

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI NOVARA

1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

BARTELLA MERCI E PRG BOSCHETTO

FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE GA1

Relazione di calcolo - Vasca per Serbatoio

SCALA:

-

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

NM0Y 01 D 11 CL FA0104 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	IES	Maggio 2021	M.Milovanovic 	Maggio 2021	F.Perrone 	Maggio 2021	D.Maranzano Maggio 2021

File: NM0Y01D11CLFA0104001A.doc

n. Elab.:

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 2 DI 39

INDICE

1	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
3.1	Calcestruzzo Vasca per Serbatoio.....	5
3.2	Acciaio da c.a.....	6
4	VASCA DI SERBATOIO PER FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 GA1 PP/ACC BOSCHETTO.....	7
4.1	Interventi previsti e descrizione delle preesistenze.....	7
4.2	Descrizione dell'intervento.....	9
4.2.1	Aspetti formali e distributivi.....	9
4.2.2	Struttura del vasca di serbatoio.....	9
5	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI.....	12
5.1	Caratterizzazione Geotecnica.....	12
5.2	Caratterizzazione Sismica.....	12
6	ANALISI DEI CARICHI.....	14
6.1	Analisi dei Carichi – Soletta superiore.....	14
6.2	Analisi dei Carichi - Piedritti e Soletta Inferiore.....	15
7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	18
8	SOLLECITAZIONI.....	21
8.1	Soletta Superiore.....	21
8.1.1	Sollecitazioni Soletta Superiore.....	21
8.2	Piedritti e Soletta Inferiore.....	22
8.2.1	Sollecitazioni Piedritti e Soletta Inferiore.....	22
9	VERIFICA STRUTTURALE.....	27
9.1.1	Verifica Soletta Superiore.....	27
9.1.2	Verifiche Piedritti.....	31
9.1.3	Verifiche Soletta inferiore.....	35
10	INCIDENZE DI ARMATURA.....	39

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETTELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 3 DI 39

1 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione ha lo scopo di descrivere le opere civili ricadenti nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica del Nodo di Novara.

Si illustra di seguito il calcolo eseguito per il dimensionamento della vasca del serbatoio del gruppo elettrogeno a servizio all'edificio tecnologico GA1, riconducibile alla WBS FA01, della tipologia T1 bi-piano, previsto alla progressiva km 64+524 da Alessandria.

Per i fabbricati la progettazione si è attenuta alle seguenti linee guida generali.

- a) Tutte le aree individuate per la costruzione dei nuovi fabbricati e delle cabine di consegna sono state ricercate in via prioritaria in ambiti di proprietà Rete Ferrovia Italiana S.p.A.
- b) Tutte le aree sono state concordate con la Committenza e, se interne alla proprietà ferroviaria, ricadono fuori da perimetri interessati da Scissioni (Aree Scisse)
- c) Tutti i manufatti saranno posti ad una distanza maggiore o uguale a 5 m dai confini delle proprietà adiacenti.
- d) Tutti i manufatti sono stati progettati in ottemperanza alle normative internazionali (UNI-EN), nazionali (NTC 2018 etc.), regionali (Piemonte) e locali, dove applicabili (PRG, NTA, RE etc. del Comune di Novara) vigenti in materia, meglio richiamate nelle singole Relazioni di ciascuna disciplina specialistica coinvolta (Geologia, Idraulica, Strutture, etc.).
- e) Il fabbricato oggetto di questa relazione è derivato da una serie di edifici tipologici, ampiamente collaudati ed ulteriormente perfezionati durante la redazione di questo progetto.

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO												
RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Y</td> <td>01</td> <td>D 11 CL</td> <td>FA0104 001</td> <td>A</td> <td>4 DI 39</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	4 DI 39
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	4 DI 39								

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e nel seguito elencate:

- D.M. Min. delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP - Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione. prestazione. produzione e conformità - Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206;
- UNI EN 1992-1-1:2015 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”;
- UNI EN 1998-1:2013 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- RFI DTC SI MA IFS 001 C – Manuale di progettazione delle opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato Generale di Appalto delle Opere Civili.

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 5 DI 39

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Calcestruzzo Vasca per Serbatoio

Per la realizzazione della struttura della vasca del serbatoio si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C30/37 ($R_{ck} \geq 37 \text{ N/mm}^2$), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione $\rightarrow \text{XC2}$
- Classe di Consistenza $\rightarrow \text{S4}$
- Resistenza Media a Compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33.019 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza $\rightarrow \gamma_c = 1.5$
- Resistenza di Calcolo a Compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 17.40 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.06 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione di Calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.37 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 18.43 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Quasi Permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 13.82 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $\rightarrow f_{bk} = 2.25 \eta_1 \eta_2 f_{ctk} = 3.24 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo $\rightarrow f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 2.16 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura $\rightarrow \epsilon_{cu} = 0.0035$
- Per quanto riguarda la scelta degli stati limite di fessurazione, per limitare quanto più possibile tale fenomeno, si conduce la verifica in riferimento alla Combinazione Caratteristica Rara, assumendo valore limite di apertura delle fessure pari a $w_1 = 0.2 \text{ mm}$:
- Combinazione delle Azioni Rara $\rightarrow w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	6 DI 39

3.2 Acciaio da c.a.

Barre B450C

- Tensione di snervamento caratteristica → $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura → $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Fattore di sicurezza acciaio → $\gamma_s = 1.15$
- Resistenza a trazione di calcolo → $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione (Comb. Rara) → $\sigma_s = 0.80 \times f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico → $E_a = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione di Snervamento di Progetto → $\varepsilon_{yd} = 0.0019$
- Densità → $\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	7 DI 39

4 VASCA DI SERBATOIO PER FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 GA1 PP/ACC BOSCHETTO

4.1 Interventi previsti e descrizione delle preesistenze


Per il fabbricato in esame si prevede di realizzare le seguenti opere e lavorazioni:

- Bonifica da ordigni esplosivi.
- Scavi per fondazioni, serbatoio interrato e piazzale.
- Fabbricato tecnologico a due piani fuori terra di dimensioni in pianta pari a 24.70x10.0 m.
- Piazzale di pertinenza dotato di gruppo elettrogeno esterno e serbatoio per gasolio interrato.
- Nuova cabina di consegna MT con annesso locale utente, di forma angolare di dimensioni in pianta di circa 7.0x5.0 m.
- Canalizzazioni, pozzetti e attrezzaggi tecnologici.

L'area individuata per la realizzazione del nuovo fabbricato tecnologico si trova all'interno dell'impianto ferroviario dello scalo di Novara – Boschetto, come visualizzato in Figura 1.



Figura 1 - Inquadramento territoriale su foto aerea

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	8 DI 39

L'area individuata, ricadente nella proprietà di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A., è attualmente occupata da binari previsti dismessi a progetto e si trova compresa tra il fascio di binari A/P Autostrada Viaggiante e la viabilità di accesso al terminal medesimo.

Si propone di seguito anche un estratto della Carta Tecnica Regionale Piemonte, con l'individuazione dell'area oggetto di costruzione del fabbricato tecnologico in oggetto.

