk} è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo;
- f_{ctm} è la resistenza media a trazione semplice (assiale) per classi inferiori o uguali a C50/60.

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.12 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 3.02 \text{ MPa}$$

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, modelli definiti in base alla resistenza di calcolo f_{cd} ed alla deformazione ultima ϵ_{cu} . Nella seguente figura sono riportati i diagrammi di calcolo σ - ϵ .

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 9 DI 74

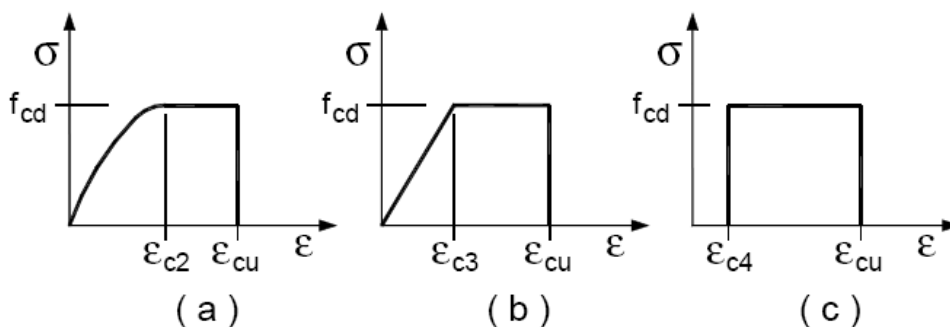


Figura 4 – Modelli rappresentativi del comportamento del calcestruzzo presenti in normativa: a) parabola-rettangolo; b) triangolo-rettangolo; c) rettangolo (stress-block)

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c deve rispettare le seguenti limitazione [NTC – 4.1.2.2.5.1]:

$$\sigma_c < 0.60f_{ck} = 19.20 \text{ MPa per combinazione caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45f_{ck} = 14.40 \text{ MPa per combinazione quasi permanente.}$$

Le strutture di progetto saranno soggette alle intemperie e/o interrate. La classe di esposizione del calcestruzzo utilizzata è **XC4** (Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido; Calcestruzzo a vista in ambienti urbani; Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2), in accordo con la tabella 4.1.III delle NTC.

3.2 ACCIAIO B450C

Come prescritto dalle norme, per il calcestruzzo armato deve essere utilizzato acciaio B450C. La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da [NTC – 4.1.6]:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

dove:

- γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio, pari ad 1,15 per tutti i tipi di acciaio;
- f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio [NTC – 11.3.2].

Per il diagramma tensione-deformazione dell'acciaio è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale. Di seguito sono rappresentati i modelli σ - ϵ per l'acciaio

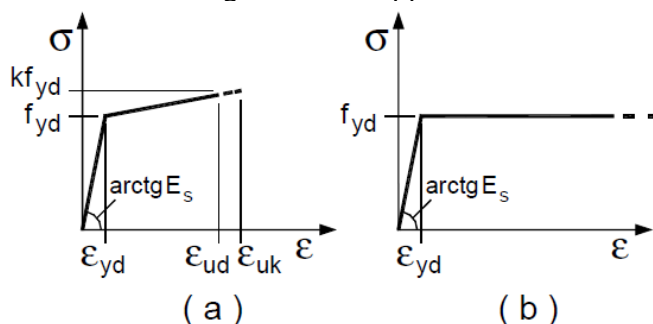


Figura 5 – Modelli rappresentativi del comportamento dell'acciaio proposti dalla norm

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 10 DI 74

[NTC – 11.3.4.1] In sede di progettazione si può assumere convenzionalmente il valore nominale del modulo elastico, pari a:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di trazione dell'acciaio σ_s deve rispettare la seguente limitazione [NTC – 4.1.2.2.5.2]:

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa per combinazione caratteristica (rara).}$$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 11 DI 74

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

La stratigrafia ed i parametri geotecnici sono stati ricavati dalla relazione geotecnica a cui si rimanda per ogni ulteriore dettaglio. La zona geotecnica è caratterizzata da rocce calcaree; in particolare il terreno di fondazione è costituito essenzialmente da Calcere di Bari. I parametri geotecnici assunti in fase di progetto, in via cautelativa, sono:

Tipo	s	γ	c	φ	k_0	E
	[m]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[°]	[MPa]
Ricoprimento	1.4	20	0	35	0.426	-
Rinfianco	3.8	20	0	35	0.426	-
Base	-	24	0.02	36	0.412	1000

Tabella 1 – Parametri geotecnici

Il regime delle spinta presenti sull'opera non è influenzato dalla falda.

4.1 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Nel presente paragrafo sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

Il terreno di base è stato modellato come un mezzo elastico omogeneo a cui si è assegnata un'apposita costante di sottofondo. Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot c_t \cdot \frac{(q - \sigma_{v0})(1 - \nu^2)}{E}$$

dove:

- s = cedimento elastico totale;
- B = lato minore della fondazione;
- c_t = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles (1960):

$$c_t = 0.853 + 0.534 \cdot \ln(L/B) \text{ per fondazione rettangolare con } L/B \leq 10$$

$$c_t = 2 + 0.0089(L/B) \text{ per fondazione rettangolare con } L/B > 10$$

- L = lato maggiore della fondazione;
- q = pressione media agente sul terreno;
- σ_{v0} = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- ν = coefficiente di Poisson del terreno (assunto pari a 0.3);
- E = modulo elastico medio del terreno sottostante l'opera

Il valore della costante di sottofondo k_w è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$k_w = \frac{E}{(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

Il valore di k_w da utilizzare nelle analisi per il dimensionamento dell'opera può essere determinato considerando che i carichi applicati alla struttura sono di natura impulsiva e di breve durata; la risposta del terreno di fondazione in condizioni dinamiche è notevolmente più rigida rispetto a quella usualmente

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	12 DI 74

considerata per carichi statici di lunga durata. Sulla base di indicazioni di letteratura, si possono pertanto indicare moduli operativi per la valutazione dei parametri d'interazione considerano moduli del terreno almeno 3÷5 volte superiori rispetto a quelli adottabili per problemi statici. Come si evince dalla relazione geotecnica, per il terreno sottostante l'opera in esame, si è deciso di considerare un valore del modulo elastico pari a 1000 MPa, dal quale risulta, secondo le formulazioni sopra riportate, un valore della costante di sottofondo pari a circa 100000 kN/m³.

Costante di sottofondo		
c_t	E	$k_{w,v}$
[-]	[kPa]	[kN/m ³]
1.52	1000000	106180

Tabella 2 – Costante di sottofondo

Per il terreno di rinfianco si è invece adottata una costante di Winkler pari al 10% di quella assunta per il terreno di base, pari quindi a circa 10000 kN/m³.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	13 DI 74

5 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo con le norme vigenti [NTC – 3.2]. Secondo tali norme, l'entità dell'azione sismica è innanzitutto funzione della sismicità dell'area in cui viene costruita l'opera e del periodo di ritorno dell'azione sismica.

L'opera viene progettata in funzione di una vita nominale pari a 75 anni [NTC – 2.4.1] relativa a “opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale” e rientra nella classe d'uso III [NTC – 2.4.2] relativa a “costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi”. Moltiplicando la vita nominale per il coefficiente di classe d'uso [definito in NTC – Tabella 2.4.II] si valuta il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 75 \cdot 1.5 = 112.5 \text{ anni}$$

In funzione dello stato limite rispetto al quale viene verificata l'opera, si definisce una probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento. Per il progetto dell'opera in esame si farà essenzialmente riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), a cui è associata una P_{VR} pari al 10% [NTC – Tabella 3.2.I]. Nota la probabilità di superamento nel periodo di riferimento è possibile valutare il periodo di ritorno T_R , come previsto nell'allegato A alle norme tecniche per le costruzioni, secondo la seguente espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{112.5}{\ln(1 - 0.10)} = 1068 \text{ anni}$$

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica [NTC – 7.11.6.2.1] in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k , dipendente dall'accelerazione massima al sito a_g in condizioni rocciose e topografia orizzontale; tale parametro è uno dei tre indicatori che caratterizza la pericolosità sismica del sito ed è tanto più alto tanto più è ampio il periodo di ritorno al quale si riferisce. Nel caso in esame, risulta:

$$a_g = 0.092 \text{ g}$$

[NTC – 3.2.2] Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione dei categorie di sottosuolo e categorie topografiche di riferimento. Nel caso in esame, la categoria di suolo di fondazione è stata definita sulla base della conoscenza di $V_{s,30}$, ricavato dalle indagini sismiche eseguite nelle campagne geognostiche. In particolare, nel caso in esame si considera una categoria di suolo di tipo A: “Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori ad 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.” Per quanto riguarda le condizioni topografiche, si può far riferimento ad una superficie pianeggiante (categoria T1). In definitiva, il sito in esame non è caratterizzato da amplificazioni stratigrafiche e/o topografiche e per tale motivo, in fase di progetto, i coefficienti stratigrafico e topografico previsti dalla norma possono essere considerati unitari [NTC – Tabelle 3.2.V e 3.2.VI]:

$$S_S = 1.0$$

$$S_T = 1.0$$

APPALTATORE:
**D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
 GENERALI s.r.l.**

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
 BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Mandataria:

Mandante:

RPA srl

Technital SpA

HUB
 Engineering

PROGETTO ESECUTIVO:

Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	14 DI 74

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 16.852 LATTITUDINE: 41.1187

Ricerca per comune

REGIONE: Puglia PROVINCIA: Bari COMUNE: Bari

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta |>
 Variabilità dei parametri |>

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri |>

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:
 superficie rigata

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R 112.5 info

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

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
SLD - $P_{VR} = 63\%$	113

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

Elaborazioni:
 Grafici parametri azione |>
 Grafici spettri di risposta |>
 Tabella parametri azione |>

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - □ - - - Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

APPALTATORE:
**D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
 GENERALI s.r.l.**

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

Mandataria:

Mandante:

RPA srl

Technital SpA

**HUB
 Engineering**

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
 BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

PROGETTO ESECUTIVO:

Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	15 DI 74

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
 Stato Limite considerato: **SLV** info

Risposta sismica
 Categoria di sottosuolo: **A** info
 Categoria topografica: **T1** info
 $S_S = 1.000$ $C_C = 1.000$ info
 $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 : **1** Regol. in altezza: **si** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q : **1** $\eta = 1/q = 1.000$ info

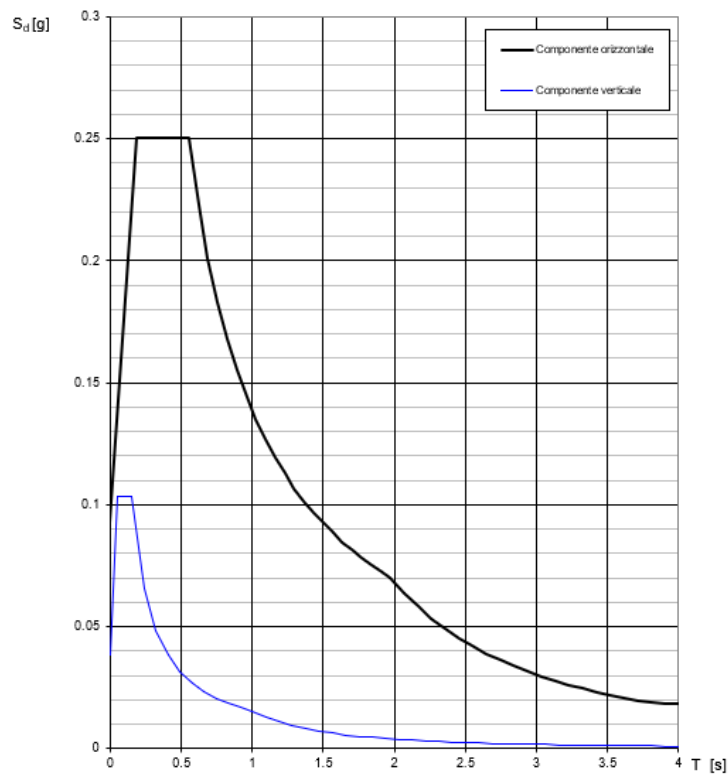
Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

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

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

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



APPALTATORE:
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
GENERALI s.r.l.

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Mandataria:

Mandante:

RPA srl

Technital SpA

HUB
Engineering

PROGETTO ESECUTIVO:

Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus

PROGETTO

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IA3S

01

V ZZ CL

SN0100 004

A

16 DI 74

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.093 g
F_0	2.698
T_C	0.552 s
S_s	1.000
C_C	1.000
S_T	1.000
q	1.000

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.093
T_B ←	0.184	0.251
T_C ←	0.552	0.251
	0.620	0.223
	0.688	0.201
	0.755	0.183
	0.823	0.168
	0.890	0.155
	0.958	0.145
	1.025	0.135
	1.093	0.127
	1.161	0.119
	1.228	0.113
	1.296	0.107
	1.363	0.102
	1.431	0.097
	1.498	0.092
	1.566	0.088
	1.634	0.085
	1.701	0.081
	1.769	0.078
	1.836	0.075
	1.904	0.073
T_D ←	1.972	0.070
	2.068	0.064
	2.165	0.058
	2.261	0.053
	2.358	0.049
	2.454	0.045
	2.551	0.042
	2.648	0.039
	2.744	0.036
	2.841	0.034
	2.937	0.032
	3.034	0.030
	3.131	0.028
	3.227	0.026
	3.324	0.025
	3.420	0.023
	3.517	0.022
	3.614	0.021
	3.710	0.020
	3.807	0.019
	3.903	0.019
	4.000	0.019

Parametri dipendenti

S	1.000
η	1.000
T_B	0.184 s
T_C	0.552 s
T_D	1.972 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

APPALTATORE:
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
GENERALI s.r.l.

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Mandataria:

Mandante:

RPA srl

Technital SpA

HUB
Engineering

PROGETTO ESECUTIVO:

Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus

PROGETTO

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IA3S

01

V ZZ CL

SN0100 004

A

17 DI 74

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lin\$LV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	
a_{gv}	0.038 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.110
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.038
T_B ←	0.050	0.103
T_C ←	0.150	0.103
	0.235	0.068
	0.320	0.048
	0.405	0.038
	0.490	0.032
	0.575	0.027
	0.660	0.023
	0.745	0.021
	0.830	0.019
	0.915	0.017
T_D ←	1.000	0.015
	1.094	0.013
	1.188	0.011
	1.281	0.009
	1.375	0.008
	1.469	0.007
	1.563	0.006
	1.656	0.006
	1.750	0.005
	1.844	0.005
	1.938	0.004
	2.031	0.004
	2.125	0.003
	2.219	0.003
	2.313	0.003
	2.406	0.003
	2.500	0.002
	2.594	0.002
	2.688	0.002
	2.781	0.002
	2.875	0.002
	2.969	0.002
	3.063	0.002
	3.156	0.002
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	18 DI 74

6 MODELLO DI CALCOLO

6.1 DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 – 10.2

Le analisi della struttura sono state condotte mediante un modello di calcolo implementato in Midas Gen della *Midas corporation*. Prima di procedere all'analisi del modello si rilasciano le dichiarazioni previste dalle NTC al paragrafo 10.2.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	Midas Gen 2021
Versione	1.1
Produttore	Midas Corporation
Utente	ENGCO s.r.l.
Licenza	CFENGEN0002765

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 mediante il software Midas gen e validata con i metodi della scienza delle costruzioni.

La struttura viene discretizzata in elementi tipo trave. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfianco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione

L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in trazione). L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno.

Il calcolo degli scatolari viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- calcolo delle pressioni in calotta (per gli scatolari ricoperti da terreno);
- calcolo della spinta del terreno;
- calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione, piedritti e traverso);
- progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

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.

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 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.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	19 DI 74

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, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Il software tiene conto del vincolo esercitato dal terreno di fondazione e di rinfiacco, modellato con molle di rigidezza pari alla costante di sottofondo. Le azioni rappresentate dalle spinte del terreno ai lati dello scatolare sono valutate automaticamente dal programma di calcolo.

Strategia di soluzione

A partire dal tipo di terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti il programma è in grado di conoscere tutti i carichi agenti sulla struttura per ogni combinazione di carico.

La struttura scatolare viene modellata mediante l'utilizzo di elementi plate, vincolata da un letto di molle alla Winkler e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM).

Il terreno di rinfiacco e di fondazione viene invece schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa.

A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento, K_e , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura K . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali p .

Indicando con u il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma

$$K u = p$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti u

$$u = K^{-1} p$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sullo scatolare. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering						TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	

6.2 CONDIZIONI DI CARICO

Di seguito sono riportate le condizioni di carico elementari utilizzate ai fini delle combinazioni di carico impiegate per le verifiche di resistenza.

6.2.1 *Peso proprio della struttura (DEAD)*

Il peso proprio della struttura è calcolato, in automatico, dal programma di calcolo.

Elemento	Spessore	Peso
Soletta di copertura	0.50 m	12.5 kN/m ²
Piedritti destro e sinistro	0.50 m	12.5 kN/m ²
Setti centrali	0.40 m	10.0 kN/m ²
Soletta di fondazione	0.50 m	12.5 kN/m ²

Tabella 3 – Peso proprio degli elementi strutturali

6.2.2 *Carichi permanenti portati (PERM)*

Il peso del materiale di ricoprimento viene assunto pari a 20KN/m³ con un'altezza di ricoprimento pari a 1.00m

$$\text{Carichi permanenti portati} \quad \text{PERM} \quad = \quad \boxed{20.00} \text{ KN/m}^2$$

In più viene aggiunto, come carico concentrato nei nodi tra la soletta superiore e i piedritti, il carico permanente sulla soletta di copertura dovuto al peso della zona sovrastante la metà dello spessore del piedritto (la modellazione dello scatolare è stata fatta in asse piedritto).

6.2.3 *Carichi mobili ferroviari*

I carichi ferroviari non incidono sull'opera in esame. Si è opportunamente verificato che la diffusione dei carichi verticali all'interno del ballast, dell'armamento ferroviario e del terreno di ricoprimento e di rinfiaccio è tale da non influenzare il comportamento dell'opera in esame.

6.2.4 *Sovraccarichi accidentali (Qk)*

La vasca è posizionata al di sotto del piazzale della stazione ferroviaria, per la quale sono previsti percorsi ciclabili e pedonali. Cautelativamente, si è quindi considerato un sovraccarico accidentale pari a 20 kN/m² agente sul piano campagna.

$$\text{Sovraccarichi Accidentali} \quad \text{Qk} \quad = \quad \boxed{20.00} \text{ KN/m}^2$$

6.2.5 *Spinta a riposo del terreno sui piedritti (SPRTP-DX/SPRTP-SX)*

Per le combinazioni di carico non sismiche, si assume che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo. Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione (Jaky, 1948):

$$K_0 = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 35^\circ = 0.426$$

dove φ rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfiaccio.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: <u> </u> Mandante: <u> </u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	21 DI 74

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità z , e la spinta totale sulla parete di altezza H valgono:

Coefficiente di spinta a riposo	K_0	=	0.426	
Pressione estradosso soletta superiore	P1	=	12.78	KN/m
Pressione in asse soletta superiore	P2	=	14.91	KN/m
Pressione in asse soletta inferiore	P3	=	53.25	KN/m
Pressione intradosso soletta inferiore	P4	=	55.38	KN/m

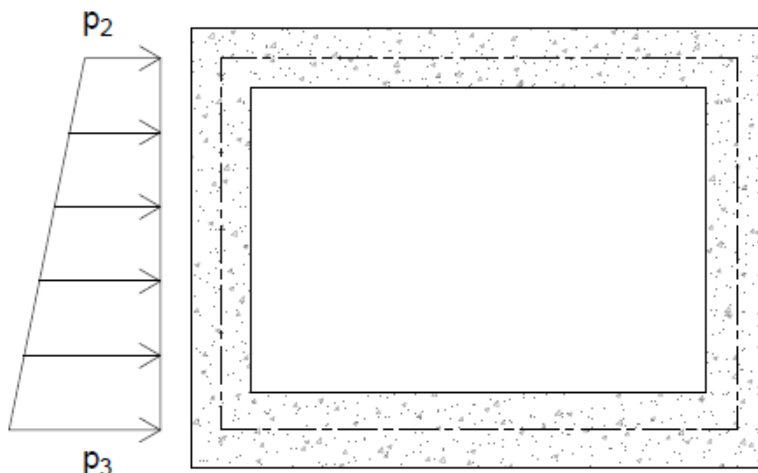
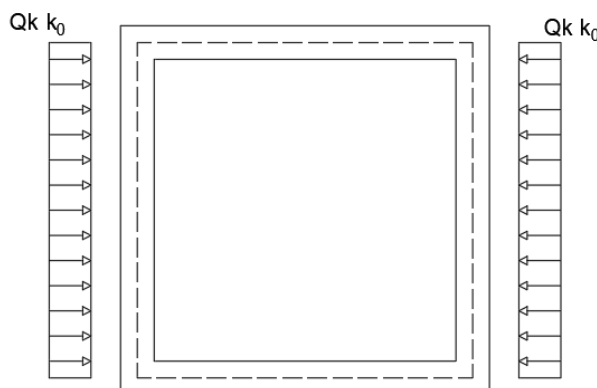


Figura. Spinte del terreno.

6.2.6 Spinta a riposo da sovraccarichi (SPRQP-DX/SPRQP-SX)

Nel caso in esame, la spinta dovuta ai sovraccarichi e valutata ne seguito considerando i carichi applicati sulla superficie esterna del terreno di ricoprimento:

Coefficiente di spinta a riposo	K_0	=	0.426	
Pressione in asse soletta superiore	Q1	=	8.52	KN/m ²
Pressione in asse soletta inferiore	Q2	=	8.52	KN/m ²



APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	22 DI 74

6.2.7 *Variazioni di temperatura (TERM)*

[NTC – 5.2.2.5.2] Le variazioni termiche uniformi, in mancanza di studi approfonditi, per strutture in calcestruzzo sono da assumersi pari a:

$$\Delta T = \pm 15^{\circ}C$$

Essendo essa rappresentativa di una variazione termica stagionale, ossia legata ad un fenomeno lento, è stato considerato che questa avvenga su una struttura caratterizzata da un modulo di elasticità dimezzato [NTC – 4.1.1.1], ovvero corrisponda ad una variazione termica di $\pm 7.5^{\circ}C$.

In aggiunta alla variazione termica uniforme, nel caso di impalcati a cassone in calcestruzzo, andrà considerata una differenza di temperatura di $5^{\circ}C$ con andamento lineare nello spessore delle pareti e nei due casi di temperatura interna maggiore/minore dell'esterna. Al fine di contemplare l'alternanza caldo fuori/freddo dentro e viceversa, dette condizioni sono state introdotte nel modello di calcolo con segno alterno. Le variazioni termiche sono state considerate come azioni di tipo variabile.

6.2.8 *Ritiro (RIT)*

Gli effetti del ritiro sono stati valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale $\epsilon_{cs}(t, t_0)$ e di viscosità $\phi(t, t_0)$, come definiti nell'EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 (Novembre 2005) e D.M. 14-01-2008.

I fenomeni di ritiro sono stati considerati agenti solo sulla soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente di entità pari a:

$$\Delta T_{ritiro} = -10.67^{\circ}C$$

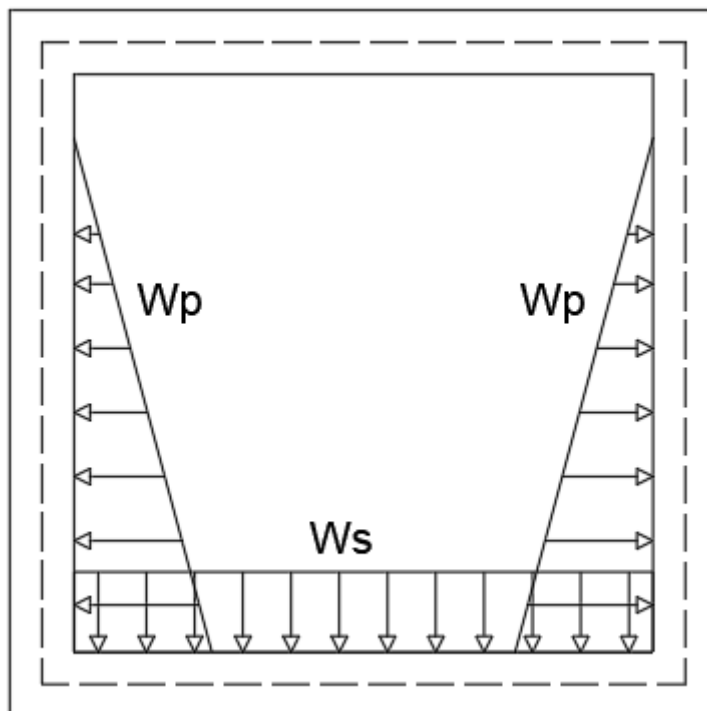
L'azione del ritiro, così come prescritto dalla normativa, rientra tra quelle che sono le azioni permanenti (G) applicate sulla struttura.

6.2.9 *Spinta acqua (SPWP/SPWSF)*

Nel caso in esame, la spinta dovuta all'acqua nella vasca a pieno carico ovvero con un'altezza pari a 4.00m è valutata nel seguito, considerando un peso del liquido pari a 10.00 KN/m^3

Pressione sul piedritto	Wp	=	30.00	KN/m
Pressione sulla soletta di fondazione	Ws	=	30.00	KN/m ²

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: <u> </u> Mandante: <u> </u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 23 DI 74



6.2.10 Spinta in presenza di sisma - Metodo di Wood (Sisma H, Sisma V, SPSHT-DX/SPSHT-SX)

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Wood. La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente: detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a:

$$\begin{aligned}\varepsilon' &= \varepsilon + \theta \\ \beta' &= \beta + \theta\end{aligned}$$

dove, in assenza di falda:

$$\theta = \arctg\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h . Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da:

$$\Delta S = A \cdot S' - S$$

dove il coefficiente A vale:

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cdot \cos\theta}$$

Il calcolo della spinta in condizioni sismiche è stato effettuato con la formula di Wood, generalmente adoperato in caso di pareti rigide e terreno lontano da condizioni limite. Nel caso di strutture rigide completamente vincolate, in modo tale che non può svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva, nonché nel caso di muri verticali con terrapieno a superficie orizzontale, l'incremento dinamico di spinta del terreno, da applicare a metà altezza del muro, può essere calcolato come:

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	24 DI 74

$$\Delta S_E = \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \gamma \cdot H^2$$

in cui in assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

- $a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$
- S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica e topografica, rispettivamente attraverso i coefficienti S_S e S_T valutati, nel caso in esame, al paragrafo 5 della presente relazione;
- H è l'altezza sulla quale agisce la spinta.

Il software di calcolo valuta inoltre le forze di inerzia orizzontale e verticale secondo il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k , così come prescritto dalle norme nel paragrafo relativo al calcolo delle forze sismiche per i muri di sostegno [NTC – 7.11.6.2]. Le forze sismiche sono quindi ottenute come:

$$F_{i,h} = k_h \cdot W$$

$$F_{i,v} = \pm k_v \cdot W$$

essendo W il peso del muro, del terreno soprastante la zattera di fondazione a monte del muro e degli eventuali sovraccarichi. Tali forze vengono applicate nel baricentro dei pesi.

Nelle verifiche allo SLU, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

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

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, espressa in m/s^2 ;
- g è l'accelerazione di gravità;
- β_m è un coefficiente che, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, assume valore unitario.

Per quanto riguarda la determinazione dei pesi sismici (ossia le masse della struttura che, soggette ad accelerazioni del terremoto, generano le forze di inerzia sismiche), la normativa prescrive di determinarli sommando ai carichi permanenti G_1 e G_2 le azioni variabili Q_k ridotte mediante il coefficiente di combinazione dell'azione variabile $\Psi_{2,i}$ che tiene conto della probabilità che tutti i carichi siano presenti sulla struttura in occasione del sisma. Il coefficiente Ψ_2 , assume, nel caso di sovraccarichi ferroviari, valore pari a 0.20. Per gli altri sovraccarichi accidentali si è considerato un coefficiente pari a 0.60.

Calcolo delle azioni:

Coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S	=	1.00	
Coefficiente di amplificazione topografica	S_T	=	1.00	
Accelerazione massima al suolo	a_g	=	0.093	g
Accelerazione massima al suolo	a_{max}	=	0.093	g
Coefficiente di riduzione	β_m	=	1.00	
Coefficiente di spinta sismica orizzontale	k_h	=	0.093	g
Coefficiente di spinta sismica verticale	k_v	=	0.046	g

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 25 DI 74

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

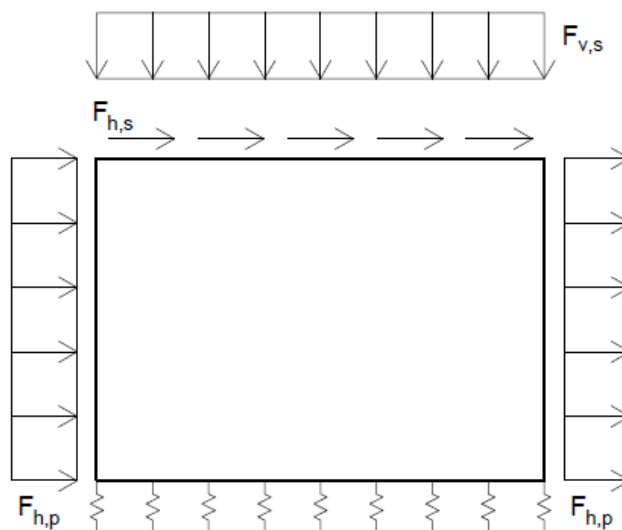
Peso sismico della soletta superiore	$G_{1,s}$	=	17.50	KN/m ²
Peso sismico dei piedritti	$G_{1,p}$	=	17.50	KN/m ²
Peso sismico associato al carico permanente	G_2	=	20.00	kN/m ²
Peso sismico associato al sovraccarico	Q_k	=	20.00	kN/m ²
Coefficiente di combo sismica sovraccarico	ψ_2	=	0,60	

Sisma H

Forza d'inerzia orizzontale sulla soletta di copertura	$F_{h,s}$	=	3.90	kN/m ²
Forza d'inerzia orizzontale sui piedritti	$F_{h,p}$	=	1.63	kN/m ²

Sisma V

Forza d'inerzia verticale sulla soletta di copertura	$F_{v,s}$	=	1.95	kN/m ²
--	-----------	---	------	-------------------



Spinta sismica terreno SPSHT-DX/SPSHT-SX

Sovrappinta sismica del terrapieno agente sui piedritti esterni	ΔS_E	=	165,07	kN
Sovraccarico sismico del terrapieno agente sui piedritti esterni	Δp_E	=	3.07	kN/m ²

6.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

- **Combinazione fondamentale**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	26 DI 74

- **Combinazione caratteristica (rara)**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- **Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

in cui vengono opportunamente combinati gli effetti della componente sismica verticale ed orizzontale.

Gli effetti dei carichi verticali vengono sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario. Nel caso specifico si sono considerati agenti sia il sovraccarico ferroviario che l'azione di avviamento/frenatura per intero, in accordo con il Gruppo 3 presente in tabella 5.2.IV delle NTC. Per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione [NTC – Tabelle 5.2.V e 5.2.VI per i carichi ferroviari]. Si specifica che si è scelto di operare attraverso l'*Approccio 1* prescritto dalla norma [NTC – 2.6.1] dunque ogni combinazione di carico è ripetuta due volte, una volta con i coefficienti A1 e M1 (STR) rispettivamente per le azioni e per i materiali, una volta con i coefficienti A2 e M2 (GEO). Di tali coefficienti si è scelto sempre il valore *sfavorevole* per la struttura.

Nelle tabelle riportate di seguito sono elencate le combinazioni di carico utilizzate nel seguente progetto. In particolare, dall'alternanza del segno delle variazioni termiche, sono state definite le combinazioni di carico sismiche;

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	27 DI 74

Legenda Nomenclatura Carichi	
DEAD	Peso Proprio della Struttura
PERM	Carico permanente
SPRTP-DX	Spinta a riposo Terreno sui piedritti di Destra
SPRTP-SX	Spinta a riposo Terreno sui piedritti di Sinistra
Qk	Accidentali
SPRQP-DX	Spinta a riposo Sovraccarico sui piedritti di Destra
SPRQP-SX	Spinta a riposo Sovraccarico sui piedritti di Sinistra
TERM	Variazione Termica
RIT	Ritiro sulla Soletta Superiore
SPWP	Spinta acqua sui piedritti
SPWSF	Peso acqua sulla Soletta di Fondazione
F _{h,p}	Forza d'inerzia orizzontale sui piedritti
F _{h,s}	Forza d'inerzia orizzontale sulla Soletta di Copertura
F _{v,s}	Forza d'inerzia Verticale sulla Soletta di Copertura
SPSHT-DX	Sovrappinta sismica del terreno sui piedritti di Destra
SPSHT-SX	Sovrappinta sismica del terreno sui piedritti di Sinistra
Sisma H	Azione sismica orizzontale
Sisma V	Azione sismica verticale

LCB C Loadcase Name(Factor) + Loadcase Name(Factor) + Loadcase Name(Factor)

1 1 DEAD(1.300) + PERM(1.500) + SPRTP-DX(1.500)
+ SPRTP-SX(1.500) + Qk(1.500) + SPRQP-DX(1.500)
+ SPRQP-SX(1.500)

2 1 DEAD(1.300) + PERM(1.500) + SPRTP-DX(1.500)
+ SPRTP-SX(1.500) + TERM(1.500)

3 1 DEAD(1.300) + PERM(1.500) + SPRTP-DX(1.500)
+ SPRTP-SX(1.500) + TERM(-1.500)

4 1 DEAD(1.300) + PERM(1.500) + SPRTP-DX(1.500)
+ SPRTP-SX(1.500) + RIT(1.500)

5 1 DEAD(1.300) + PERM(1.500) + SPRTP-DX(1.500)
+ SPRTP-SX(1.500) + Qk(1.500) + SPRQP-DX(1.500)
+ SPRQP-SX(1.500) + TERM(0.900)

6 1 DEAD(1.300) + PERM(1.500) + SPRTP-DX(1.500)
+ SPRTP-SX(1.500) + Qk(1.500) + SPRQP-DX(1.500)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	28 DI 74

	+	SPRQP-SX(1.500) +	TERM(-0.900)	
7	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +
			SPRQP-DX(1.500)	
		+	SPRQP-SX(1.500) +	RIT(0.900)
8	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +
			SPRQP-DX(1.500)	
		+	SPRQP-SX(1.500) +	TERM(0.900) +
			RIT(0.900)	
9	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +
			SPRQP-DX(1.500)	
		+	SPRQP-SX(1.500) +	TERM(-0.900) +
			RIT(0.900)	
10	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +
			SPRQP-DX(1.500)	
		+	SPRQP-SX(1.500) +	TERM(1.500)
11	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +
			SPRQP-DX(1.500)	
		+	SPRQP-SX(1.500) +	TERM(-1.500)
12	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	TERM(1.500) +
			RIT(0.900)	
13	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	TERM(-1.500) +
			RIT(0.900)	
14	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +
			SPRQP-DX(1.500)	
		+	SPRQP-SX(1.500) +	TERM(1.500) +
			RIT(0.900)	
15	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +
			SPRQP-DX(1.500)	
		+	SPRQP-SX(1.500) +	TERM(-1.500) +
			RIT(0.900)	
16	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
		+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +
			SPRQP-DX(1.500)	
		+	SPRQP-SX(1.500) +	RIT(1.500)
17	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	29 DI 74

	+	SPRTP-SX(1.500) +	TERM(0.900) +	RIT(1.500)
18	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
	+	SPRTP-SX(1.500) +	TERM(-0.900) +	RIT(1.500)
19	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
	+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +	SPRQP-DX(1.500)
	+	SPRQP-SX(1.500) +	TERM(0.900) +	RIT(1.500)
20	1	DEAD(1.300) +	PERM(1.500) +	SPRTP-DX(1.500)
	+	SPRTP-SX(1.500) +	Qk(1.500) +	SPRQP-DX(1.500)
	+	SPRQP-SX(1.500) +	TERM(-0.900) +	RIT(1.500)
21	1	DEAD(1.300) +	SPWP(1.300) +	SPSF(1.300)
22	1	DEAD(1.300) +	TERM(1.500)	
23	1	DEAD(1.300) +	TERM(-1.500)	
24	1	DEAD(1.300) +	RIT(1.500)	
25	1	DEAD(1.300) +	TERM(0.900) +	SPWP(1.300)
	+	SPSF(1.300)		
26	1	DEAD(1.300) +	TERM(-0.900) +	SPWP(1.300)
	+	SPSF(1.300)		
27	1	DEAD(1.300) +	RIT(0.900) +	SPWP(1.300)
	+	SPSF(1.300)		
28	1	DEAD(1.300) +	TERM(0.900) +	RIT(0.900)
	+	SPWP(1.300) +	SPSF(1.300)	
29	1	DEAD(1.300) +	TERM(-0.900) +	RIT(0.900)
	+	SPWP(1.300) +	SPSF(1.300)	
30	1	DEAD(1.300) +	TERM(1.500) +	SPWP(1.300)
	+	SPSF(1.300)		
31	1	DEAD(1.300) +	TERM(-1.500) +	SPWP(1.300)
	+	SPSF(1.300)		
32	1	DEAD(1.300) +	TERM(1.500) +	RIT(0.900)
33	1	DEAD(1.300) +	TERM(-1.500) +	RIT(0.900)
34	1	DEAD(1.300) +	TERM(1.500) +	RIT(0.900)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	30 DI 74

	+	SPWP(1.300) +	SPSF(1.300)	
35	1	DEAD(1.300) +	TERM(-1.500) +	RIT(0.900)
		+	SPWP(1.300) +	SPSF(1.300)
36	1	DEAD(1.300) +	RIT(1.500) +	SPWP(1.300)
		+	SPSF(1.300)	
37	1	DEAD(1.300) +	TERM(0.900) +	RIT(1.500)
38	1	DEAD(1.300) +	TERM(-0.900) +	RIT(1.500)
39	1	DEAD(1.300) +	TERM(0.900) +	RIT(1.500)
40	1	DEAD(1.300) +	TERM(-0.900) +	RIT(1.500)
97	1	DEAD(1.000) +	PERM(1.000) +	SPRTP-DX(1.000)
		+	SPRTP-SX(1.000) +	Qk(0.600) +
		+	SPRQP-SX(0.600)	SPRQP-DX(0.600)
98	1	Fh,p(1.000) +	Fh,s(1.000) +	SPSHT-SX(1.000)
99	1	Fh,p(-1.000) +	Fh,s(-1.000) +	SPSHT-DX(1.000)
100	1	Fv,s(1.000)		
101	1	DEAD(1.000) +	PERM(1.000) +	SPRTP-DX(1.000)
		+	SPRTP-SX(1.000) +	Qk(0.600) +
		+	SPRQP-SX(0.600) +	Fh,p(0.300) +
		+	SPSHT-SX(0.300) +	Fh,s(0.300)
		+	Fv,s(1.000)	
102	1	DEAD(1.000) +	PERM(1.000) +	SPRTP-DX(1.000)
		+	SPRTP-SX(1.000) +	Qk(0.600) +
		+	SPRQP-SX(0.600) +	Fh,p(-0.300) +
		+	SPSHT-DX(0.300) +	Fh,s(-0.300)
		+	Fv,s(1.000)	
103	1	DEAD(1.000) +	PERM(1.000) +	SPRTP-DX(1.000)
		+	SPRTP-SX(1.000) +	Qk(0.600) +
		+	SPRQP-SX(0.600) +	Fh,p(1.000) +
		+	SPSHT-SX(1.000) +	Fh,s(1.000)
		+	Fv,s(0.300)	
104	1	DEAD(1.000) +	PERM(1.000) +	SPRTP-DX(1.000)
		+	SPRTP-SX(1.000) +	Qk(0.600) +
		+	SPRQP-SX(0.600) +	Fh,p(-1.000) +
		+	Fh,s(-1.000)	Fh,s(-1.000)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 31 DI 74

+ SPSHT-DX(1.000) + Fv,s(0.300)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	32 DI 74

7 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

Nei successivi paragrafi si riportano i diagrammi involuppo delle caratteristiche della sollecitazione interna.