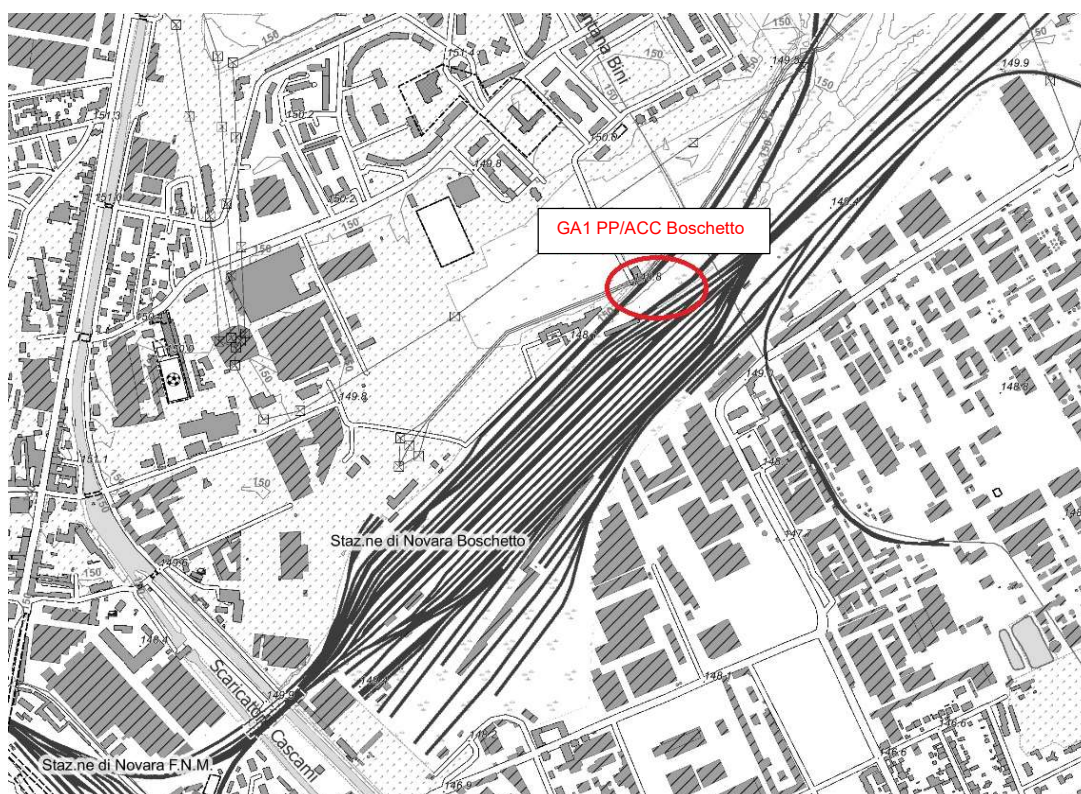


Figura 2 – Estratto CTR con individuazione area di progetto GA1

Vista la natura “strategica” che riveste l'edificio che dovrà ospitare le nuove apparecchiature tecnologiche, ovvero essendo un fabbricato avente funzione di gestione e controllo della circolazione ferroviaria, per la definizione degli aspetti strutturali in campo sismico si è considerata la Classe d'uso IV (*Categorie di edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza statale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile: “1. Edifici in tutto o in parte ospitanti funzioni di comando, supervisione e controllo, sale operative (...), il cui utilizzo abbia luogo da parte dei seguenti soggetti istituzionali: (...) RFI”*).

Il nuovo fabbricato tecnologico verrebbe posizionato ad una quota di circa + 20 cm dal piano di campagna esterno.

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO												
RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Y</td> <td>01</td> <td>D 11 CL</td> <td>FA0104 001</td> <td>A</td> <td>9 DI 39</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	9 DI 39
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	9 DI 39								

4.2 Descrizione dell'intervento

4.2.1 Aspetti formali e distributivi

Il Fabbricato Tecnologico sarà posizionato al Km 64+524 presso l'impianto di Novara – Boschetto, collocato immediatamente a nord dell'impianto ferroviario, a ridosso dell'ingresso della viabilità di progetto prevista per i mezzi su gomma che accedono all'area di sosta/servizi sul piazzale del terminale Autostrada Viaggiante.

4.2.2 Struttura del vasca di serbatoio

Per il vasca del serbatoio si prevede una struttura intelaiata in cemento armato gettato in opera. Gli elementi strutturali verticali sono costituiti da muri di pareti 30 cm di spessore con le soletta superiore di 25 cm mentre la fondazione è realizzata con una platea di 25 cm di spessore.

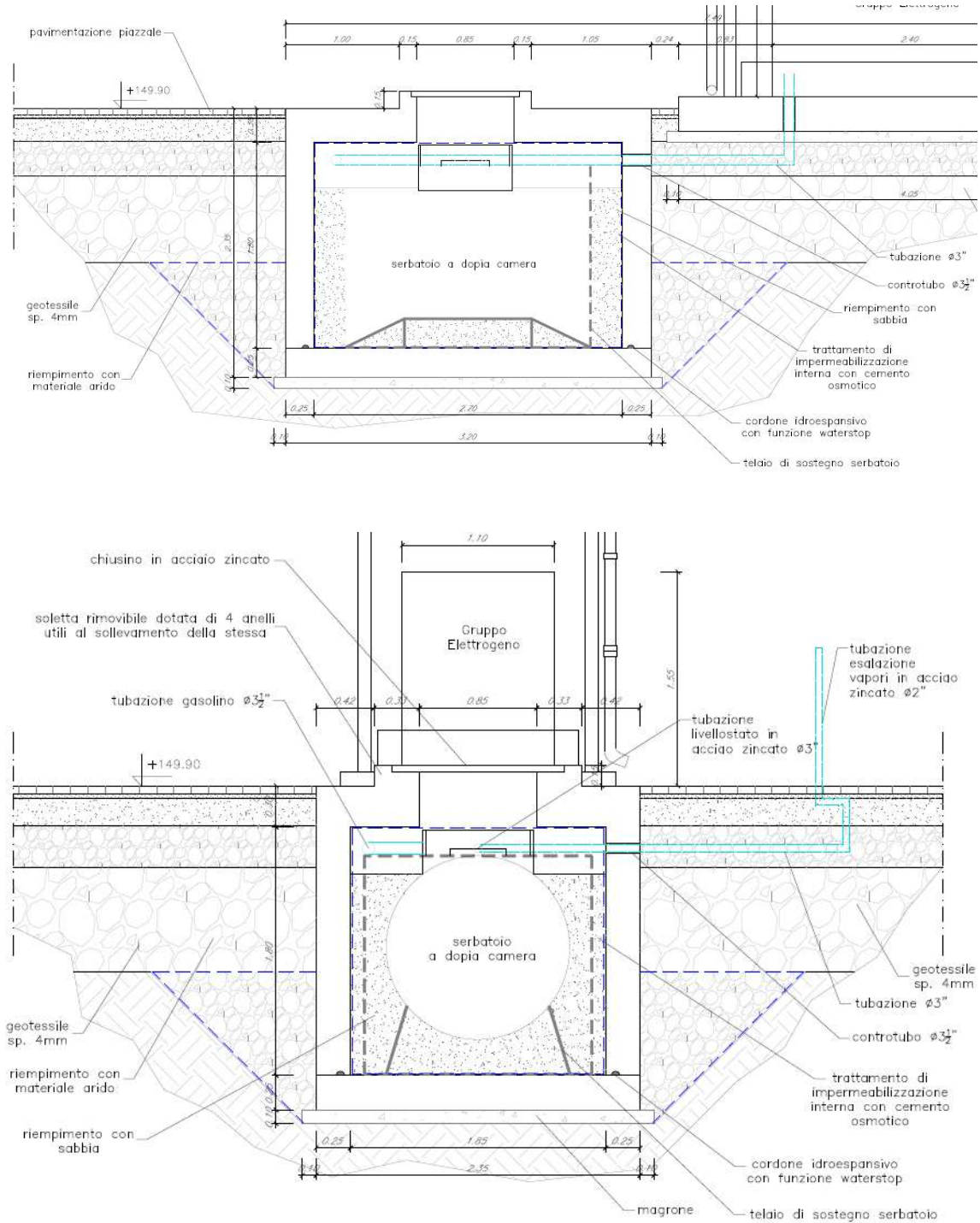


Figura 3 – Vasca di serbatoio di GA1 PP/ACC Boschetto - Sezione longitudinale e trasversale

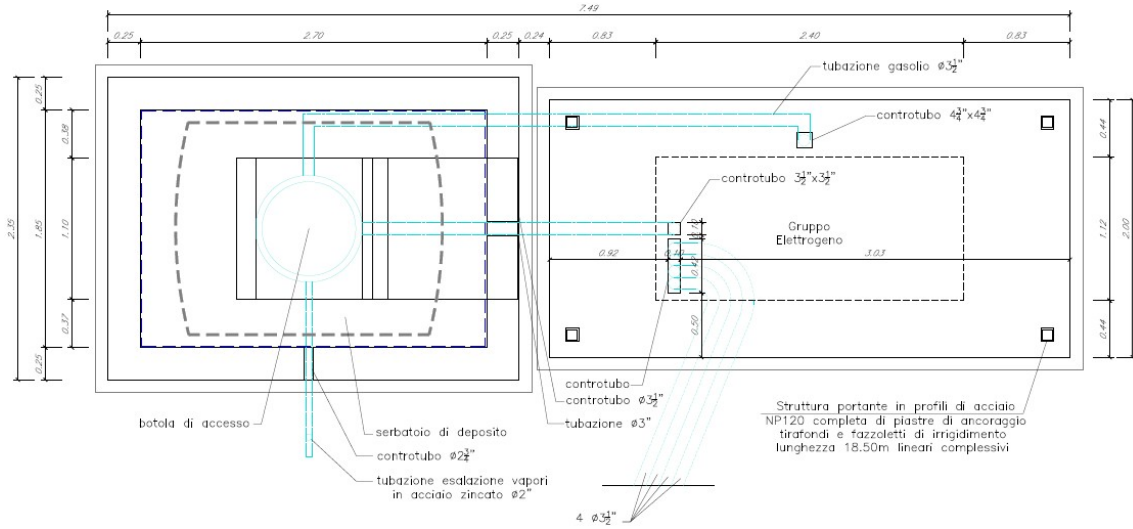


Figura 4 - Vasca di serbatoio di GA1 PP/ACC Boschetto – Pianta

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 12 DI 39

5 CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

5.1 Caratterizzazione Geotecnica

Le caratteristiche del terreno di riempimento a tergo del muro assunte nelle procedure di calcolo e verifica sono riportate nella tabella successiva:

TERRENO	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)
Riporto	18.50	35.00	0.00

dove:

γ = peso per unità di volume del terreno

ϕ = angolo di attrito interno del terreno

c = coesione efficace del terreno.

5.2 Caratterizzazione Sismica

In analogia a quanto previsto per il fabbricato, si assume per la struttura una Classe d'Uso IV e una Vita Utile pari a 75 anni.

Sulla base delle indicazioni contenute nella Relazione Geotecnica relativa al fabbricato, è possibile assumere una **Categoria di Sottosuolo C ($S_s \leq 1.50$)** e una **Categoria Topografia T1**, cui corrisponde un coefficiente topografico pari a **$S_t = 1.00$** .

Secondo quanto prescritto dalle NTC 2018 al § 7.11.6.2.1, per la valutazione della sicurezza dell'opera in condizioni sismiche può essere eseguita un'analisi pseudo-statica, nell'ambito della quale l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Il coefficiente sismico orizzontale k_h può essere determinato, secondo quanto riportato in NTC 2018 § 7.11.6.2.1, mediante la seguente relazione:

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

In cui

β_m = Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = Accelerazione massima attesa al sito, esprimibile come $a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 13 DI 39

Trattandosi di un'opera non libera di subire spostamenti rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

	a_g [g]	F_0	S_s	S_T	β_m [-]	a_{max} [g]	k_h [-]
SLO	0.023	2.551	1.50	1.00	1.00	0.0345	0.0345
SLD	0.028	2.562	1.50	1.00	1.00	0.042	0.042
SLV	0.048	2.699	1.50	1.00	1.00	0.072	0.072

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 14 DI 39

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Analisi dei Carichi – Soletta superiore

I carichi che gravano sulla soletta sono elencati di seguito:

- Carichi Permanenti Strutturali:

$$G_1 (\text{Peso proprio}) = 0.30 \times 25 = 7.50 \text{ KN/m}$$

- Carichi di Esercizio

Si considerano tre distinte configurazioni in cui agiscono le tipologie di carico Q_1 , Q_2 , Q_3 di seguito esemplificate:

$$Q_1 = 10.00 \text{ KN/m}^2$$

Categoria C (Ambienti suscettibili di Affollamento) § 5.2.2.2.2 NTC2018

$$Q_2 = 60.00 \text{ kN}$$

Agente su un'impronta 0.60x0.35 m posizionato al centro della soletta

Categoria G (Rimesse e Parcheggi per transito automezzi con carico superiore a 30 kN) valutato secondo quanto riportato dal Codice della Strada, che all'Articolo 62 punto 5 specifica che "qualunque sia il tipo di veicolo, la massa gravante sull'asse più caricato non deve eccedere le 12 tonnellate". Il carico sarà considerato agente secondo lo schema di carico 2 di Figura 5.1.2 delle NTC 2018, assumendo complessivamente un valore di 6 tonnellate su un'impronta di 0.60x0.35m.

$$Q_3 = 60.00 \text{ kN}$$

agente su un'impronta 0.60x0.35 m posizionato sull'appoggio della soletta

Categoria G, come descritto per il precedente carico Q_2 .

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 15 DI 39

6.2 Analisi dei Carichi - Piedritti e Soletta Inferiore

- Carichi Permanenti Strutturali:

Il peso degli elementi strutturali modellati viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato, assumendo un peso per unità di volume del calcestruzzo pari a $\gamma_{cls} = 25$ kN/m³

- Carichi trasmessi dalla Soletta Superiore:

Si riportano i carichi che la soletta superiore scarica sui piedritti:

$$G_1 = 7.87 \text{ KN}$$

$$Q_1 = 10.50 \text{ KN}$$

$$Q_2 = 51.43 \text{ KN}$$

$$Q_{3ds} = 88.16 \text{ KN} \text{ – piedritto destro}$$

$$Q_{3sx} = 14.69 \text{ KN} \text{ – piedritto sinistro}$$

- Carichi agenti sulla Soletta di Fondazione:

Il carico agente sulla soletta di fondazione associato alla presenza del serbatoio e della sabbia contenuti nella vasca può essere stimato come segue:

$$F_p (G_2) = 28.00 \text{ kN/m}^2$$

- Spinta del Terreno

Per la determinazione della spinta del terreno sulle pareti verticali dello scatolare si considera il coefficiente di spinta a riposo k_0 , valutato mediante la seguente espressione:

$$k_0 = 1 - \sin \varphi = 0.426$$

La spinta a riposo del terreno alla base del piedritto viene valutata mediante la seguente relazione:

$$S_t(z = H) = \gamma \cdot k_0 \cdot H = 16.401 \text{ kN/m}$$

dove:

γ è il peso per unità di volume del terreno di riporto

k_0 è il coefficiente di spinta a riposo

H è l'altezza complessiva dello strato di terreno considerato assunta pari a $1.80+0.125 = 1.925\text{m}$.

- Spinta dovuta ai Sovraccarichi Permanenti

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 16 DI 39

Assumendo un sovraccarico permanente agente $p = 10.00 \text{ kN/m}^2$, la spinta del terreno a questo associata può essere valutata con la relazione seguente:

$$S_{op} (G_2) = p \cdot k_0 = 4.26 \text{ KN/m}$$

- Spinta dovuta ai Sovraccarichi Accidentali

In riferimento alle configurazioni di carico considerate per la soletta superiore descritte al § 8.1, è possibile assumere i seguenti valori di spinta:

$$Q_1 \quad S_{Q1} = Q_1 \cdot k_0 = 4.26 \text{ kN/m}$$

$$Q_2 \quad S_{Q2} = 0 \text{ poiché il carico agisce soltanto sulla soletta}$$

$$Q_3 \quad S_{Q3} = 0 \text{ poiché il carico agisce soltanto sulla soletta}$$

Si considera inoltre una quarta configurazione di carico in cui si assume un carico Q_4 sempre di categoria G di valore pari a 60.00 kN agente su un'impronta di $0.60 \times 0.35 \text{ m}$ a tergo del piedritto. Assumendo che le pressioni prodotte da tale carico interessino una striscia della parete del serbatoio di larghezza unitaria, la spinta del terreno ad esse associata può essere assimilata al seguente carico distribuito, agente sulla parete del serbatoio interessata:

$$Q_4 \quad S_{Q4} = 18.50 \text{ kN/m}$$

- Azione Sismica – Azione Inerziale delle Masse

Le azioni inerziali, orizzontali e verticali, dovute alle accelerazioni subite in fase sismica dalle masse degli elementi strutturali e del terreno, vengono valutate moltiplicando il peso degli elementi strutturali per il coefficiente sismico orizzontale k_h .