7.1 DIAGRAMMI INVILUPPO (SLU)

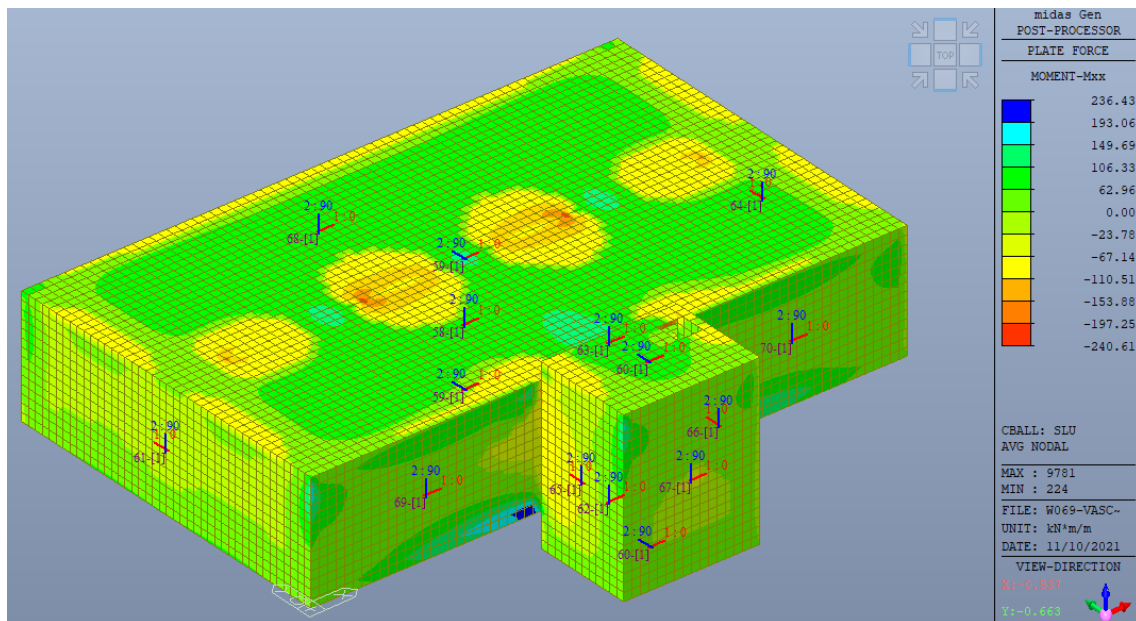


Figura 6 – Diagramma involuppo del momento flettente (SLV)

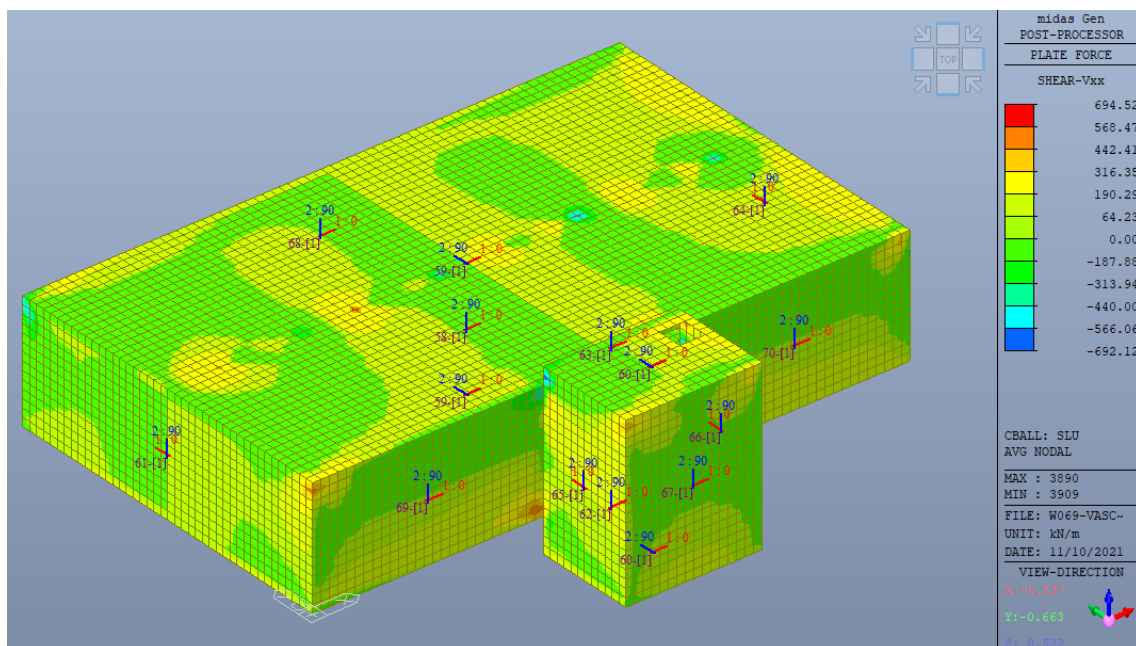


Figura 7 – Diagramma involuppo del taglio (SLV)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 33 DI 74

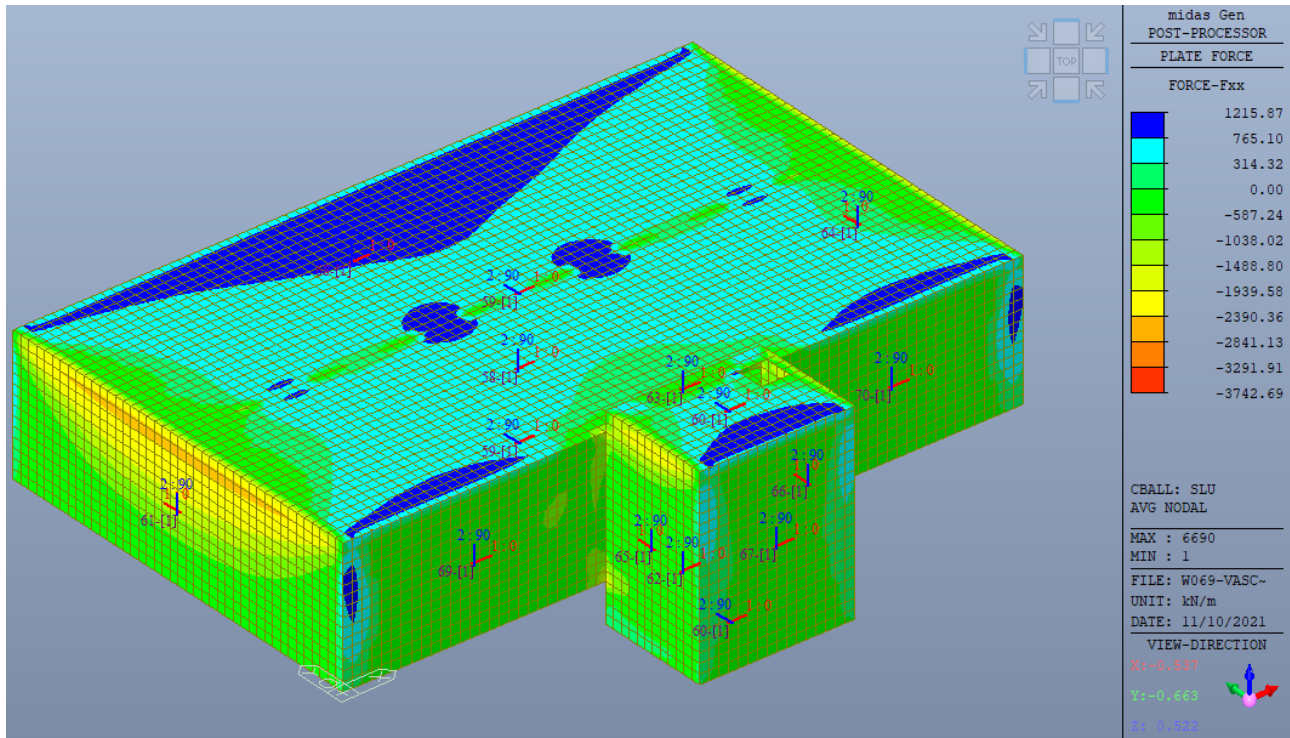


Figura 8 – Diagramma involuppo dello sforzo normale (SLV)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 34 DI 74

7.2 DIAGRAMMI INVILUPPO (SLE)

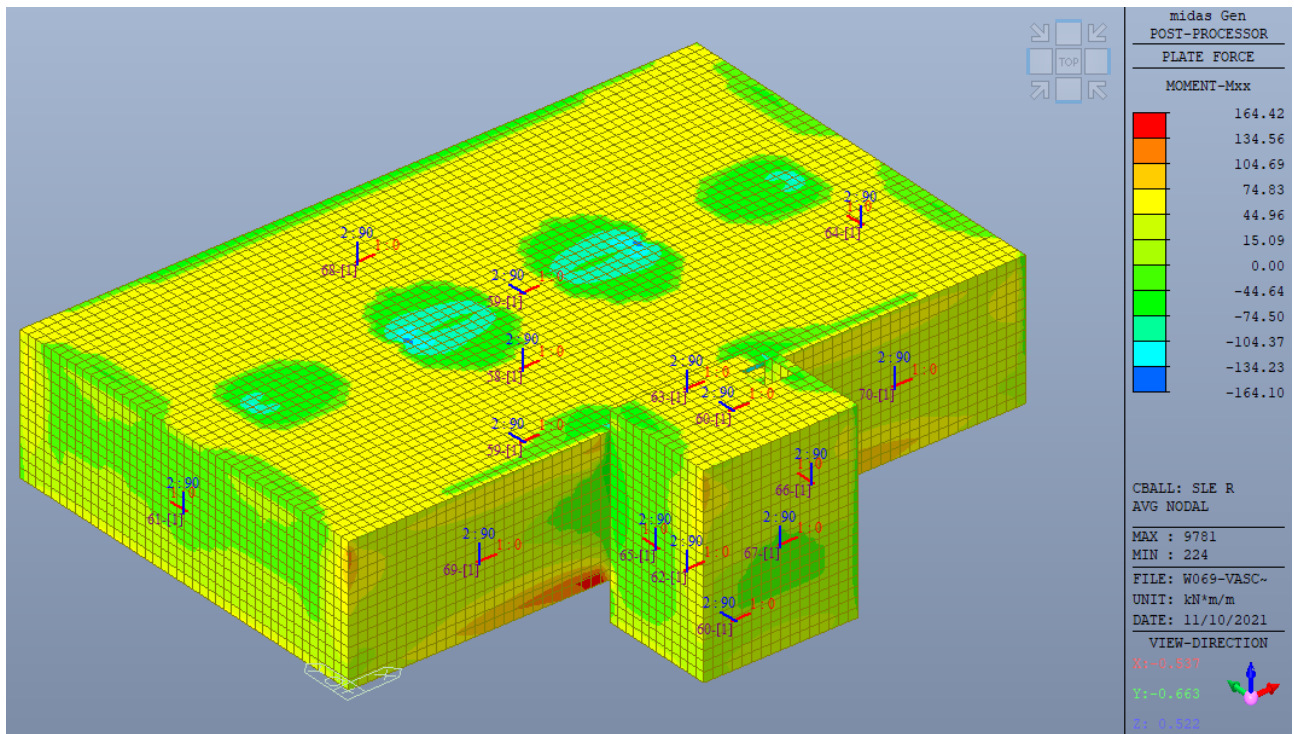
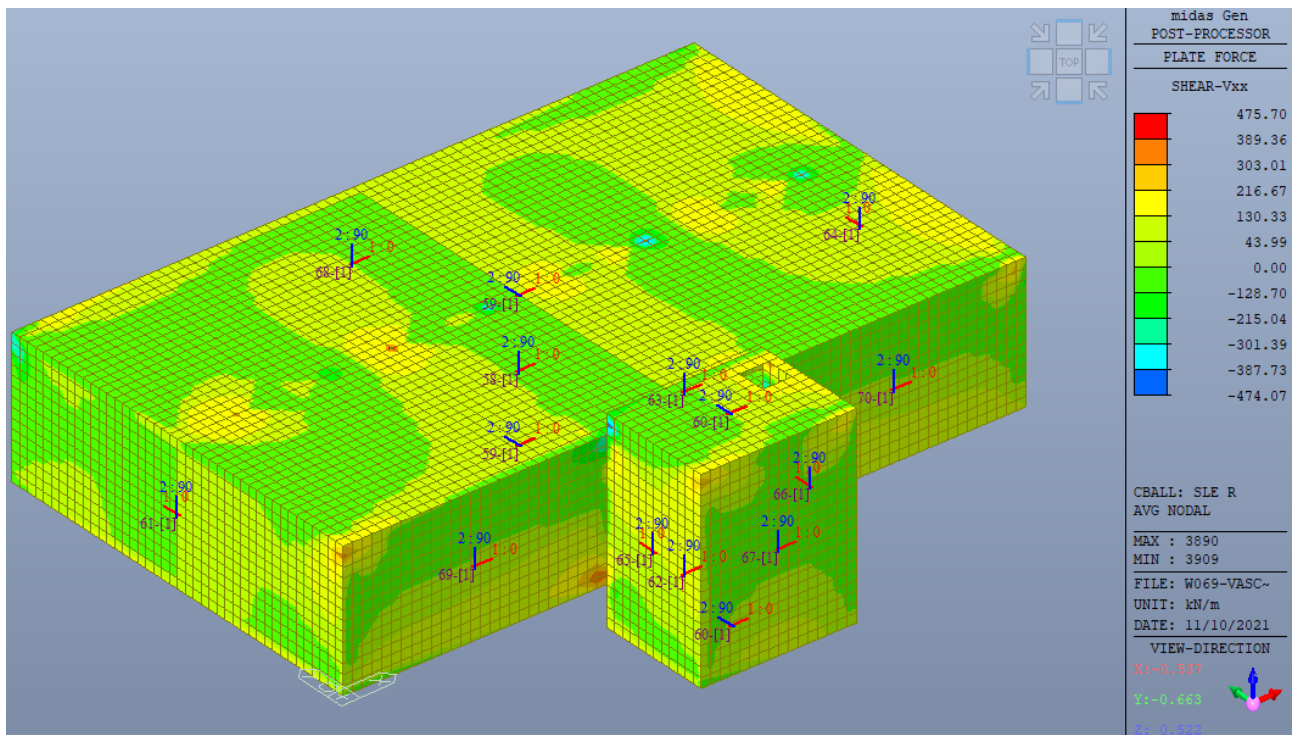


Figura 9 – Diagramma involuppo del momento flettente (SLE)



APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 35 DI 74

Figura 10 – Diagramma involuppo del taglio (SLE)

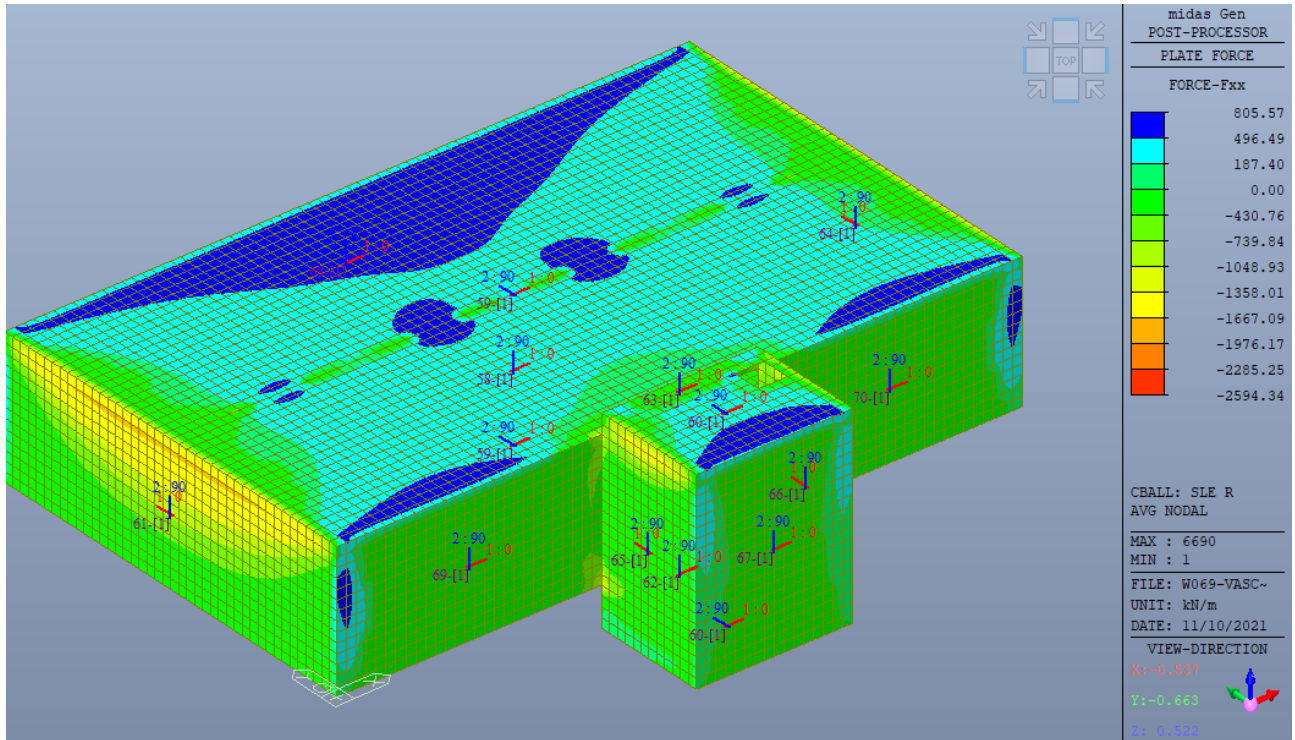


Figura 11 – Diagramma involuppo dello sforzo normale (SLE)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 36 DI 74

8 VERIFICHE STRUTTURALI

8.1 CRITERI GENERALI

8.1.1 Verifiche a taglio

Per la verifica di resistenza allo SLU con riferimento alle sollecitazioni taglienti deve risultare:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

In accordo con le NTC, il taglio V_{Ed} non dovrebbe essere pari a quello risultante dalle analisi in virtù del criterio di gerarchia delle resistenze tra elementi strutturali trasverso-piedritto (assimilabili a dei comuni elementi trave-pilastro). Tuttavia le sollecitazioni determinate in condizioni sismiche non sono dimensionanti per la struttura; questo vuol dire che la condizione per il calcolo del taglio sollecitante in condizioni di plasticizzazione alle estremità delle solette, non è rappresentativa per la struttura esaminata.