Le forze sismiche inerziali considerate per il dimensionamento della vasca e valutate per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) sono di seguito riepilogate:

$$F_{i,pied} = k_h \cdot W_{pied} = 0.048 \cdot 0.25 \cdot 1 \cdot 25 = 0.3 \text{ KN/m}$$


$$F_{i,sol} = k_h \cdot W_{sol} = 0.048 \cdot 0.25 \cdot 1 \cdot 25 = 0.3 \text{ KN/m}$$

- Azione Sismica – Sovrappinta Dinamica dei Terreni

La sovrappinta del terreno in condizioni sismiche può essere definita secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1998-5. In particolare, la norma, all'interno dell'Appendice E punto E.9, esprime la sovrappinta del terreno per strutture rigide nel modo seguente (metodo di Wood):

$$\Delta P_d = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma \cdot H^2$$

Come prescritto al § 7.11.6.2.1 delle NTC 2018, si assume che l'incremento di spinta dovuta al sisma sia applicato a metà altezza del piedritto, sul quale agirà dunque il seguente carico

	<p>NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</p> <p>FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Y</td> <td>01</td> <td>D 11 CL</td> <td>FA0104 001</td> <td>A</td> <td>17 DI 39</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	17 DI 39
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	17 DI 39								

uniformemente distribuito:

$$\Delta P_d (SLV) = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma_{medio} \cdot H = 0.048 \cdot 20 \cdot 1.925 = 1.848 \text{ kN/m}$$

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 18 DI 39

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le verifiche nei confronti dei diversi stati limite si adottano le combinazioni delle azioni tratte dal § 2.5.3 NTC 2018:

- Combinazione fondamentale SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \psi_{03} \cdot Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{K1} + \psi_{22} \cdot Q_{K2} + \psi_{23} \cdot Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{K1} + \psi_{22} \cdot Q_{K2} + \psi_{23} \cdot Q_{K3} + \dots$$

I valori dei coefficienti parziali per le azioni sono riportati nella tabella sottostante, tratti dalla Tabella 2.5.I in funzione delle diverse categorie di carico.

	Q_{K_C}	Q_{K_G}
Ψ_0	0.70	0.70
Ψ_1	0.70	0.50
Ψ_2	0.60	0.30

Per le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) si adotta l'Approccio Progettuale 2, in cui si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della Tabella 2.6.I delle NTC 2018, di seguito riportata.

Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali relativi alle azioni per le verifiche agli SLU

Azione		Coefficiente	A1	A2
		γ_F	STR	GEO
Carichi Permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	1.00	1.00
	Sfavorevoli		1.30	1.00
Carichi Permanenti non strutturali	Favorevoli	γ_{G2}	0.00	0.00



**NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto
BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE
VASCA DEL SERBATOIO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	19 DI 39

	Sfavorevoli		1.50	1.30
Carichi Variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0.00	0.00
	Sfavorevoli		1.50	1.30

In base ai valori assunti dai coefficienti sopra definiti, si ottengono le seguenti combinazioni, per ciascuno degli Stati Limite Considerati.

	G ₁	R _{G1}	R _{Q1}	R _{Q2}	R _{Q3}	F _{p_G2}	S _t	S _{cp}	S _{Q1}	S _{Q4}	F _{i,sol_pied} (SLV)	ΔPd (SLV)	
SLU_1	1.3	1.30	1.50	0.00	0.00	1.50	1.3	1.5	1.5	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q1
SLU_2	1.3	1.30	0.00	1.50	0.00	1.50	1.3	1.5	0.0	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q2
SLU_3	1.3	1.30	0.00	0.00	1.50	1.50	1.3	1.5	0.0	1.5	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q3
SLU_4	1.3	1.30	0.00	0.00	0.00	1.50	1.3	1.0	0.0	1.5	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q4
SLV_1	1.0	1.00	0.60	0.00	0.00	1.00	1.0	1.0	0.6	0.0	1.00	1.00	Carico di Esercizio Q1
SLV_2	1.0	1.00	0.00	0.30	0.00	1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	1.00	1.00	Carico di Esercizio Q2
SLV_3	1.0	1.00	0.00	0.00	0.30	1.00	1.0	1.0	0.0	1.5	1.00	1.00	Carico di Esercizio Q3
SLV_4	1.0	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.0	1.0	0.0	0.3	1.00	1.00	Carico di Esercizio Q4
SLE_rara_1	1.0	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.0	1.0	1.0	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q1
SLE_rara_2	1.0	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q2
SLE_rara_3	1.0	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q3
SLE_rara_4	1.0	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.0	1.0	0.0	1.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q4



**NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto
BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 - SISTEMAZIONI ESTERNE
VASCA DEL SERBATOIO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	20 DI 39

SLE_freq_1	1.0	1.00	0.70	0.00	0.00	1.00	1.0	1.0	0.7	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q1
	0						0	0	0	0			
SLE_freq_2	1.0	1.00	0.00	0.50	0.00	1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q2
	0						0	0	0	0			
SLE_freq_3	1.0	1.00	0.00	0.00	0.50	1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q3
	0						0	0	0	0			
SLE_freq_4	1.0	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.0	1.0	0.0	0.5	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q4
	0						0	0	0	0			
SLE_qp_1	1.0	1.00	0.60	0.00	0.00	1.00	1.0	1.0	0.6	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q1
	0						0	0	0	0			
SLE_qp_2	1.0	1.00	0.00	0.30	0.00	1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q2
	0						0	0	0	0			
SLE_qp_3	1.0	1.00	0.00	0.00	0.30	1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q3
	0						0	0	0	0			
SLE_qp_4	1.0	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.0	1.0	0.0	0.3	0.00	0.00	Carico di Esercizio Q4
	0						0	0	0	0			

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	21 DI 39

8 SOLLECITAZIONI

8.1 Soletta Superiore

Per il serbatoio interrato si prevede una lapide di chiusura superiore removibile, dotata di quattro anelli posti agli angoli per la manovra. La soletta di copertura viene dunque dimensionata considerando una striscia di larghezza unitaria e assumendo lo schema statico di trave doppiamente appoggiata con luce pari a 2.10 m.

8.1.1 Sollecitazioni Soletta Superiore

Sono state considerate le condizioni di carico più gravose per il calcolo del momento flettente e del taglio.

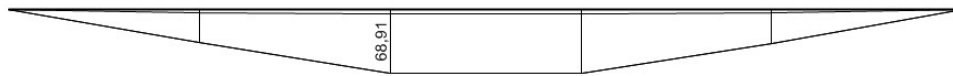


Figura 5 - Diagramma del Momento Flettente - Combinazione Inviluppo SLU

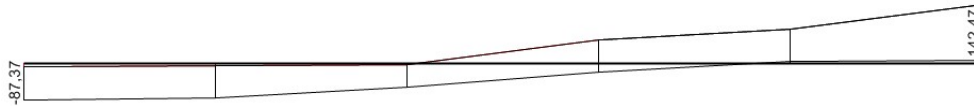


Figura 6 - Diagramma del Taglio - Combinazione Inviluppo SLU

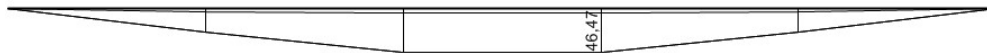


Figura 7 - Diagramma del Momento Flettente - Combinazione Inviluppo SLE Rara

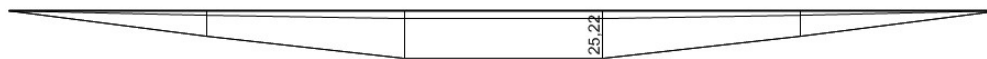


Figura 8 - Diagramma del Momento Flettente - Combinazione Inviluppo SLE Frequente



Figura 9 - Diagramma del Momento Flettente - Combinazione Inviluppo SLE Quasi Permanente

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	22 DI 39

8.2 Piedritti e Soletta Inferiore

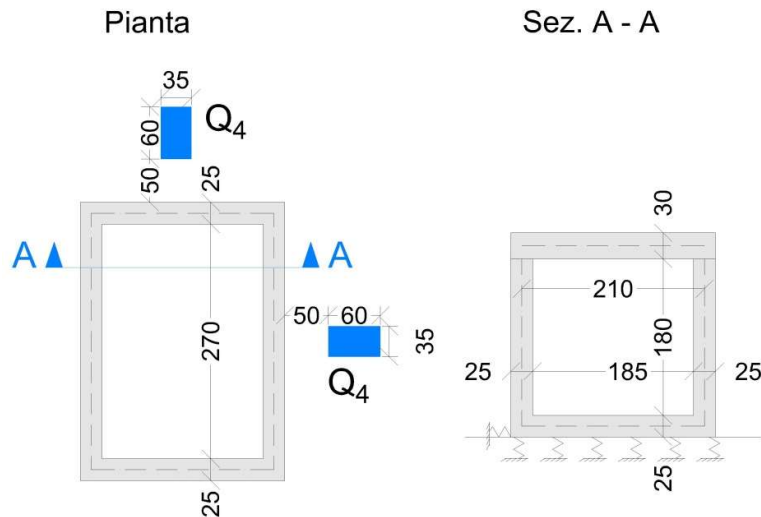


Figura 10 – Pianta e Sezione tipo della vasca per il serbatoio del Gruppo Elettrogeno

I piedritti e la soletta inferiore sono stati studiati con un apposito modello di calcolo mediante il software SAP2000 v.20.2.0.