Nel caso in esame, dunque, il taglio V_{Ed} è pari ai massimi valori del taglio sollecitante derivante dall'analisi per i vari elementi strutturali. Per tutti gli elementi strutturali il massimo taglio si riscontra in corrispondenza della sezione di attacco tra l'elemento stesso e quello ad esso ortogonale.

[NTC – 4.1.2.1.3.1] La resistenza a taglio in assenza di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

dove:

- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$;
- $\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d) \leq 0.02$;
- $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0.02 f_{cd}$;
- d è l'altezza utile della sezione (in mm);
- b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

[NTC – 4.1.2.1.3.2] In presenza di armatura resistente a taglio, il taglio resistente V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd} .

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

in cui:

- d è l'altezza utile della sezione (in mm);
- b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 37 DI 74

- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;
- s è l'interasse tra due armature trasversali consecutive;
- f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima, pari a $0.5f_{cd}$;
- α è l'inclinazione dell'armatura resistente a taglio rispetto all'asse dell'elemento;
- θ è l'inclinazione della biella di calcestruzzo compressa.

Le verifiche di resistenza delle sezioni maggiormente sollecitate sono state condotte con l'ausilio di un foglio di calcolo strutturato 'ad hoc' nel rispetto dei dettami normativi. A vantaggio di sicurezza si è assunto:

$$\operatorname{ctg}\theta = 1 \Leftrightarrow \theta = 45^\circ$$

L'armatura calcolata dovrà essere disposta per una lunghezza tale che il taglio sollecitante nell'ultima sezione armata risulti inferiore al taglio resistente in assenza di armatura a taglio, calcolato in **Errore. L'origine r**
iferimento non è stata trovata. per i vari elementi strutturali.

Per quanto riguarda la fondazione si posizionano ferri diagonali $\phi 20/20$ nelle sezioni terminali. In particolare, tale armatura è necessaria per una lunghezza almeno pari a 30 cm a partire dal filo dei piedritti laterali (2 ordini di ferri diagonali, $s = 41.5$ cm) e per almeno 90 cm a partire dal filo del setto centrale (3 ordini da entrambi i lati).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	38 DI 74

8.2 VERIFICHE ALLO SLE

Al punto 4.1.2.2 delle NTC sono contemplate le verifiche delle prestazioni che la struttura deve essere in grado di garantire in esercizio sotto l'azione dei soli carichi verticali, opportunamente combinati tra loro. Esse sono inoltre ampiamente descritte nella Circolare Applicativa nei diversi approcci rigorosi e semplificati. In particolare, sono da effettuarsi verifiche di:

- verifiche di deformabilità;
- verifiche di fessurazione;
- verifica di limitazione delle tensioni in esercizio;

8.2.1 Verifiche di deformabilità

Per la verifica di deformabilità la Circolare ci permette di bypassare il metodo rigoroso per travi e solai con luci non superiori a 10 m [C617 – C4.1.2.2.2], che consiste nel calcolare lo spostamento massimo di una membratura come combinazione dello spostamento della sezione una volta fessurata ed una volta non fessurata. Nella verifica semplificata occorre, invece, verificare che il rapporto di snellezza $\lambda=L/H$ tra luce e altezza rispetta la limitazione:

$$\lambda \leq K \left[11 + \frac{0.0015 f_{ck}}{\rho + \rho'} \right] \cdot \left[\frac{500 A_{s,eff}}{f_{yk} \cdot A_{s,calc}} \right]$$

dove:

- λ è la snellezza dell'elemento strutturale, calcolato come rapporto tra lunghezza dell'elemento e altezza della sezione;
- K è un coefficiente correttivo che tiene conto del grado di vincolo della membratura;
- ρ e ρ' sono le percentuali geometriche di armatura longitudinale, tesa e compressa;
- f_{ck} è la tensione caratteristica del cls;
- f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio;
- $A_{s,eff}$ è l'area effettiva di armatura longitudinale;
- $A_{s,calc}$ è l'area di calcolo dell'armatura longitudinale.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva con l'esito della verifica di deformabilità.

8.2.2 Verifiche di fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	39 DI 74

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _d	Stato limite	w _d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

Tabella 4 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione (da NTC – Tabella 4.1.IV)

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal documento RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – 1.8.3.2.4 (*Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario – Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo*) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara). Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

$$\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

8.2.3 Verifiche delle tensioni in esercizio

Infine è stata effettuata una verifica di limitazione delle tensioni agenti in esercizio nel calcestruzzo compresso e nelle barre di armatura. Le combinazioni di carico considerate sono quella caratteristica e quasi permanente. La verifica va effettuata sempre in ambito elastico. Occorre verificare che:

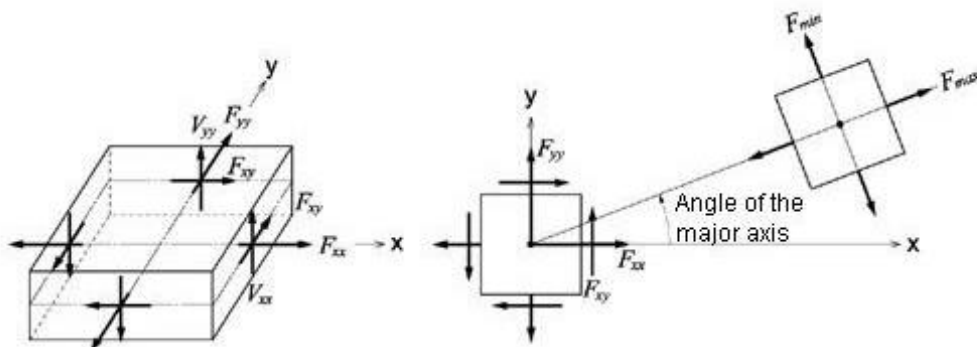
- $\sigma_c \leq 0.60 f_{ck} = 19.28 \text{ MPa}$ per combinazione rara (caratteristica);
- $\sigma_c \leq 0.45 f_{ck} = 14.4 \text{ MPa}$ per combinazione quasi permanente;
- $\sigma_s \leq 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ per combinazione rara (caratteristica).

Le verifiche sono state condotte in funzione delle sollecitazioni derivanti dall'involuppo della combinazione rara e quasi permanente e direttamente verificate nei confronti del limite tensionale più restrittivo riportato in normativa (0.45 f_{ck} per il calcestruzzo)

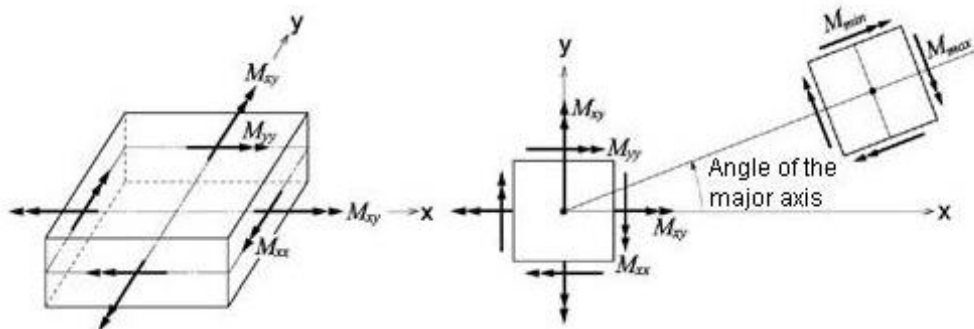
APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 40 DI 74

8.3 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

Per una chiara lettura delle sollecitazioni di seguito vengono riportati, uno schema secondo il quale vengono lette le componenti della sollecitazione sugli elementi plate, la legenda associata a tale schema e le direzioni principali considerate sulle solette del monolite.



(a) Forces per unit length due to in-plane actions at the output locations



(b) Moments per unit length due to out-of-plane bending actions at the output locations

Fxx: Axial force per unit width in the element's local or UCS x-direction (Perpendicular to local y-z plane)

Fyy: Axial force per unit width in the element's local or UCS y-direction (Perpendicular to local x-z plane)

Fxy: Shear force per unit width in the element's local or UCS x-y direction (In-plane shear)

Fmax: Maximum Principal Axial Force per unit width

Fmin: Minimum Principal Axial Force per unit width

FMax: Maximum absolute Principal Axial Force per unit width

Mxx: Bending moment per unit width in the direction of the element's local or UCS x-axis (Out-of-plane moment about local y-axis)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 41 DI 74

Myy: Bending moment per unit width in the direction of the element's local or UCS y-axis (Out-of-plane moment about local x-axis)

Mxy: Torsional moment per unit width about the element's local or UCS x-y plane

Mmax: Maximum principal bending moment per unit width

Mmin: Minimum principal bending moment per unit width

MMax: Maximum absolute Principal Moment per unit width (Larger magnitude of Mmax and Mmin)

Vxx: Shear force per unit width in the thickness direction along the element's local or UCS y-z plane

Vyy: Shear force per unit width in the thickness direction along the element's local or UCS x-z plane

VMax: Maximum absolute shear force per unit width (Larger magnitude of Vxx and Vyy)

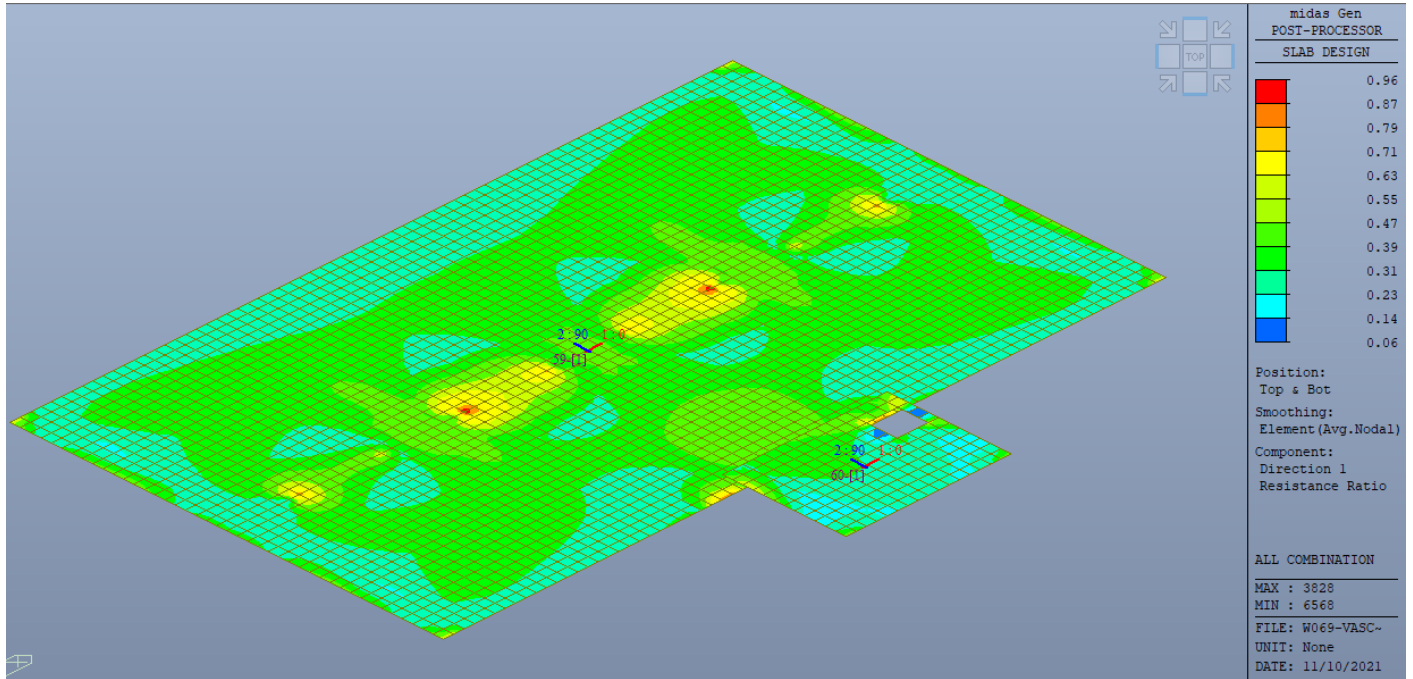
APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 42 DI 74

8.4 VERIFICHE

8.4.1 Soletta Superiore

Larghezza	b	=	100.00	cm
Altezza	h	=	50.00	cm
Copriferro	c	=	6.00	cm

8.4.2 Verifica a Flessione



=====
[[[*]]] SLAB DESIGN MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 59-[1], Dir 1.
=====

Thk	Elem	POS	AsReq	AsUse	M_Ed(LCB)	M_Rd	Rat	CHK
0.5000	4373	BOT	0.0008	0.0016	88.8789(10)	259.130	0.343	OK
	4373	TOP	0.0020	0.0019	304.682(15)	318.975	0.955	OK

<< BOTTOM >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 4373

Thickness : 0.5000 m.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	43 DI 74

Materials : fck = 32000.0000 KPa.

fcd = 21333.3333 KPa.

fyk = 450000.0000 KPa.

Covering : dB = 0.0600 m.

dT = 0.0600 m.

LCB No. : 10

-. Information of Design.

b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).

d = 0.4400 m.

lambda = 0.800

a = lambda * x = 0.029 m.

eta = 1.000

Cc = eta*fcd*b*a = 0.6087 kN.

M_Rd = Cc*(d-a/2) = 259.1303 kN-m./m.

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P20 @200

As_req = 0.0008 m²/m. (0.0008 m²/m.)

M_Ed = 88.8789 kN-m./m.

M_Rd = 259.1303 kN-m./m.

RatM = M_Ed / M_Rd = 0.343 < 1.0 ---> O.K!

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.040

Limit(x/d) = 0.450 (fck <= 50 MPa.)

x/d ratio = 0.040/ 0.450 = 0.089 ---> O.K

<< TOP >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 4373

Thickness : 0.5000 m.

Materials : fck = 32000.0000 KPa.

fcd = 21333.3333 KPa.

fyk = 450000.0000 KPa.

Covering : dB = 0.0600 m.

dT = 0.0600 m.

LCB No. : 15

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering						TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	44 DI 74

- Information of Design.

$b = 0.0010 \text{ m. (by Code Unit Length)}$.

$d = 0.4400 \text{ m.}$

$\lambda = 0.800$

$a = \lambda * x = 0.035 \text{ m.}$

$\eta = 1.000$

$C_c = \eta * f_{cd} * b * a = 0.7553 \text{ kN.}$

$M_{Rd} = C_c * (d - a/2) = 318.9749 \text{ kN-m./m.}$

- Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P20 @200 / P12 @300

$A_{s_req} = 0.0020 \text{ m}^2/\text{m. (} 0.0020 \text{ m}^2/\text{m.)}$

$M_{Ed} = 304.6816 \text{ kN-m./m.}$

$M_{Rd} = 318.9749 \text{ kN-m./m.}$

$RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.955 < 1.0 \text{ ---> O.K!}$

- Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

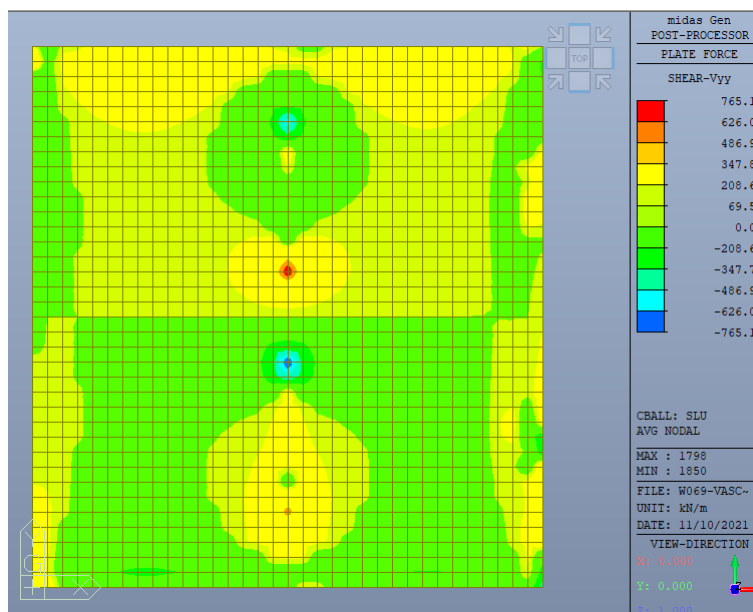
$x/d = 0.102$

Limit(x/d) = 0.450 ($f_{ck} \leq 50 \text{ MPa.}$)

$x/d \text{ ratio} = 0.102 / 0.450 = 0.228 \text{ ---> O.K}$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 45 DI 74

8.4.3 Verifica a Taglio



Inviluppo della sollecitazione Tagliante allo SLU

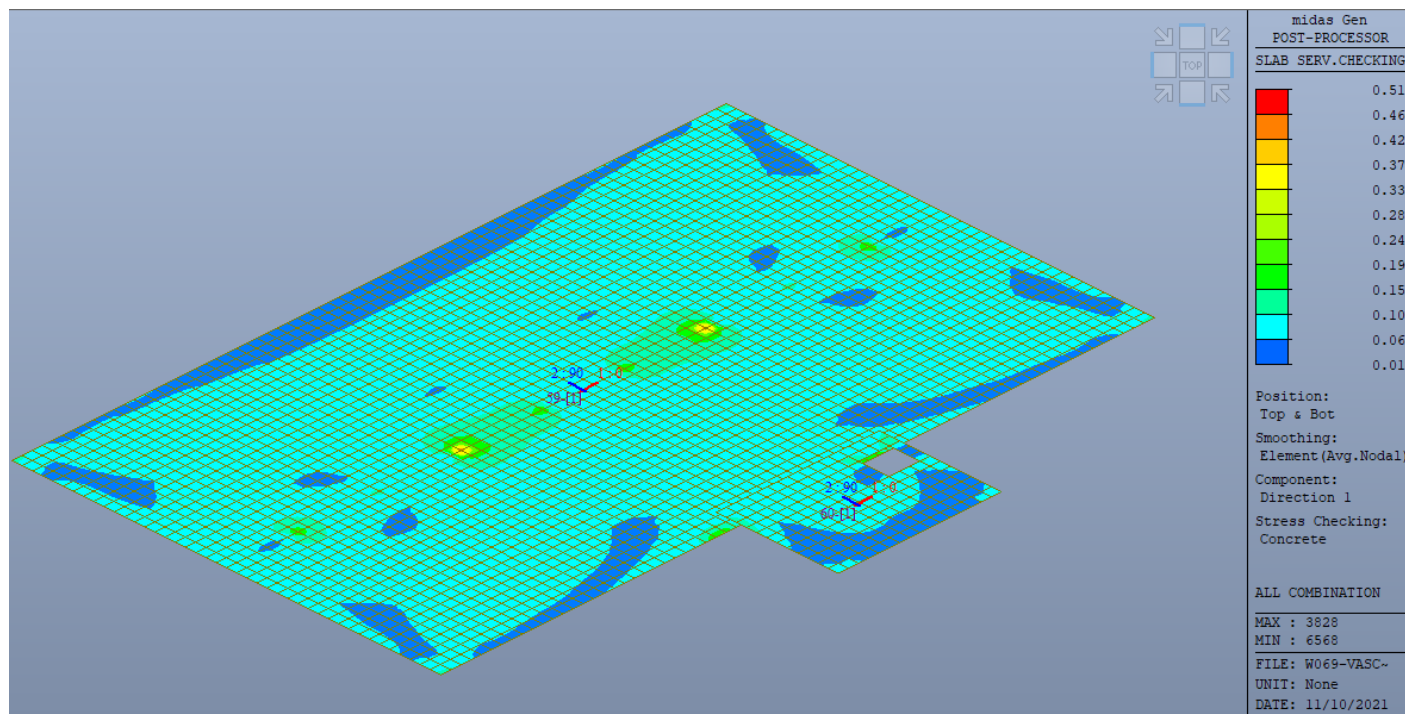
4.1.2.3.5.2 Elementi CON armature trasversali resistenti al taglio [4.1.2.3.5.2 NTC]

V_{ed}	782.00	[KN]
Verifica	$V_{Rd} > V_{Ed}$	(4.126 NTC)
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)) \cdot \text{sen}(\alpha)$		[4.1.27 NTC]
$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot F'_{cd} \cdot ((\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)) / (1 + \text{ctg}^2(\theta)))$		[4.1.28 NTC]
$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$		[4.1.29 NTC]
Tipologia armature a Taglio	SAGOMATI	

Altezza utile della sezione	d	450.00	[mm]
Diametro delle Sagomati	Φ_{sw}	20.00	[mm]
sagomati a metro	n.sag.	5	[-]
Area sezione trasversale armatura a taglio	A_{sw}	1,570.80	[mm ²]
Passo	s	450.00	[mm]
Inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave	α	45.00	[°]
Inclinazione del puntone compresso	θ	21.81	[°]
Verifica [4.1.25 NTC]	$1 \leq \text{ctg}(\theta) \leq 2,5$	2.50	ok
Coefficiente cautelativo	α_c	1.00	[-]
Resistenza a compressione ridotta	$F'_{cd} = 50\% \cdot f_{cd}$	9.07	[N/mm ²]
	V_{Rsd}	967.79	[KN]
	V_{Rcd}	1,773.47	[KN]
Taglio resistente	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$	967.79	[KN]
Tasso di sfruttamento	V_{Ed} / V_{Rd}	0.81	[-]
Coefficiente di sicurezza a taglio	V_{Rd} / V_{Ed}	1.24	[-]
Esito verifica	$V_{Rd} > V_{Ed}$	ok	

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	46 DI 74

8.4.4 Verifica a Fessurazione e Tensioni di esercizio



```

=====
=====
[[[*]]] SLAB STRESS MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 59-[1], Dir 1.
=====
=====

```

<< BOTTOM >>

- Information of Parameters.

Elem No. : 3890
LCB No. : 50
Materials : fck = 32000.0000 KPa.
fyk = 450000.0000 KPa.
Thickness : 0.5000 m.
Covering : dB = 0.0600 m.
dT = 0.0600 m.

- Information of Checking.

gamma_c = 1.500 (for Concrete)
gamma_s = 1.150 (for Reinforcement)
fcd = fck / gamma_c = 21333.33333 KPa.
fyd = fyk / gamma_s = 391304.34783 KPa.
b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).
d = 0.4400 m.
As_use = 0.0016 m^2/m. (0.0016 m^2/m.)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	47 DI 74

- Information of Stress Checking Result.

k1 = 0.55000
k2 = 0.45000
k3 = 0.80000

(Assumed Uncracked Section)

M_{Ed} = 66.98 kN-m./m.
n = 11.99553(Long Term).
f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^(2/3) = 3023.81052 KPa.
f_{r1} = (1.6 - H/1000) * f_{ctm} = 3326.19157 KPa.
f_{ctm,fl} = MAX[f_{ctm}, f_{r1}] = 3326.19157 KPa.
y_{bar_t} = 0.25634 m.
I_{yy} = 0.01102 m⁴./m.
S_{s_con} (Tens.) = M_{Ed}*(H-y_{bar_t})/I_{yy} = 1481.07729 KPa.
S_{s_con} (Tens.) <= f_{ctm,fl} ---> Uncracked Section !

- Compressive stress in concrete.

S_{s_con} (Comp.) = M_{Ed}*y_{bar_t}/I_{yy} = 1558.16464 KPa.
S_{s_con} (Comp.) < k₁*f_{ck}= 17600.00000 KPa. ---> O.K !

- Tensile stress in reinforcement.

S_{s_stl} = M_{Ed}*(d-X)*n/I_{yy} = 13391.42496 KPa.
S_{s_stl} < k₃*f_{yk}=360000.00000 KPa. ---> O.K !

<< TOP >>

- Information of Parameters.

Elem No. : 3828
LCB No. : 55
Materials : f_{ck} = 32000.0000 KPa.
f_{yk} = 450000.0000 KPa.
Thickness : 0.5000 m.
Covering : dB = 0.0600 m.
dT = 0.0600 m.

- Information of Checking.

γ_c = 1.500 (for Concrete)
γ_s = 1.150 (for Reinforcement)
f_{cd} = f_{ck} / γ_c = 21333.33333 KPa.
f_{yd} = f_{yk} / γ_s = 391304.34783 KPa.
b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).
d = 0.4400 m.
A_{s_use} = 0.0031 m²/m. (0.0031 m²/m.)

- Information of Stress Checking Result.

k1 = 0.55000
k2 = 0.45000
k3 = 0.80000

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	48 DI 74

(Assumed Uncracked Section)

$$M_{Ed} = 207.88 \text{ kN-m./m.}$$

$$n = 11.99553 \text{ (Long Term) .}$$

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{(2/3)} = 3023.81052 \text{ KPa.}$$

$$f_{r1} = (1.6 - H/1000) * f_{ctm} = 3326.19157 \text{ KPa.}$$

$$f_{ctm,fl} = \text{MAX}[f_{ctm}, f_{r1}] = 3326.19157 \text{ KPa.}$$

$$y_{bar_t} = 0.26227 \text{ m.}$$

$$I_{yy} = 0.01158 \text{ m}^4\text{/m.}$$

$$Ss_{con} \text{ (Tens.)} = M_{Ed} * (H - y_{bar_t}) / I_{yy} = 4266.63240 \text{ KPa.}$$

$$Ss_{con} \text{ (Tens.)} > f_{ctm,fl} \quad \text{---> Check Cracked Section !!!}$$

[Dead Load Cases]

$$M_{Ed_D} = 37.01 \text{ kN-m./m.}$$

$$n = 11.99553 \text{ (Long Term) .}$$

$$X = 0.148 \text{ m.}$$

$$I_{cr} = 0.0043 \text{ m}^4\text{/m.}$$

$$y_{bar_t} = 0.148 \text{ m.}$$

$$Ss_{conD} = M_{Ed_D} * y_{bar_t} / I_{cr} = 1278.29245 \text{ KPa.}$$

$$Ss_{stlD} = M_{Ed_D} * (d - y_{bar_t}) * n / I_{cr} = 30176.26256 \text{ KPa.}$$

[Live Load Cases : Characteristic]

$$M_{Ed_L} = 26.28 \text{ kN-m./m.}$$

$$n = 5.99776 \text{ (Short Term) .}$$

$$X = 0.111 \text{ m.}$$

$$I_{cr} = 0.0025 \text{ m}^4\text{/m.}$$

$$y_{bar_t} = 0.111 \text{ m.}$$

$$Ss_{conL} = M_{Ed_L} * y_{bar_t} / I_{cr} = 1172.48520 \text{ KPa.}$$

$$Ss_{stlL} = M_{Ed_L} * (d - y_{bar_t}) * n / I_{cr} = 20774.92907 \text{ KPa.}$$

[Etc. Load Cases]

$$M_{Ed_E} = 144.59 \text{ kN-m./m.}$$

$$n = 5.99776 \text{ (Short Term) .}$$

$$X = 0.111 \text{ m.}$$

$$I_{cr} = 0.0025 \text{ m}^4\text{/m.}$$

$$y_{bar_t} = 0.111 \text{ m.}$$

$$Ss_{conE} = M_{Ed_E} * y_{bar_t} / I_{cr} = 6449.98692 \text{ KPa.}$$

$$Ss_{stlE} = M_{Ed_E} * (d - y_{bar_t}) * n / I_{cr} = 114285.46920 \text{ KPa.}$$

$$Ss_{con} = Ss_{conD} + Ss_{conL} + Ss_{conE} = 8900.76457 \text{ KPa.}$$

$$Ss_{stl} = Ss_{stlD} + Ss_{stlL} + Ss_{stlE} = 165236.66082 \text{ KPa.}$$

$$Ss_{con} < k_1 * f_{ck} = 17600.00000 \text{ KPa.} \quad \text{---> O.K !}$$

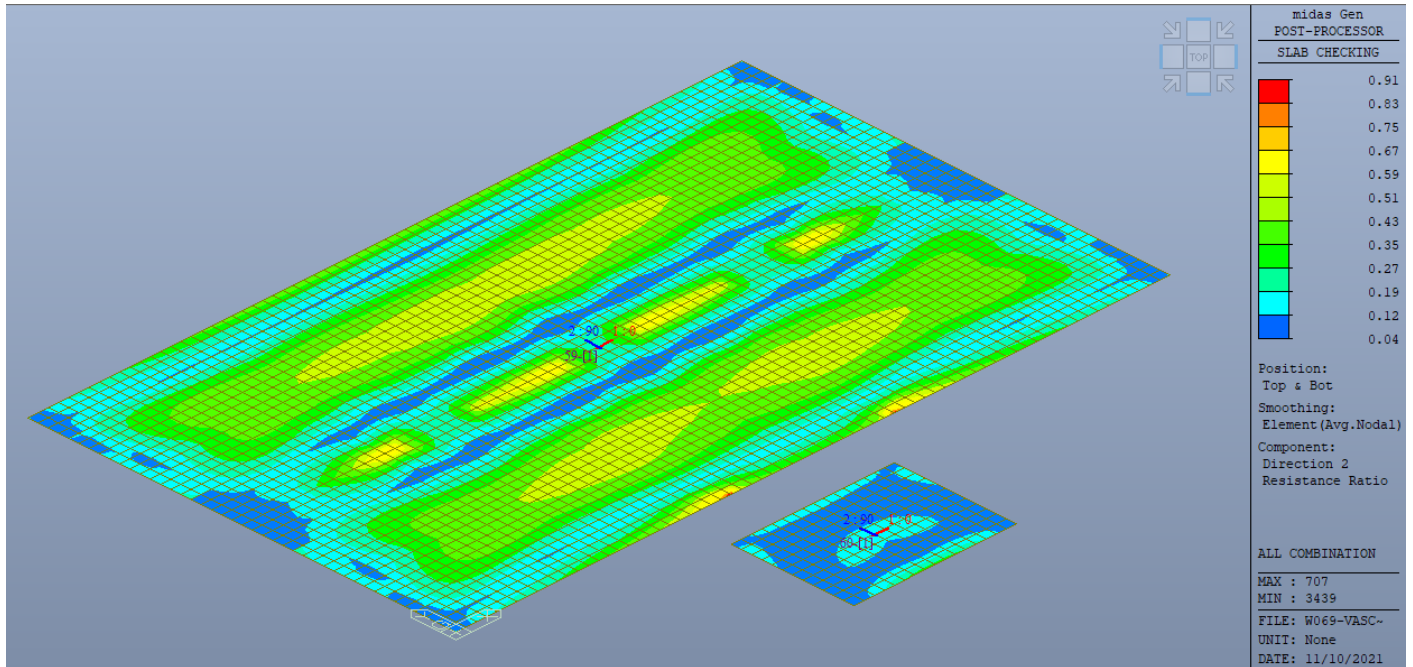
$$Ss_{stl} < k_3 * f_{yk} = 360000.00000 \text{ KPa.} \quad \text{---> O.K !}$$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 49 DI 74

8.4.5 Soletta di Fondazione

Larghezza	b	=	100.00	cm
Altezza	h	=	50.00	cm
Copriferro	c	=	6.00	cm

8.4.6 Verifica a Flessione



```

=====
[[[*]]] SLAB CHECKING MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 59-[1], Dir 2.
=====
=====

```

Thk	Elem	POS	AsReq	AsUse	M_Ed(LCB)	M_Rd	Rat	CHK
0.5000	782	BOT	0.0029	0.0031	454.954(20)	500.895	0.908	OK
	1676	TOP	0.0008	0.0016	38.6053(10)	259.130	0.149	OK

<< BOTTOM >>

-. Information of Parameters.
 Elem No. : 782
 Thickness : 0.5000 m.
 Materials : fck = 32000.0000 KPa.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	50 DI 74

$fcd = 21333.3333 \text{ KPa.}$
 $fyk = 450000.0000 \text{ KPa.}$
 Covering : $dB = 0.0600 \text{ m.}$
 $dT = 0.0600 \text{ m.}$
 LCB No. : 20

- Information of Design.

$b = 0.0010 \text{ m. (by Code Unit Length).}$
 $d = 0.4400 \text{ m.}$
 $\lambda = 0.800$
 $a = \lambda * x = 0.057 \text{ m.}$
 $\eta = 1.000$
 $Cc = \eta * fcd * b * a = 1.2173 \text{ kN.}$
 $M_{Rd} = Cc * (d - a/2) = 500.8946 \text{ kN-m./m.}$

- Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P20 @200 / P20 @200
 $As_{req} = 0.0029 \text{ m}^2/\text{m. (} 0.0029 \text{ m}^2/\text{m.)}$
 $M_{Ed} = 454.9535 \text{ kN-m./m.}$
 $M_{Rd} = 500.8946 \text{ kN-m./m.}$
 $RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.908 < 1.0 \text{ ---> O.K!}$

- Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

$x/d = 0.164$
 Limit(x/d) = 0.450 ($fck \leq 50 \text{ MPa.}$)
 $x/d \text{ ratio} = 0.164 / 0.450 = 0.364 \text{ ---> O.K}$

<< TOP >>

- Information of Parameters.

Elem No. : 1676
 Thickness : 0.5000 m.
 Materials : $fck = 32000.0000 \text{ KPa.}$
 $fcd = 21333.3333 \text{ KPa.}$
 $fyk = 450000.0000 \text{ KPa.}$
 Covering : $dB = 0.0600 \text{ m.}$
 $dT = 0.0600 \text{ m.}$
 LCB No. : 10

- Information of Design.

$b = 0.0010 \text{ m. (by Code Unit Length).}$
 $d = 0.4400 \text{ m.}$
 $\lambda = 0.800$
 $a = \lambda * x = 0.029 \text{ m.}$
 $\eta = 1.000$
 $Cc = \eta * fcd * b * a = 0.6087 \text{ kN.}$
 $M_{Rd} = Cc * (d - a/2) = 259.1303 \text{ kN-m./m.}$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 51 DI 74

- Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P20 @200

$A_{s_req} = 0.0008 \text{ m}^2/\text{m}. (0.0008 \text{ m}^2/\text{m}.)$

$M_{Ed} = 38.6053 \text{ kN-m./m}.$

$M_{Rd} = 259.1303 \text{ kN-m./m}.$

$RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.149 < 1.0 \text{ ---> O.K!}$

- Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

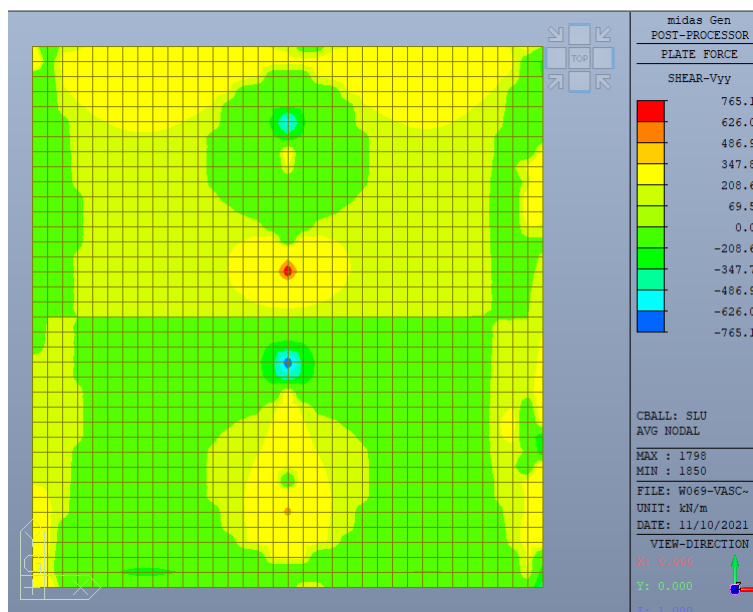
$x/d = 0.082$

Limit(x/d) = 0.450 (fck <= 50 MPa.)