Il manufatto è stato modellato in 2D, a vantaggio di sicurezza, con elementi frame aventi larghezza unitaria.

Il terreno è stato schematizzato come un letto di molle, avendo assunto il coefficiente di sottofondo del terreno stesso pari a $K_v = 4.000 \text{ kN/m}^3$ in direzione verticale e pari a $K_h = 1.500 \text{ kN/m}^3$ in direzione orizzontale.

8.2.1 Sollecitazioni Piedritti e Soletta Inferiore

Si riporta di seguito la distribuzione delle sollecitazioni negli elementi del manufatto per le diverse combinazioni considerate:

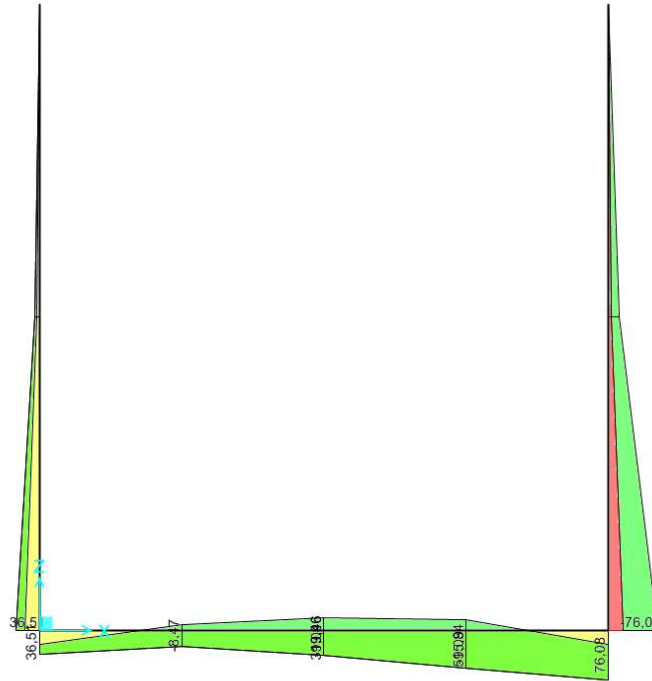


Figura 11 – Diagramma del Momento Flettente - Combinazione Involuppo SLU-SLV

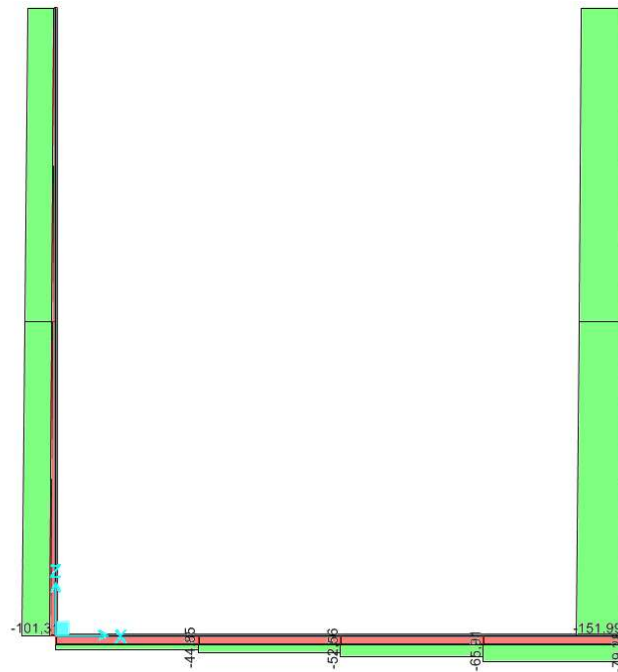


Figura 12 – Diagramma dello Sforzo Normale - Combinazione Involuppo SLU-SLV

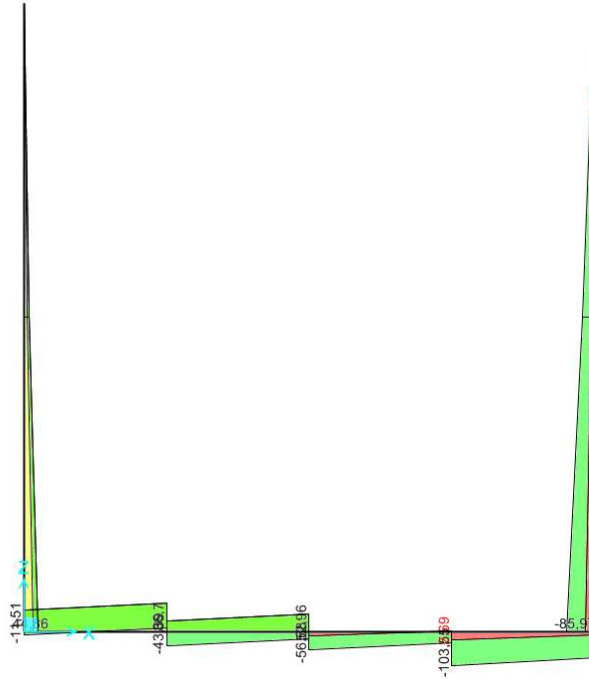


Figura 13 – Diagramma del Taglio V22 - Combinazione Inviluppo SLU-SLV

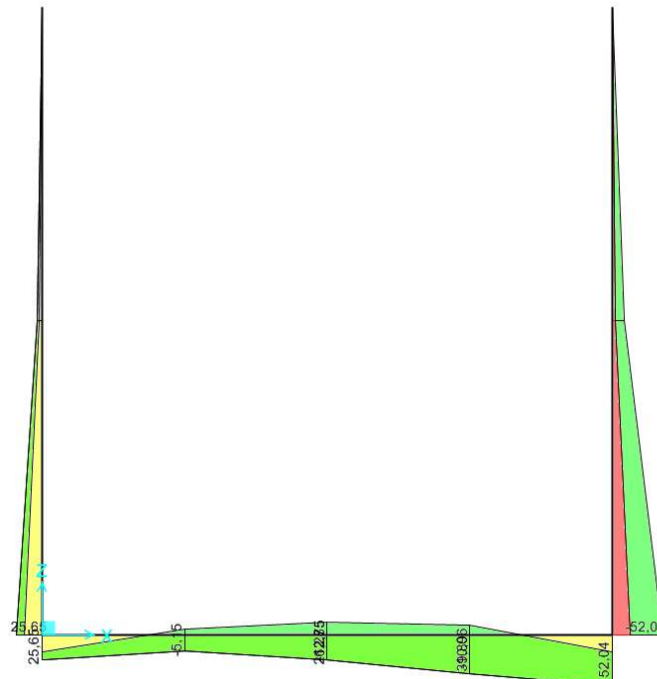


Figura 14 – Diagramma del Momento Flettente - Combinazione Inviluppo SLE Rara

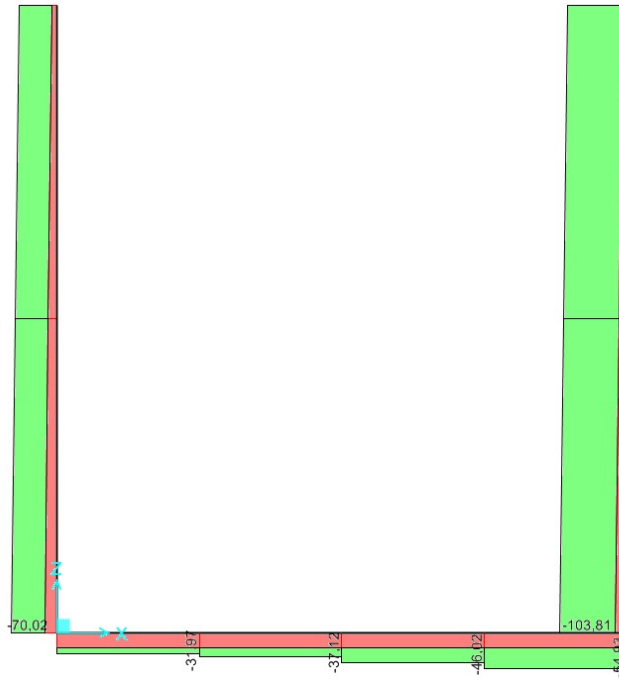


Figura 15 – Diagramma dello Sforzo Normale- Combinazione Inviluppo SLE Rara