$x/d \text{ ratio} = 0.082/ 0.450 = 0.182 \text{ ---> O.K}$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 52 DI 74

8.4.7 Verifica a Taglio



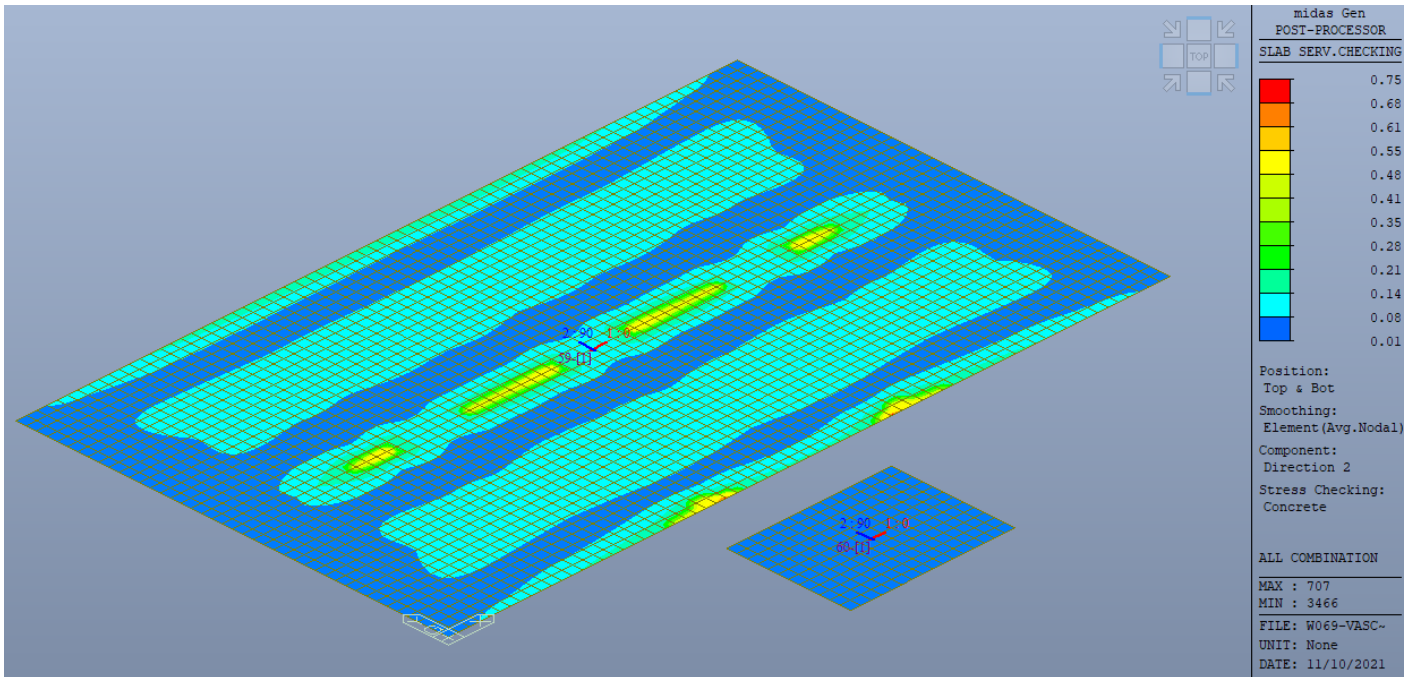
Inviluppo della sollecitazione Tagliante allo SLU

4.1.2.3.5.2 Elementi CON armature trasversali resistenti al taglio		[4.1.2.3.5.2 NTC]
V_{ed}	782.00	[KN]
Verifica	$V_{Rd} > V_{Ed}$	(4.126NTC)
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)) \cdot \text{sen}(\alpha)$		[4.1.27 NTC]
$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot F'_{cd} \cdot ((\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)) / (1 + \text{ctg}^2(\theta)))$		[4.1.28 NTC]
$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$		[4.1.29 NTC]
Tipologia armature a Taglio	SAGOMATI	

Altezza utile della sezione	d	450.00	[mm]
Diametro delle Sagomati	Φ_{sw}	20.00	[mm]
sagomati a metro	n.sag.	5	[-]
Area sezione trasversale armatura a taglio	A_{sw}	1,570.80	[mm ²]
Passo	s	450.00	[mm]
Inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave	α	45.00	[°]
Inclinazione del puntone compresso	θ	21.81	[°]
Verifica [4.1.25 NTC]	$1 \leq \text{ctg}(\theta) \leq 2,5$	2.50	ok
Coefficiente cautelativo	α_c	1.00	[-]
Resistenza a compressione ridotta	$F'_{cd} = 50\% \cdot f_{cd}$	9.07	[N/mm ²]
	V_{Rsd}	967.79	[KN]
	V_{Rcd}	1,773.47	[KN]
Taglio resistente	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$	967.79	[KN]
Tasso di sfruttamento	V_{Ed} / V_{Rd}	0.81	[-]
Coefficiente di sicurezza a taglio	V_{Rd} / V_{Ed}	1.24	[-]
Esito verifica	$V_{Rd} > V_{Ed}$	ok	

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	53 DI 74

8.4.8 Verifica a Fessurazione e Tensioni di esercizio



=====

=====
 [[[*]]] SLAB STRESS MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 59-[1], Dir 2.
 =====

<< BOTTOM >>

- Information of Parameters.
 Elem No. : 707
 LCB No. : 60
 Materials : fck = 32000.0000 KPa.
 fyk = 450000.0000 KPa.
 Thickness : 0.5000 m.
 Covering : dB = 0.0600 m.
 dT = 0.0600 m.
- Information of Checking.
 gamma_c = 1.500 (for Concrete)
 gamma_s = 1.150 (for Reinforcement)
 fcd = fck / gamma_c = 21333.33333 KPa.
 fyd = fyk / gamma_s = 391304.34783 KPa.
 b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).
 d = 0.4400 m.
 As_use = 0.0031 m^2/m. (0.0031 m^2/m.)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	54 DI 74

- Information of Stress Checking Result.

k1 = 0.55000
k2 = 0.45000
k3 = 0.80000

(Assumed Uncracked Section)

M_{Ed} = 314.69 kN-m./m.
n = 11.99553(Long Term).
f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^(2/3) = 3023.81052 KPa.
f_{r1} = (1.6 - H/1000) * f_{ctm} = 3326.19157 KPa.
f_{ctm,fl} = MAX[f_{ctm}, f_{r1}] = 3326.19157 KPa.
y_{bar_t} = 0.26227 m.
I_{yy} = 0.01158 m⁴./m.
S_{s_con} (Tens.) = M_{Ed}*(H-y_{bar_t})/I_{yy} = 6458.86753 KPa.
S_{s_con} (Tens.) > f_{ctm,fl} ---> Check Cracked Section !!!

[Dead Load Cases]

M_{Ed_D} = 85.40 kN-m./m.
n = 11.99553(Long Term).
X = 0.148 m.
I_{cr} = 0.0043 m⁴./m.
y_{bar_t} = 0.148 m.
S_{s_conD} = M_{Ed_D}*y_{bar_t}/I_{cr} = 2949.58342 KPa.
S_{s_stlD} = M_{Ed_D}*(d-y_{bar_t})*n/I_{cr} = 69629.92187 KPa.

[Live Load Cases : Characteristic]

M_{Ed_L} = 41.83 kN-m./m.
n = 5.99776(Short Term).
X = 0.111 m.
I_{cr} = 0.0025 m⁴./m.
y_{bar_t} = 0.111 m.
S_{s_conL} = M_{Ed_L}*y_{bar_t}/I_{cr} = 1865.96492 KPa.
S_{s_stlL} = M_{Ed_L}*(d-y_{bar_t})*n/I_{cr} = 33062.49744 KPa.

[Etc. Load Cases]

M_{Ed_E} = 187.46 kN-m./m.
n = 5.99776(Short Term).
X = 0.111 m.
I_{cr} = 0.0025 m⁴./m.
y_{bar_t} = 0.111 m.
S_{s_conE} = M_{Ed_E}*y_{bar_t}/I_{cr} = 8362.73983 KPa.
S_{s_stlE} = M_{Ed_E}*(d-y_{bar_t})*n/I_{cr} = 148176.98970 KPa.

S_{s_con} = S_{s_conD} + S_{s_conL} + S_{s_conE} = 13178.28817 KPa.

S_{s_stl} = S_{s_stlD} + S_{s_stlL} + S_{s_stlE} = 250869.40901 KPa.

S_{s_con} < k1*f_{ck} = 17600.00000 KPa. ---> O.K !

S_{s_stl} < k3*f_{yk} = 360000.00000 KPa. ---> O.K !

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	55 DI 74

<< TOP >>

- Information of Parameters.

Elem No. : 1308
LCB No. : 70
Materials : fck = 32000.0000 KPa.
fyk = 450000.0000 KPa.
Thickness : 0.5000 m.
Covering : dB = 0.0600 m.
dT = 0.0600 m.

- Information of Checking.

gamma_c = 1.500 (for Concrete)
gamma_s = 1.150 (for Reinforcement)
fcd = fck / gamma_c = 21333.33333 KPa.
fyd = fyk / gamma_s = 391304.34783 KPa.
b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).
d = 0.4400 m.
As_use = 0.0016 m²/m. (0.0016 m²/m.)

- Information of Stress Checking Result.

k1 = 0.55000
k2 = 0.45000
k3 = 0.80000

(Assumed Uncracked Section)

M_Ed = 11.85 kN-m./m.
n = 11.99553(Long Term).
fctm = 0.30 * fck^(2/3) = 3023.81052 KPa.
fr1 = (1.6 - H/1000) * fctm = 3326.19157 KPa.
fctm,fl = MAX[fctm, fr1] = 3326.19157 KPa.
ybar_t = 0.25634 m.
Iyy = 0.01102 m⁴./m.
Ss_con (Tens.) = M_Ed*(H-ybar_t)/Iyy = 262.13107 KPa.
Ss_con (Tens.) <= fctm,fl ---> Uncracked Section !

- Compressive stress in concrete.

Ss_con (Comp.) = M_Ed*ybar_t/Iyy = 275.77451 KPa.
Ss_con (Comp.) < k1*fck= 17600.00000 KPa. ---> O.K !

- Tensile stress in reinforcement.

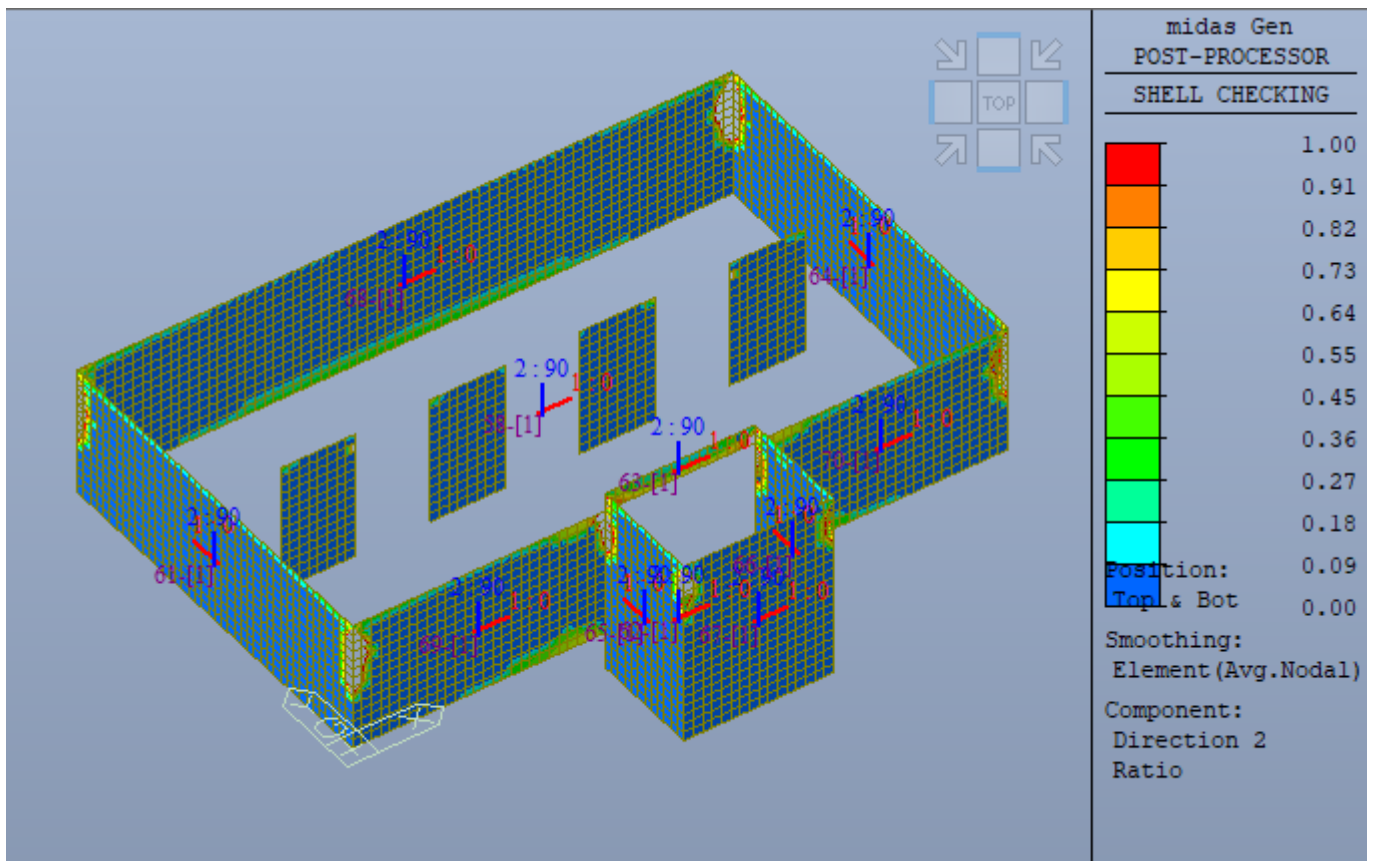
Ss_stl = M_Ed*(d-X)*n/Iyy = 2370.10487 KPa.
Ss_stl < k3*fyk=360000.00000 KPa. ---> O.K !

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 56 DI 74

8.4.9 Piedritti

Larghezza	b	=	100.00	cm
Altezza	h	=	50.00	cm
Copriferro	c	=	6.00	cm

8.4.10 Verifica a Flessione, Fessurazione e Tensioni di esercizio



```

=====
[[[*]]] MESHED SHELL CHECKING MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 69-[1].
=====
=====

```

```

-----
[*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : TOP, REINFORCEMENT DIR-1
-----

```

- (). Information of Parameters.
- Elem No. : 10037
 - Node No. : 10683

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.		RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering							TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	
		IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	57 DI 74

- LCB No. : 40
- Materials : $f_{ck} = 32000.0000$ KPa., $f_{yk} = 450000.0000$ KPa.
- Thickness : $t = 0.5000$ m.
- Covering : $d_B = 0.0600$ m., $d_T = 0.0600$ m.

(). Check elements cracked or not.

[EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101)]

- Sig1 = Sig,max = 3036.0970 KPa.
- Sig2 = Sig,min = 371.5294 KPa.
- Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)
- $f_{cm} = 40000.0000$ KPa.
- $\alpha = 4.1292$
- $\lambda = 14.5043$
- $\beta = 4.6286$

$$\alpha \cdot J_2 \cdot \lambda \cdot \sqrt{J_2} \cdot \beta^{1.1}$$

- $\text{PHI} = \frac{\text{Sig}_1}{f_{cm}^2} + \frac{\text{Sig}_2}{f_{cm}} + \frac{\text{Sig}_3}{f_{cm}} - 1.0 = 0.0019$

----> CRACKED. A SANDWICH MODEL SHOULD BE USED !!!

(). Membrane forces.

- $N_{Edx} = -43.3583$ kN/m.
- $N_{E dy} = 440.2853$ kN/m.
- $N_{Edxy} = 92.7811$ kN/m.

(). Necessary reinforcement and concrete stress.

- $f'_{tdx} = 407.9836$ KPa.
- $f'_{tdy} = 5465.0004$ KPa.
- $\text{Sig}_{cd} = 1855.6216$ KPa.
- $\rho_{x,req} = \max[f'_{tdx}/f_{yd} \cdot (c_k/t), \rho_{x,min}] = 0.0020$
- $\rho_{y,req} = \max[f'_{tdy}/f_{yd} \cdot (c_k/t), \rho_{y,min}] = 0.0028$
- $A_{sx,req} = 0.0010$ m²/m. (0.0010 m²/m.)
- $A_{sy,req} = 0.0014$ m²/m. (0.0014 m²/m.)

(). Rebar Arrangement.

- Rebar,x : P20 @200/P20 @200
- Rebar,y : P20 @200

(). Tensile strengths provided by reinforcement.

- $A_{sx,use} = 0.0031$ m²/m. (0.0031 m²/m.)
- $A_{sy,use} = 0.0016$ m²/m. (0.0016 m²/m.)
- $\rho_{x,use} = 0.0063$
- $\rho_{y,use} = 0.0031$
- $f_{tdx} = \rho_{x,use} \cdot f_{yd} \cdot (t/c_k) = 12286.9565$ KPa.
- $f_{tdy} = \rho_{y,use} \cdot f_{yd} \cdot (t/c_k) = 6143.4783$ KPa.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	58 DI 74

(). Concrete strength limit.
- $\text{Sig}_{cn} = \nu \cdot f_{cd} = 10666.6667 \text{ KPa.}$

(). Check results.
- $\text{Rat}_{,barx} = f'_{tdx}/f_{tdx} = 0.0332$
- $\text{Rat}_{,bary} = f'_{tdy}/f_{tdy} = 0.8896$
- $\text{Rat}_{,conc} = \text{Sig}_{cd}/\text{Sig}_{cn} = 0.1740$
- $\text{Rat} = \text{MAX}[\text{Rat}_{,barx}, \text{Rat}_{,bary}, \text{Rat}_{,conc}] = 0.8896 \text{ ---> O.K.}$

[*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : TOP, REINFORCEMENT DIR-2

(). Information of Parameters.
- Elem No. : 10037
- Node No. : 10683
- LCB No. : 40
- Materials : $f_{ck} = 32000.0000 \text{ KPa.}$, $f_{yk} = 450000.0000 \text{ KPa.}$
- Thickness : $t = 0.5000 \text{ m.}$
- Covering : $d_B = 0.0635 \text{ m.}$, $d_T = 0.0600 \text{ m.}$

(). Check elements cracked or not.
[EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101)]
- $\text{Sig}_1 = \text{Sig}_{,max} = 3036.0970 \text{ KPa.}$
- $\text{Sig}_2 = \text{Sig}_{,min} = 371.5294 \text{ KPa.}$
- $\text{Sig}_3 = 0.0000 \text{ KPa. (2D Element)}$
- $f_{cm} = 40000.0000 \text{ KPa.}$
- $\alpha = 4.1292$
- $\lambda = 14.5043$
- $\beta = 4.6286$
- $\text{PHI} = \frac{\alpha \cdot J_2}{f_{cm}^2} + \frac{\lambda \cdot \text{SQRT}[J_2]}{f_{cm}} + \frac{\beta \cdot I_1}{f_{cm}} - 1.0 = 0.0019$
---> CRACKED. A SANDWICH MODEL SHOULD BE USED !!!

(). Membrane forces.
- $\text{NE}_{dx} = -43.3583 \text{ kN/m.}$
- $\text{NE}_{dy} = 440.2853 \text{ kN/m.}$
- $\text{NE}_{dxy} = 92.7811 \text{ kN/m.}$

(). Necessary reinforcement and concrete stress.
- $f'_{tdx} = 407.9836 \text{ KPa.}$
- $f'_{tdy} = 5465.0004 \text{ KPa.}$
- $\text{Sig}_{cd} = 1855.6216 \text{ KPa.}$
- $\rho_{hx,req} = \text{max}[f'_{tdx}/f_{yd} \cdot (c_k/t), \rho_{hx,min}] = 0.0020$
- $\rho_{hy,req} = \text{max}[f'_{tdy}/f_{yd} \cdot (c_k/t), \rho_{hy,min}] = 0.0028$
- $\text{As}_{x,req} = 0.0010 \text{ m}^2/\text{m.}$ ($0.0010 \text{ m}^2/\text{m.}$)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	59 DI 74

- . Asy,req = 0.0014 m²/m. (0.0014 m²/m.)

(). Rebar Arrangement.

- . Rebar,x : P20 @200/P20 @200
- . Rebar,y : P20 @200

(). Tensile strengths provided by reinforcement.

- . Asx,use = 0.0031 m²/m. (0.0031 m²/m.)
- . Asy,use = 0.0016 m²/m. (0.0016 m²/m.)
- . rhox,use = 0.0063
- . rhox,use = 0.0031
- . ftdx = rhox,use*fyd*(t/ck) = 12286.9565 KPa.
- . ftdy = rhox,use*fyd*(t/ck) = 6143.4783 KPa.

(). Concrete strength limit.

- . Sigcn = nu*fcd = 10666.6667 KPa.

(). Check results.

- . Rat,barx = ftdx/ftdx = 0.0332
- . Rat,bary = ftdy/ftdy = 0.8896
- . Rat,conc = Sigcd/Sigcn = 0.1740
- . Rat = MAX[Rat,barx, Rat,bary, Rat,conc] = 0.8896 ---> O.K.

[*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : TOP, CONCRETE STRESS

(). Information of Parameters.

- . Elem No. : 10037
- . Node No. : 10683
- . LCB No. : 40
- . Materials : fck = 32000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.
- . Thickness : t = 0.5000 m.
- . Covering : dB = 0.0600 m., dT = 0.0600 m.

(). Check elements cracked or not.

- [EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101)]
- . Sig1 = Sig,max = 3036.0970 KPa.
 - . Sig2 = Sig,min = 371.5294 KPa.
 - . Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)
 - . fcm = 40000.0000 KPa.
 - . alpha = 4.1292
 - . lambda = 14.5043
 - . beta = 4.6286
 - . PHI = $\frac{\alpha \cdot J2}{fcm^2} + \frac{\lambda \cdot \sqrt{J2}}{fcm} + \frac{\beta \cdot 11}{fcm} - 1.0 = 0.0019$
- > CRACKED. A SANDWICH MODEL SHOULD BE USED !!!

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	60 DI 74

(). Membrane forces.

- NEdx = -43.3583 kN/m.
- NEdy = 440.2853 kN/m.
- NEdxy = 92.7811 kN/m.

(). Necessary reinforcement and concrete stress.

- f'tdx = 407.9836 KPa.
- f'tdy = 5465.0004 KPa.
- Sigcd = 1855.6216 KPa.
- rhox,req = max[f'tdx/fyd*(ck/t), rhox,min] = 0.0020
- rhox,req = max[f'tdy/fyd*(ck/t), rhox,min] = 0.0028
- rhox,req = 0.0010 m^2/m. (0.0010 m^2/m.)
- rhox,req = 0.0014 m^2/m. (0.0014 m^2/m.)

(). Rebar Arrangement.

- Rebar,x : P20 @200/P20 @200
- Rebar,y : P20 @200

(). Tensile strengths provided by reinforcement.

- Asx,use = 0.0031 m^2/m. (0.0031 m^2/m.)
- Asy,use = 0.0016 m^2/m. (0.0016 m^2/m.)
- rhox,use = 0.0063
- rhox,use = 0.0031
- ftdx = rhox,use*fyd*(t/ck) = 12286.9565 KPa.
- ftdy = rhox,use*fyd*(t/ck) = 6143.4783 KPa.

(). Concrete strength limit.

- Sigcn = nu*fcd = 10666.6667 KPa.

(). Check results.

- Rat,barx = f'tdx/ftdx = 0.0332
- Rat,bary = f'tdy/ftdy = 0.8896
- Rat,conc = Sigcd/Sigcn = 0.1740
- Rat = MAX[Rat,barx, Rat,bary, Rat,conc] = 0.8896 ---> O.K.

[*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : BOTTOM, REINFORCEMENT DIR-1

(). Information of Parameters.

- Elem No. : 10037
- Node No. : 10743
- LCB No. : 104
- Materials : fck = 32000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.
- Thickness : t = 0.5000 m.
- Covering : dB = 0.0600 m., dT = 0.0600 m.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	61 DI 74

- (). Check elements cracked or not.
[EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101)]
- Sig1 = Sig,max = 96.3457 KPa.
 - Sig2 = Sig,min = -101.0745 KPa.
 - Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)
 - fcm = 40000.0000 KPa.
 - alpha = 4.1292
 - lambda = 12.5391
 - beta = 4.6286
- $$\alpha \cdot J2 \quad \lambda \cdot \text{SQRT}[J2] \quad \beta \cdot I1$$
- $$\text{PHI} = \frac{\quad}{fcm^2} + \frac{\quad}{fcm} + \frac{\quad}{fcm} - 1.0 = -0.9696$$
- > UNCRACKED. CHECK CONCRETE STRESS !!!

- (). Membrane forces.
- NEdx = 6.1895 kN/m.
 - NEdy = -15.8812 kN/m.
 - NEdx = 16.0543 kN/m.

- (). Check the minimum principal stress.
- Sig,min = -120.9532 KPa.
 - alpha = 0.1776(the ratio between the two principal stress)
 - Sig,cdmax = $0.85fcd \cdot \frac{1+3.80 \cdot \alpha}{(1+\alpha)^2}$ = 21901.6411 KPa.
 - Rat,con = Sig,min/Sig,cdmax = 0.006

[*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : BOTTOM, REINFORCEMENT DIR-2

- (). Information of Parameters.
- Elem No. : 10037
 - Node No. : 10683
 - LCB No. : 40
 - Materials : fck = 32000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.
 - Thickness : t = 0.5000 m.
 - Covering : dB = 0.0635 m., dT = 0.0600 m.

- (). Check elements cracked or not.
[EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101)]
- Sig1 = Sig,max = 3036.0970 KPa.
 - Sig2 = Sig,min = 371.5294 KPa.
 - Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)
 - fcm = 40000.0000 KPa.
 - alpha = 4.1292
 - lambda = 14.5043

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	62 DI 74

- . beta = 4.6286

$$\alpha \cdot J2 \quad \lambda \cdot \text{SQRT}[J2] \quad \beta \cdot I1$$
- . PHI = $\frac{\alpha \cdot J2}{f_{cm}^2} + \frac{\lambda \cdot \text{SQRT}[J2]}{f_{cm}} + \frac{\beta \cdot I1}{f_{cm}} - 1.0 = 0.0019$
---> CRACKED. A SANDWICH MODEL SHOULD BE USED !!!

(). Membrane forces.

- . NE_x = -284.3702 kN/m.
- . NE_y = 19.7442 kN/m.
- . NE_{xy} = 11.5450 kN/m.

(). Necessary reinforcement and concrete stress.

- . f'_{tdx} = 0.0000 KPa.
- . f'_{tdy} = 67.7918 KPa.
- . Sig_{cd} = 2848.3888 KPa.
- . rho_{x,req} = max[f'_{tdx}/f_{yd}*(c_k/t), rho_{x,min}] = 0.0020
- . rho_{y,req} = max[f'_{tdy}/f_{yd}*(c_k/t), rho_{y,min}] = 0.0010
- . A_{sx,req} = 0.0010 m²/m. (0.0010 m²/m.)
- . A_{sy,req} = 0.0005 m²/m. (0.0005 m²/m.)

(). Rebar Arrangement.

- . Rebar_x : P20 @200/P20 @200
- . Rebar_y : P20 @200

(). Tensile strengths provided by reinforcement.

- . A_{sx,use} = 0.0031 m²/m. (0.0031 m²/m.)
- . A_{sy,use} = 0.0016 m²/m. (0.0016 m²/m.)
- . rho_{x,use} = 0.0063
- . rho_{y,use} = 0.0031
- . f_{tdx} = rho_{x,use}*f_{yd}*(t/c_k) = 12286.9565 KPa.
- . f_{tdy} = rho_{y,use}*f_{yd}*(t/c_k) = 6143.4783 KPa.

(). Concrete strength limit.

- . Sig_{cn} = nu*f_{cd} = 10666.6667 KPa.

(). Check results.

- . Rat_{barx} = f'_{tdx}/f_{tdx} = 0.0000
- . Rat_{bary} = f'_{tdy}/f_{tdy} = 0.0110
- . Rat_{conc} = Sig_{cd}/Sig_{cn} = 0.2670
- . Rat = MAX[Rat_{barx}, Rat_{bary}, Rat_{conc}] = 0.2670 ---> O.K.

[*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : BOTTOM, CONCRETE STRESS

(). Information of Parameters.

- . Elem No. : 10037

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	63 DI 74

- Node No. : 10683
- LCB No. : 40
- Materials : fck = 32000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.
- Thickness : t = 0.5000 m.
- Covering : dB = 0.0600 m., dT = 0.0600 m.

(). Check elements cracked or not.

[EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101)]

- Sig1 = Sig,max = 3036.0970 KPa.
- Sig2 = Sig,min = 371.5294 KPa.
- Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)
- fcm = 40000.0000 KPa.
- alpha = 4.1292
- lambda = 14.5043
- beta = 4.6286
- alpha*J2 lambda*SQRT[J2] beta*11
- PHI = $\frac{fcm^2}{fcm} + \frac{fcm}{fcm} - 1.0 = 0.0019$
- > CRACKED. A SANDWICH MODEL SHOULD BE USED !!!

(). Membrane forces.

- NEdx = -284.3702 kN/m.
- NEdy = 19.7442 kN/m.
- NEdxy = 11.5450 kN/m.

(). Necessary reinforcement and concrete stress.

- f'tdx = 0.0000 KPa.
- f'tdy = 67.7918 KPa.
- Sigcd = 2848.3888 KPa.
- rhox,req = max[f'tdx/fyd*(ck/t), rhox,min] = 0.0020
- rho y,req = max[f'tdy/fyd*(ck/t), rho y,min] = 0.0010
- Asx,req = 0.0010 m^2/m. (0.0010 m^2/m.)
- Asy,req = 0.0005 m^2/m. (0.0005 m^2/m.)

(). Rebar Arrangement.

- Rebar,x : P20 @200/P20 @200
- Rebar,y : P20 @200

(). Tensile strengths provided by reinforcement.

- Asx,use = 0.0031 m^2/m. (0.0031 m^2/m.)
- Asy,use = 0.0016 m^2/m. (0.0016 m^2/m.)
- rhox,use = 0.0063
- rho y,use = 0.0031
- ftdx = rhox,use*fyd*(t/ck) = 12286.9565 KPa.
- ftdy = rho y,use*fyd*(t/ck) = 6143.4783 KPa.

(). Concrete strength limit.

- Sigcn = nu*fcd = 10666.6667 KPa.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 64 DI 74

(). Check results.

- . Rat,barx = $f'tdx/ftdx = 0.0000$

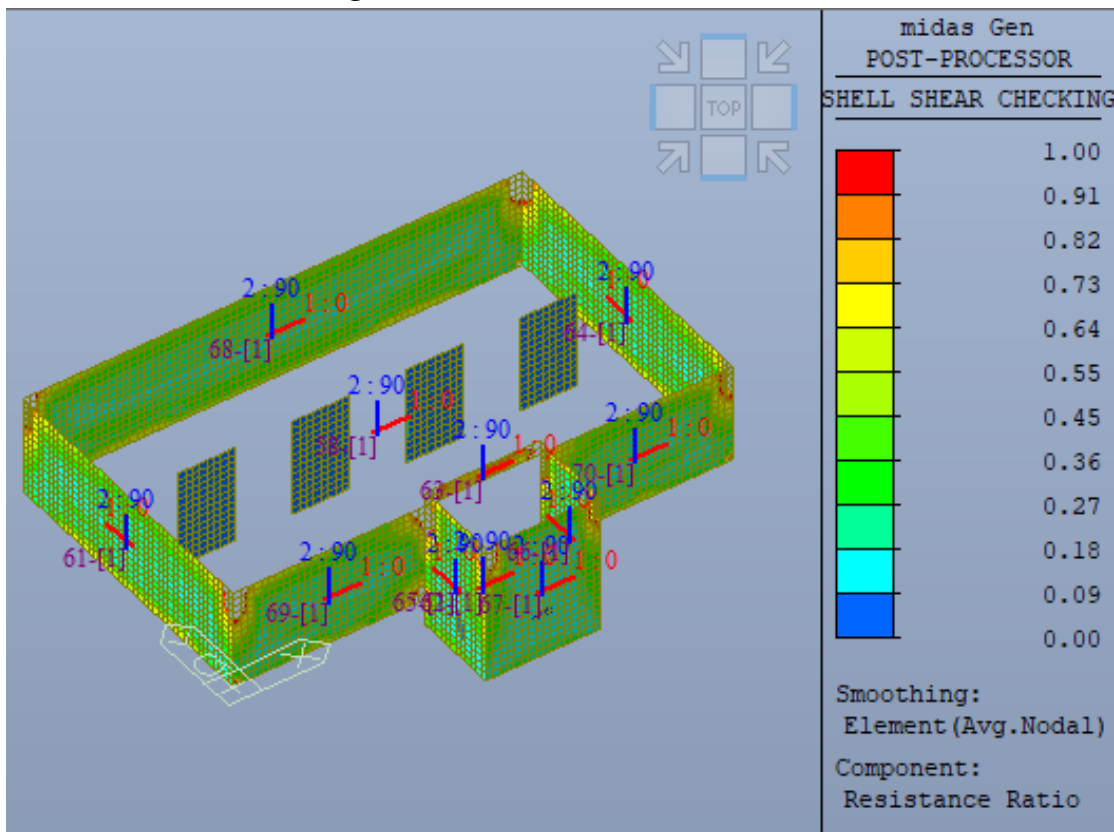
- . Rat,bary = $f'tdy/ftdy = 0.0110$

- . Rat,conc = $Sigcd/Sigcn = 0.2670$

- . Rat = $MAX[Rat,barx, Rat,bary, Rat,conc] = 0.2670 \rightarrow O.K.$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 65 DI 74

8.4.11 Verifica a Taglio



[*] SHEAR SHEAR MAXIMUM RESULT

(). Information of Parameters.

- Elem No. : 9765
- Node No. : 8552
- LCB No. : 20
- Materials : $f_{ck} = 32000.0000$ KPa., $f_{yk} = 450000.0000$ KPa.
- Thickness : $t = 0.5000$ m.
- Covering : $d_B = 0.0600$ m., $d_T = 0.0600$ m.

(). Calculate the principal shear of the inner layer.

- $V_{Edx} = -347.1556$ kN/m.
- $V_{Edy} = -324.5750$ kN/m.
- $V_{Edo} = \text{SQRT}[V_{Edx}^2 + V_{Edy}^2] = 475.2536$ kN/m.
- $\tan(\text{Phio}) = V_{Edy}/V_{Edx} = 0.9350$
- $R_{hol} = R_{hox} \cdot \cos(\text{Phio})^2 + R_{hoy} \cdot \sin(\text{Phio})^2 = 0.0063$

(). Calculate the design shear resistance without shear reinforcement.

- $k = \text{MIN}[1.0 + \text{SQRT}(200/d), 2.0] = 1.6742$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca “SO” - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 66 DI 74

- . $C_{Rdc} = 0.18 / \Gamma_c = 0.1200$
- . $\sigma_{cp} = \min[N_{Ed} / A_c, 0.2 \cdot f_{cd}] = 4266.6667 \text{ KPa.}$

- . $V_{Rdc1} = [C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_{hol} \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot d = 521.9317 \text{ kN/m.}$

- . $V_{Rdc2} = [0.035 \cdot k^{3/2} \cdot \sqrt{f_{ck}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot d = 470.3151 \text{ kN/m.}$

- . $V_{Rdc} = \max[V_{Rdc1}, V_{Rdc2}] = 521.9317 \text{ kN/m.}$

- . $RatV = V_{Edo} / V_{Rdc} = 0.9106 \text{ ---> O.K.}$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	67 DI 74

8.5 Tabella Incidenza Armature

Incidenza Armature		
Soletta Sup	230	kg/mc
Soletta Inf	230	kg/mc
Piedritti	200	kg/mc

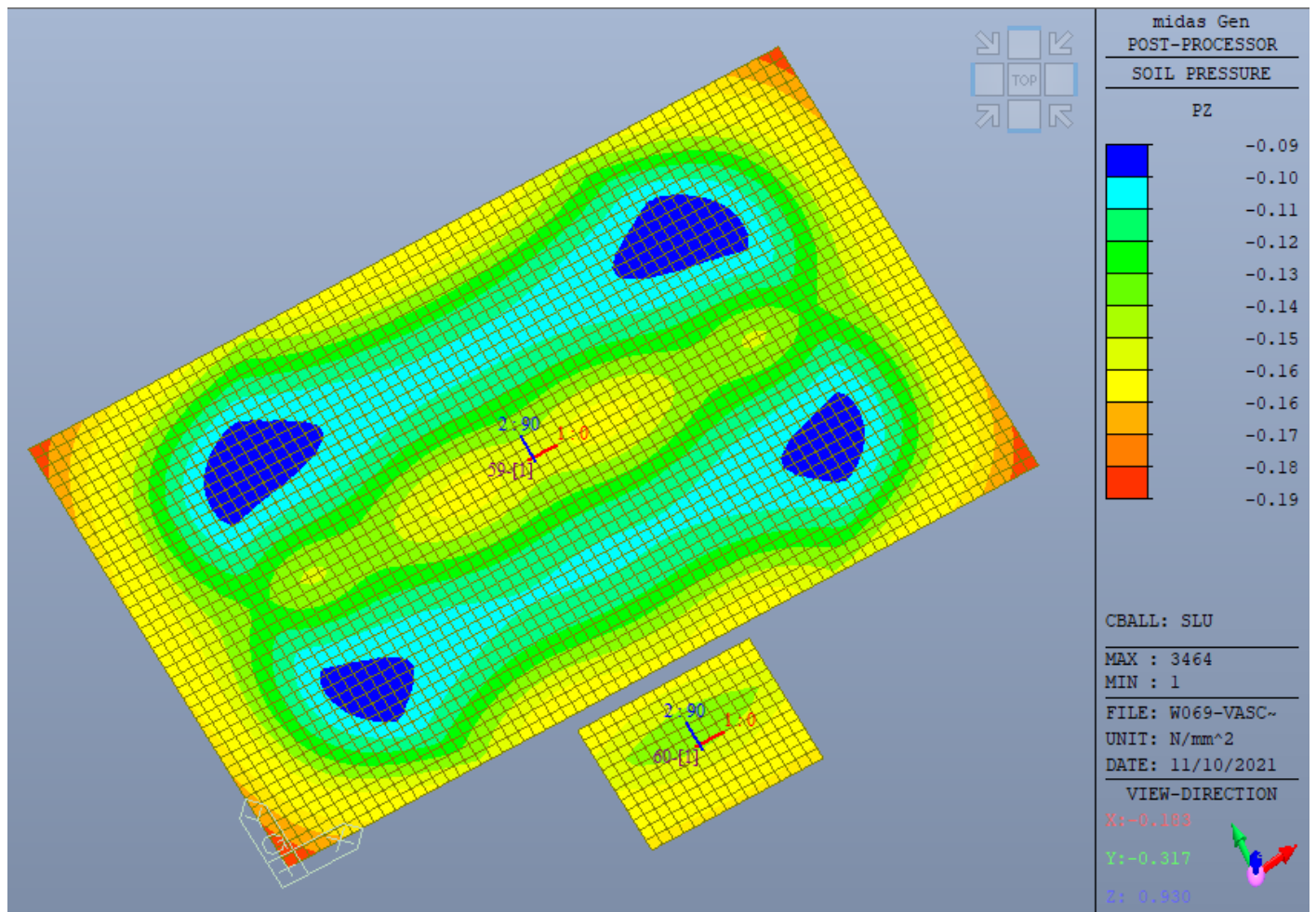
APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 68 DI 74