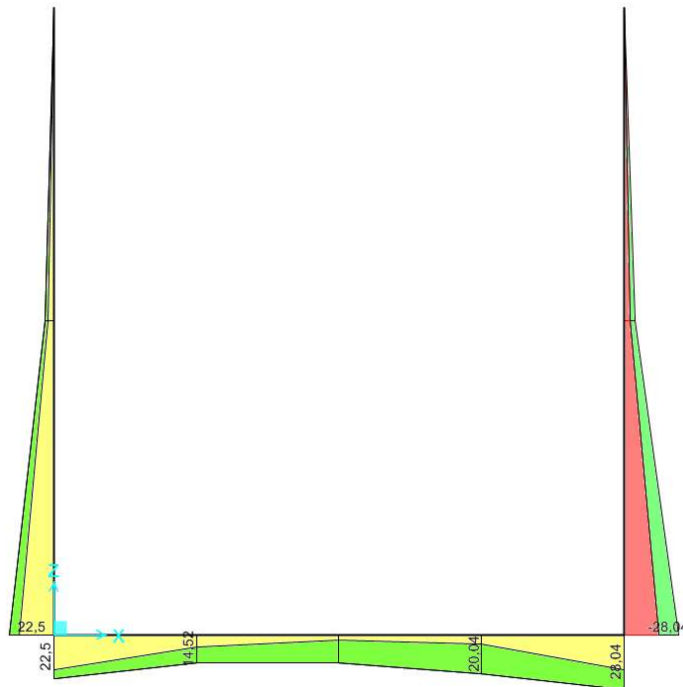


Figura 16 – Diagramma del Momento Flettente - Combinazione Inviluppo SLE Quasi Permanente

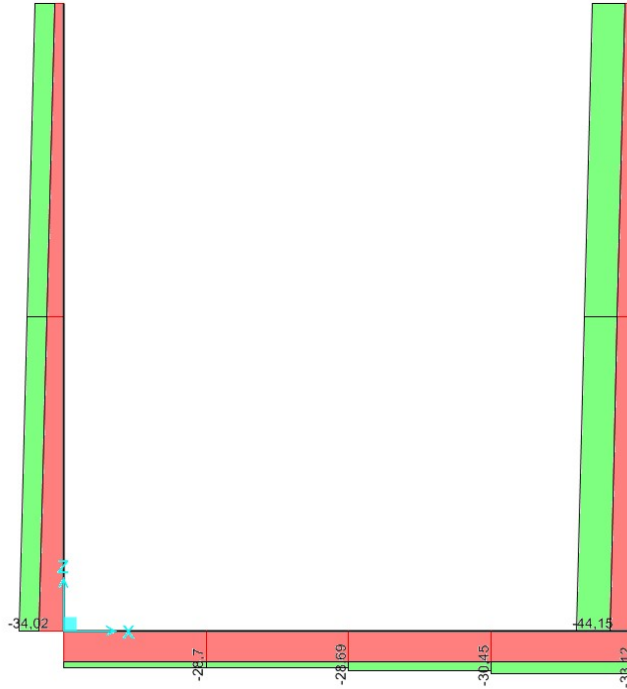


Figura 17 – Diagramma dello Sforzo Normale- Combinazione Inviluppo SLE Quasi Permanente

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 27 DI 39

9 VERIFICA STRUTTURALE

9.1.1 Verifica Soletta Superiore

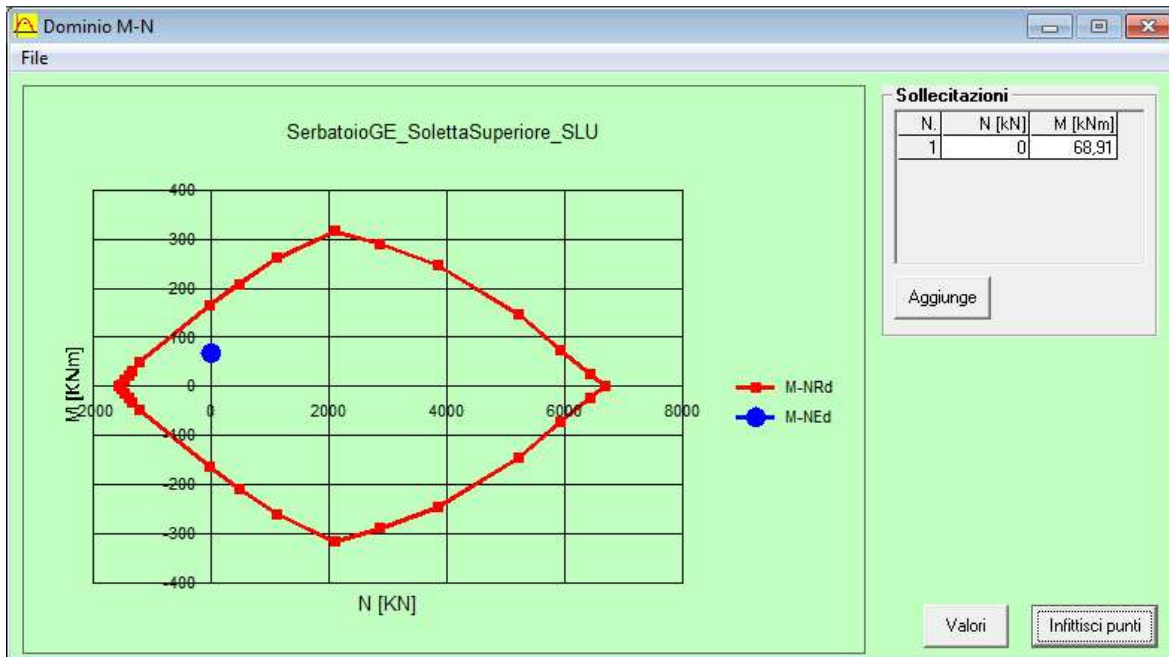
Si riportano le verifiche dei piedritti sia allo SLU che allo SLE per la sezione maggiormente sollecitata.

Spessore: 30 cm

Armatura: 1+1 Φ 16/10

Copriferro netto: 40 mm

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSOFLESSIONE – SLU



**Figura 18 – Dominio di resistenza a flessione sezione più sollecitata della soletta superiore; $M_{Rd} = 167.8 \text{ kNm}$
– FS = 2.44**

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO – SLU_SLV

Secondo quanto specificato dalla normativa, la verifica resistenza a taglio degli elementi non dotati di armature trasversali resistenti a taglio, si conduce controllando la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente, mentre V_{Rd} è la resistenza a taglio.