9 VERIFICHE GEOTECNICHE

9.1 VERIFICA A CARICO LIMITE

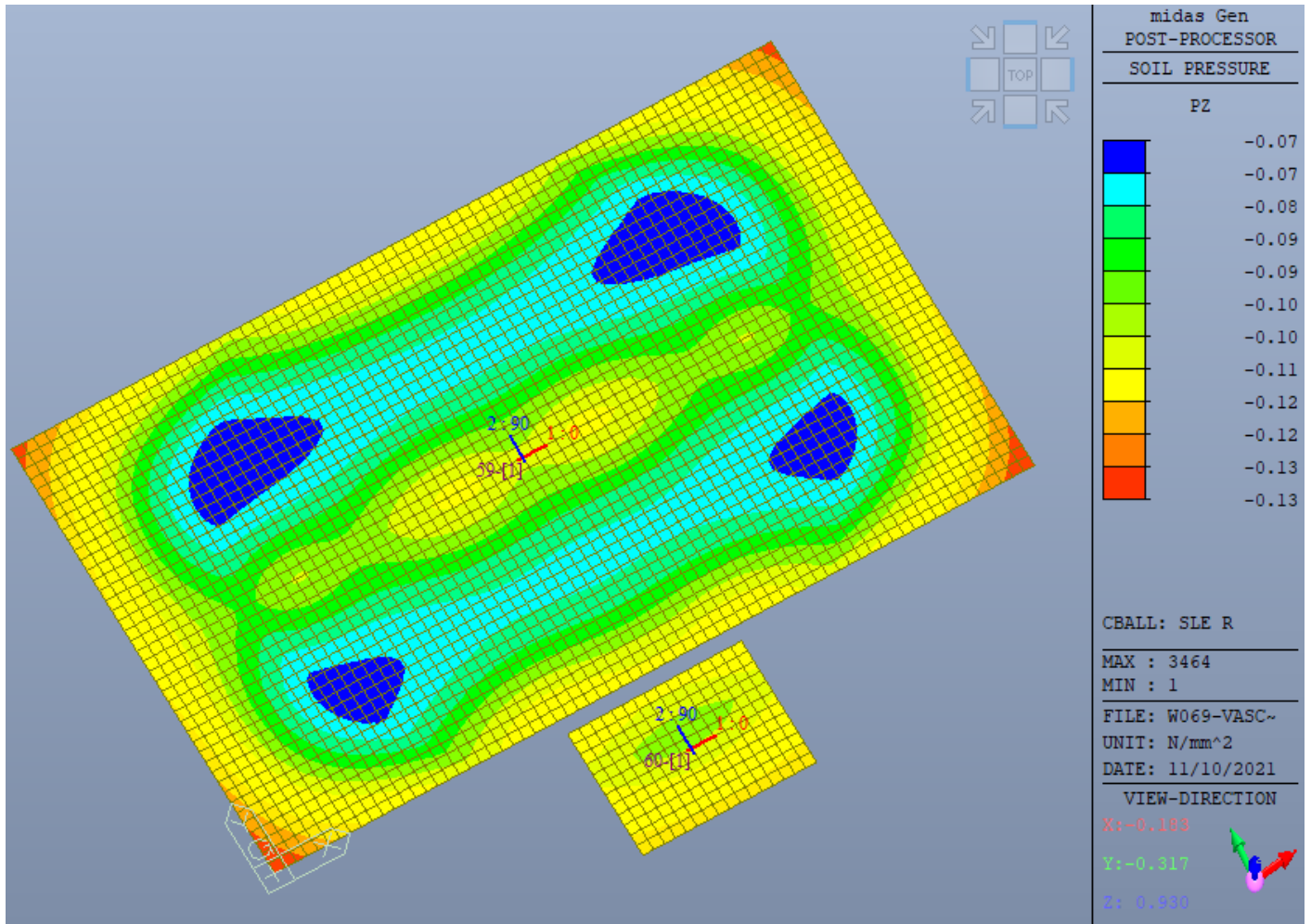
Il terreno di fondazione deve essere in grado di sopportare il carico che gli viene trasmesso dalle strutture sovrastanti senza che si verifichi rottura e senza che i cedimenti della struttura siano eccessivi. Si riportano qui di seguito le sollecitazioni più gravose ottenute dagli involuppi delle combinazioni di carico al calcolo del carico limite e le verifiche.

Involuppo delle sollecitazioni agli SLU:



Involuppo delle sollecitazioni agli SLE:

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO SN0100 004	REV. A	FOGLIO 69 DI 74



Involuppo delle sollecitazioni derivanti dall'azione sismica:

APPALTATORE:
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
GENERALI s.r.l.

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Mandataria:

Mandante:

RPA srl

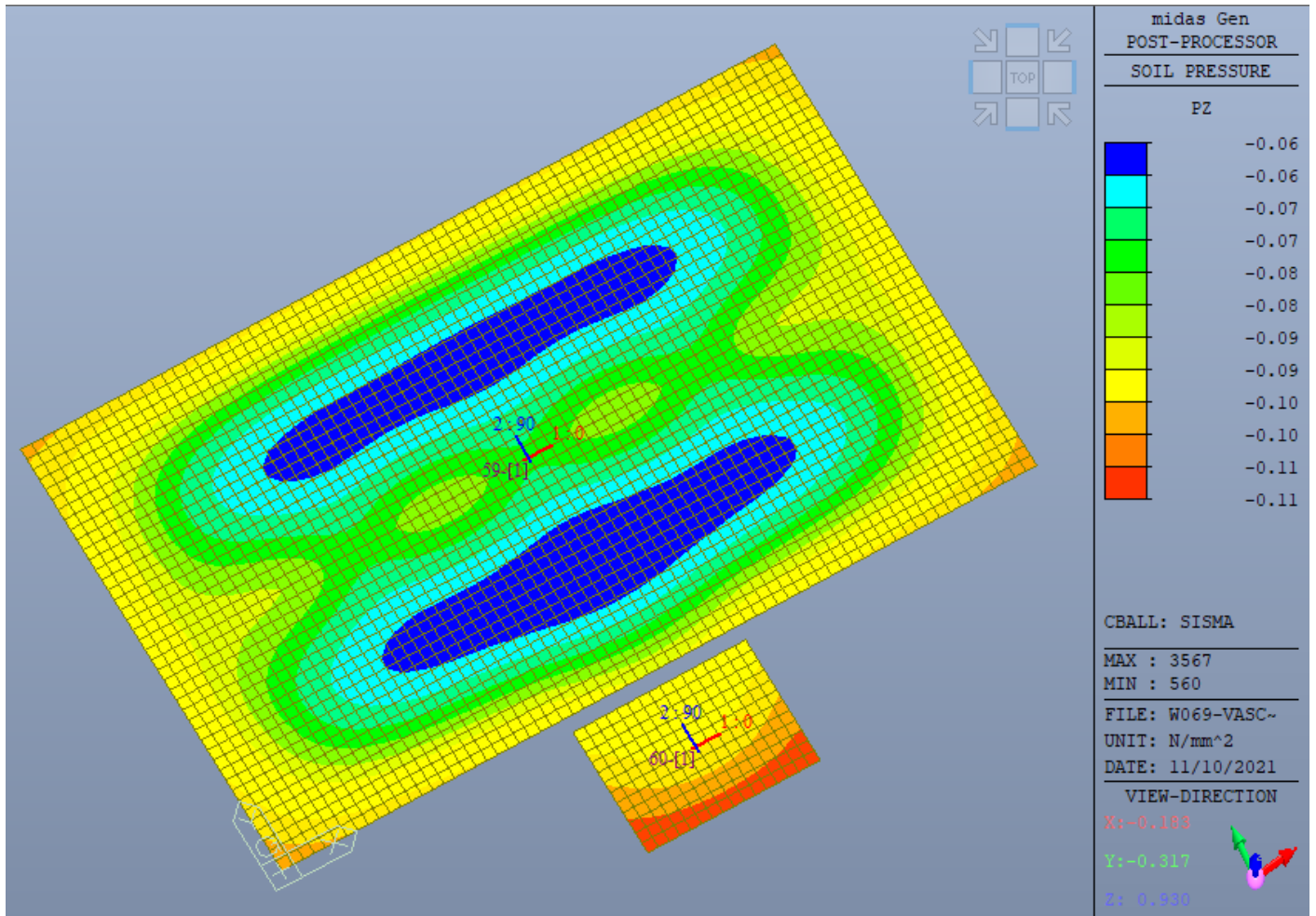
Technital SpA

HUB
Engineering

PROGETTO ESECUTIVO:

Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	70 DI 74



APPALTATORE:
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
GENERALI s.r.l.

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Mandataria:

Mandante:

RPA srl

Technital SpA

HUB
Engineering

PROGETTO ESECUTIVO:

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	71 DI 74

Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus

Calcolo del carico limite con coefficienti M2

Carico Limite per Fondazioni Dirette-Condizione drenata

CONDIZIONE DRENATA

$$Q_{lim} = N_q \Psi_q \zeta_q \xi_q \alpha_q \beta_q (\gamma_1 (D-a) + (\gamma_{sat} - \gamma_w)a) + N_c \Psi_c \zeta_c \xi_c \alpha_c \beta_c C' + N_\gamma \Psi_\gamma \zeta_\gamma \xi_\gamma \alpha_\gamma \beta_\gamma \gamma_2 B'/2 + \gamma_w a$$

Caratteristiche fisiche				Caratteristiche meccaniche				Q. primo calpestio da base fond.
γ_1 (t/m ³)	γ_{1sat} (t/m ³)	γ_w (t/m ³)	γ_2 (t/m ³)	ϕ (°)	C' (t/m ²)	E _{ed} (t/m ²)	C _U (t/m ²)	(m)
2.40	2.40	1.00	2.40	26.56	0.00	10000.00	0.00	5.00

Dati geometrici piano di posa				Dati geometrici fondazione				Carichi	
ε (°)	ω (°)	a (m)	D (m)	B (m)	L (m)	e _B (m)	e _L (m)	q _v (t)	q _h (t)
0.00	0.00	0.00	5.00	11.00	18.00	0.00	0.00	1721.0	0.00

Coefficients di carico limite			Coefficients di forma		
N_q	N_c	N_γ	ζ_q	ζ_c	ζ_γ
2.47	8.35	1.22	1+ (B/L) tgφ	1+ (B/L)/(N _q /N _c)	1-0,4(B/L)

Coefficients di inclinazione piano di posa		
α_q	α_c	α_γ
$\alpha_q = \alpha_\gamma = (1 - \varepsilon \text{tg} \phi)^2$	$\alpha_c = \alpha_q - (1 - \alpha_q)/(N_c \text{tg} \phi)$	

Coefficients di inclinazione piano di campagna		
β_q	β_c	β_γ
$\beta_q = (1 - \text{tg} \omega)^2 \cos \omega$	$\beta_c = \beta_\gamma - (1 - \beta_\gamma)/(N_c \text{tg} \phi)$	$\beta_\gamma = \beta_q \cos \alpha$

Valido per $\varepsilon < \pi/4$ $\omega < \pi/4$ $\omega < \phi$

Carichi eccentrici

$B' = B - 2e_B$

$L' = L - 2e_L$

Rid. forma fondazione		Coefficiente m	
B' (m)	L' (m)	m/B (m)	m/L (m)
11.00	18.00	1.62	1.38

APPALTATORE:
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
GENERALI s.r.l.

RIASSETTO NODO DI BARI

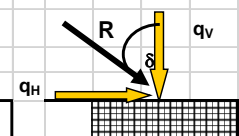
PROGETTISTA:
Mandataria: Mandante:
RPA srl Technital SpA HUB Engineering

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

PROGETTO ESECUTIVO:
Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	72 DI 74

Coefficienti inclinazione del carico $\xi_q \xi_c \xi_\gamma$



Tipo terreno	ξ_q	ξ_c	ξ_γ
Incoerente	$(1-tg\phi)^m$	-	$(1-tg\phi)^{m+1}$
Coesivo	1	$1-(mq_H)/(cN_c)$	-
Dotato di attrito e coesione	$1 - (q_H/(q_v+c\cotg\phi))^m$	$\xi_q - (1-\xi_q)/N_c \cdot tg\phi$	$1-(q_H/(q_v+c\cotg\phi))^{m+1}$

$q_H // B$	$m = (2+B/L)/(1+B/L)$
$q_H // L$	$m = (2+L/B)/(1+L/B)$

Verifica al punzonamento (solo per terreni incoerenti) $\Psi_q \Psi_c \Psi_\gamma$

$$I_r = G/(c' + \sigma' tg\phi)$$

$$I_{r,crit} = 1/2 e^{3,3-0,45(B/L)\cotg(\pi/4 - \phi/2)}$$

Tipo terreno	$I_r < I_{r,crit}$		$I_r > I_{r,crit}$
	Attrito e coesione	Coesivo	
Ψ_q	$e^{(0,6B/L - 4,4)tg\phi + 3,07\text{sen}\phi \lg(2I_r)/(1+\text{sen}\phi)}$	1	1
Ψ_c	$\Psi_q - (1-\Psi_q)/N_c \cdot tg\phi$	$0,32 + 0,12B/L + 0,6\lg I_r$	1
Ψ_γ	Ψ_q	1	1

$k_0 = 1 - \text{sen } \phi$ ⇒ Coefficiente di spinta a riposo

$v = k_0/(1+k_0)$ ⇒ Coefficiente di poisson

$E = E_{ed}(1-2v^2)/(1-v)$ ⇒ Modulo di Young

$G = E/2(1+v)$ ⇒ Modulo di rigidezza a taglio

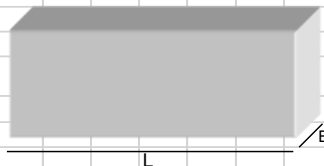
$\sigma' = \sigma' (D + B/2)$ ⇒ Tensione efficace alla profondità D + B/2

$I_r = G/(c' + \sigma' tg\phi)$ ⇒ Indice di rigidezza

ϕ	$I_{r,crit}$ per Fondazione a striscia indefinita	$I_{r,crit}$ per Fondazione quadrata o circolare
0	13	8
5	18	11
10	25	15
15	37	20
20	55	34
25	89	44
30	152	70
35	283	120
40	592	225
45	1442	486

Coefficienti di carico limite

N_q	N_c	N_γ
12.59	23.18	12.54



Coefficienti di forma

ξ_q	ξ_c	ξ_γ
1.31	1.33	0.76

APPALTATORE:
**D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
 GENERALI s.r.l.**

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
 BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Mandataria:

Mandante:

RPA srl

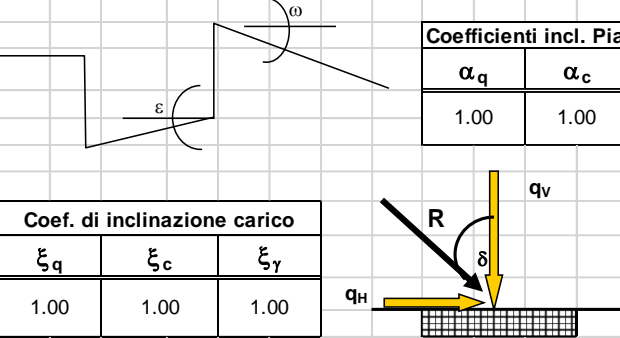
Technital SpA

HUB
 Engineering

PROGETTO ESECUTIVO:


PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	73 DI 74

Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus



Coefficients incl. Piano di posa			Coef. incl. Piano campagna		
α_q	α_c	α_γ	β_q	β_c	β_γ
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Coef. di inclinazione carico			Coeff. e moduli geotecnici			
ξ_q	ξ_c	ξ_γ	k_o	ν	E	G
1.00	1.00	1.00	(-)	(-)	(t/m ²)	(t/m ²)
			0.55	0.36	6061	2235

$I_r = G/(c' + \sigma' \text{tg} \phi)$	177.49		Coefficients di punzonamento		
$I_{r,crit} = 1/2 e^{3,3-0,45(B/L)\text{cotg}(\Pi/4 - \phi/2)}$	67		Ψ_q	Ψ_c	Ψ_γ
			1.00	1.00	1.00

FATTORI CARICO LIMITE			
1° Termine (t/m ²)	2° Termine (t/m ²)	3° Termine (t/m ²)	Sottospinta (t/m ²)
197.17	0.00	125.07	0.00

CARICO LIMITE		$\gamma_R = 2.3$
f_{lim}	f_k	
Cond. Dren. [MPa]	(f_{lim}/γ_R) [MPa]	
3.160	1.374	

Le verifiche si assumono soddisfatte.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione di calcolo vasca "SO" - Campus	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	V ZZ CL	SN0100 004	A	74 DI 74

9.2 Verifica dei cedimenti

Le opere e i sistemi geotecnici di cui al § 6.1.1 devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese.

La verifica agli stati limite di esercizio implica l'analisi del problema di interazione terreno-struttura, al termine della costruzione e nel tempo, secondo quanto disposto al paragrafo § 2.2.2. Il grado di approfondimento dell'analisi di interazione terreno struttura è funzione dell'importanza dell'opera.

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Cd \quad [6.2.7]$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni nelle combinazioni di carico per gli SLE specificate al §2.5.3 e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

Il calcolo di E_d viene effettuato con l'ausilio del software di calcolo Midas Gen considerando le combinazioni di carico agli SLE, mentre il valore di C_d viene ricavato come riportato nel capitolo 4

$$s = B \cdot c_t \cdot \frac{(q - \sigma_{vo})(1 - \nu^2)}{E} = 2.80 \text{ mm}$$

A fronte di un cedimento di 1.61 mm