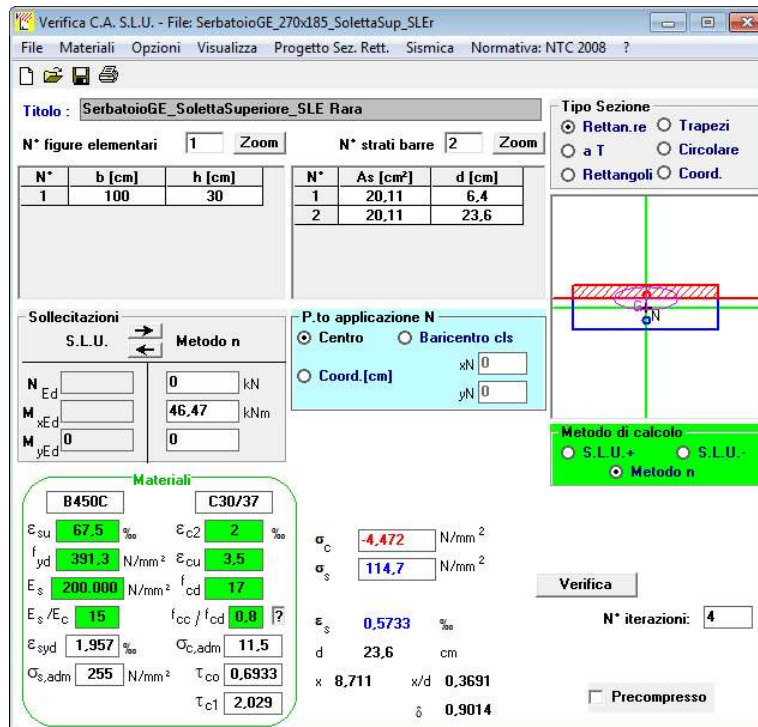
Si riporta di seguito la verifica sulla sezione della soletta superiore massimamente sollecitata a taglio.

VERIFICA TAGLIO ELEMENTI NON ARMATI A TAGLIO - § 4.1.2.1.3.1

TRAVI

236.00	mm	d = altezza utile della sezione
1.92		$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$
1000.00	mm	b_w = Larghezza minima della sezione (in mm)
0.017		ρ_l = Rapporto Geometrico di Armatura Longitudinale
30.71	N/mm ²	f_{ck}
0.00	N/mm ²	$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$
0.5162		V_{min}
0.8620		$V' = 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c$
203.44	kN	V_{Rd}
142.47	kN	V_{Ed}
1.43		F_s

CONTROLLO TENSIONI ALLO SLE



Verifica C.A. S.L.U. - File: SerbatoioGE_270x185_SolettaSup_SLEr

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: SerbatoioGE_SolettaSuperiore_SLE Rara

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	20,11	6,4
			2	20,11	23,6

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 46,47 kNm
M_{yEd}: 0

P.to applicazione N: Centro

Metodo di calcolo: S.L.U. Metodo n

Materiali: B450C, C30/37

ε_{su}: 67,5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391,3 N/mm² ε_{cu}: 3,5 ‰
E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 17 ‰
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0,8
ε_{syd}: 1,957 ‰ σ_{c,adm}: 11,5
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0,6933
τ_{c1}: 2,029

σ_c: -4,472 N/mm²
σ_s: 114,7 N/mm²
ε_s: 0,5733 ‰
d: 23,6 cm
x: 8,711 x/d: 0,3691
δ: 0,9014

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Figura 19 - Controllo di tensione agli SLE della soletta superiore – Combinazione Rara

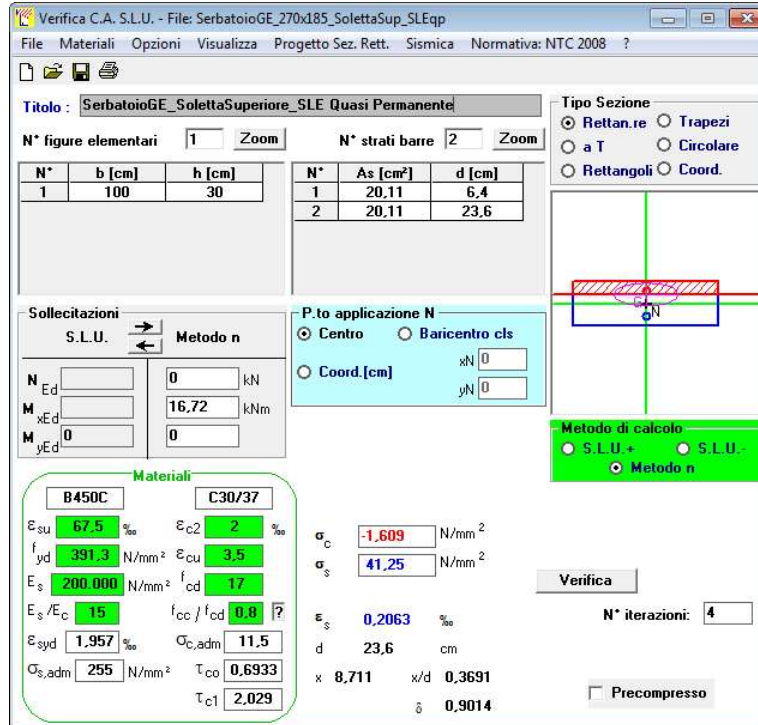


Figura 20 - Controllo di tensione agli SLE della soletta superiore – Combinazione Quasi Permanente

CONTROLLO FESSURAZIONE ALLO SLE

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per la sezione più sollecitata della soletta superiore in Combinazione Rara, assumendo come limite massimo di apertura delle fessure $w_1 = 0.2$ mm.

Stato Limite di Apertura delle Fessure

Momento Statico pari a zero $ax^2 + bx + c = 0$

a	500.00		
b	60318.58		
c	-9047786.84		
x	87.11	mm	Profondità asse neutro da lembo superiore
J_{CLS_Comp}	220301671.58	mm ⁴	
J_{AS_TOT}	684718332.88	mm ⁴	
J_{TOT}	905020004.47	mm ⁴	

Combinazione Rara



**NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto
BRETTELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE
VASCA DEL SERBATOIO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	30 DI 39

σ_s (Rara) 114.68 N/mm² Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in Comb Rara

K_t 0.40 Fattore dipendente dalla durata del carico

f_{ctm} 2.94 N/mm²

$h_{c,eff}$ 70.96 mm

$A_{c,eff}$ 70.965 mm² Area efficace di cls teso attorno all'armatura, di altezza $h_{c,ef}$ e base t_w

ρ_{eff} 0.03

α_e 6.36

ϵ_{sm} 0.00033 Deformazione unitaria media delle barre

K_1 0.80 Per barre ad aderenza migliorata

K_2 0.50 Caso di flessione

K_3 3.40 Valore fisso

K_4 0.43 Valore fisso

ϕ 16.00 mm

c 64.00 mm Ricoprimento Armatura

Δs_{max} 313.60 mm Distanza massima tra le fessure

w_d (rara) 0.10 mm Valore di calcolo dell'apertura delle fessure

w_1 0.20 mm Armatura poco sensibile

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 31 DI 39

9.1.2 Verifiche Piedritti

Si riportano le verifiche dei piedritti sia allo SLU che allo SLE per la sezione maggiormente sollecitata.

Spessore: 25 cm

Armatura: 1+1 Ø16/10

Copriferro netto = 40 mm

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSOFLESSIONE – SLU_SLV

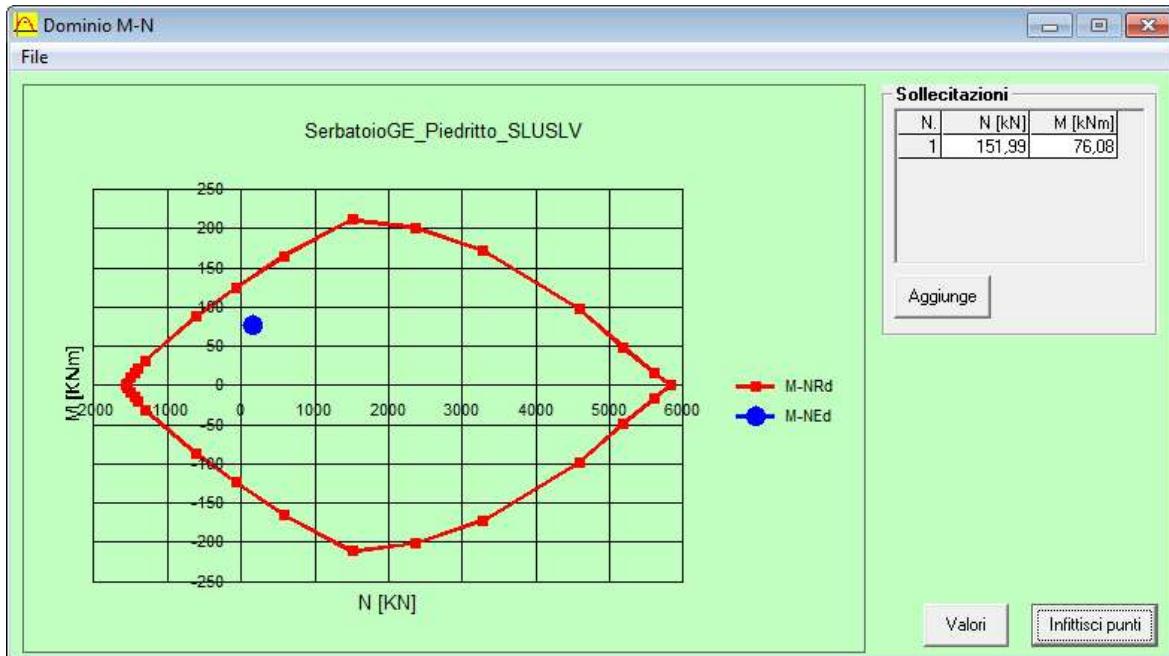


Figura 21 – Dominio di resistenza a flessione sezione più sollecitata dei piedritti; $M_{Rd} = 138.4 \text{ kNm}$ – $FS = 1.82$

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO – SLU_SLV

Secondo quanto specificato dalla normativa, la verifica resistenza a taglio degli elementi non dotati di armature trasversali resistenti a taglio, si conduce controllando la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente, mentre V_{Rd} è la resistenza a taglio.

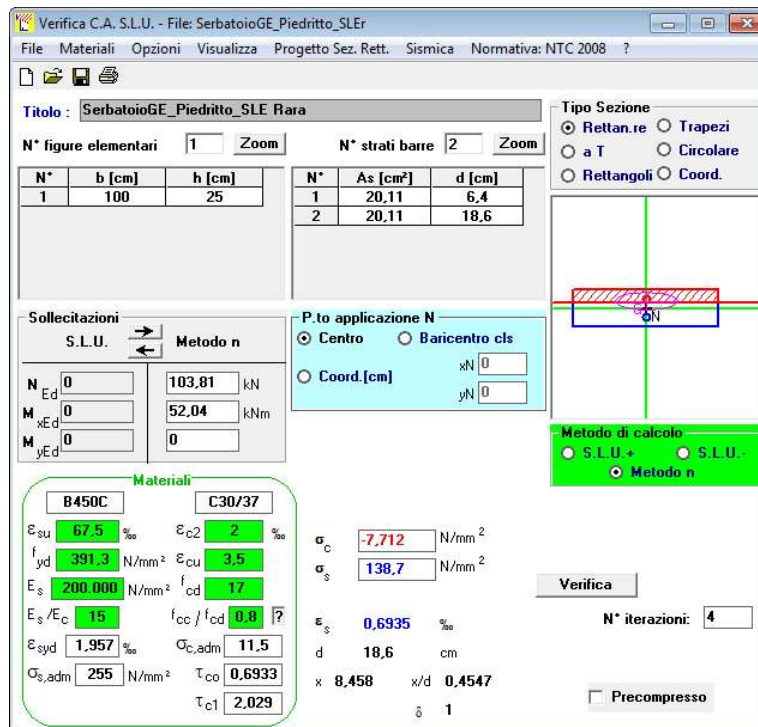
	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	32 DI 39

Si riporta di seguito la verifica sulla sezione dei piedritti massimamente sollecitata a taglio.

VERIFICA TAGLIO ELEMENTI NON ARMATI A TAGLIO - § 4.1.2.1.3.1 TRAVI

186.00	mm	$d =$ altezza utile della sezione
2.00		$k = 1 + (200/d)^{(1/2)} \leq 2$
1000.00	mm	$b_w =$ Larghezza minima della sezione (in mm)
0.020		$\rho_l =$ Rapporto Geometrico di Armatura Longitudinale
30.71	N/mm ²	f_{ck}
0.00	N/mm ²	$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$
0.5486		V_{min}
0.9469		$V' = 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{(1/3)} / \gamma_c$
173.13	kN	V_{Rd}
85.97	kN	V_{Ed}
2.05		F_s

CONTROLLO TENSIONI ALLO SLE



Verifica C.A. S.L.U. - File: SerbatoioGE_Piedritto_SLEr

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: SerbatoioGE_Piedritto_SLE Rara

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	20.11	6.4
			2	20.11	18.6

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 103.81 kN
M_{xEd}: 0 52.04 kNm
M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord. [cm]: xN 0 yN 0

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Materiali: B450C C30/37

ε_{su}: 67.5‰ ε_{c2}: 2‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5‰
E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 17
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957‰ σ_{c,adm}: 11.5
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6933
τ_{c1}: 2.029

σ_c: -7.712 N/mm²
σ_s: 138.7 N/mm²
ε_s: 0.6935‰
d: 18.6 cm
x: 8.458 x/d: 0.4547
δ: 1

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Figura 22 - Controllo di tensione agli SLE del piedritto – Combinazione Rara

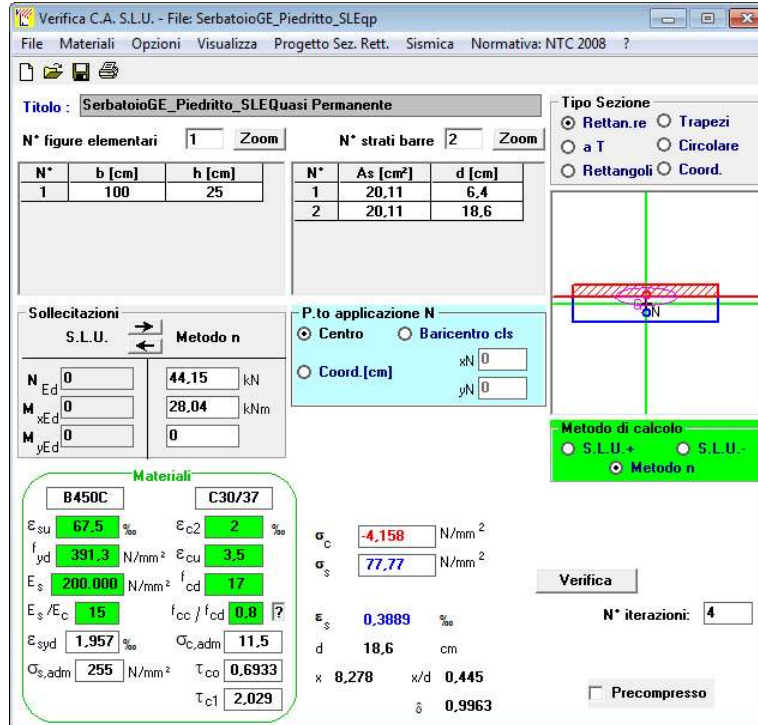


Figura 23 - Controllo di tensione agli SLE del piedritto – Combinazione Quasi Permanente

CONTROLLO FESSURAZIONE ALLO SLE

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per la sezione più sollecitata dei piedritti in Combinazione Rara, assumendo come limite massimo di apertura delle fessure $w_1 = 0,2$ mm.

Stato Limite di Apertura delle Fessure
Combinazione Rara

σ_s (Rara) 138.70 N/mm² Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in Comb Rara

K_t 0.40 Fattore dipendente dalla durata del carico

f_{ctm} 2.94 N/mm²

$h_{c,eff}$ 55.14 mm

$A_{c,eff}$ 55140mm² Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza $h_{c,ef}$ e base t_w

ρ_{eff} 0.04



**NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto
BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE
VASCA DEL SERBATOIO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	34 DI 39

α_e	6.36	
ϵ_{sm}	0.00047	Deformazione unitaria media delle barre
K_1	0.80	Per barre ad aderenza migliorata
K_2	0.50	Caso di flessione
K_3	3.40	Valore fisso
K_4	0.43	Valore fisso
ϕ	16.00 mm	
c	64.00 mm	Ricoprimento Armatura
Δs_{max}	292.19 mm	Distanza massima tra le fessure
w_d (rara)	0.14 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w_1	0.20 mm	Armatura poco sensibile

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 01	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0104 001	REV. A	FOGLIO 35 DI 39

9.1.3 Verifiche Soletta inferiore

Si riportano le verifiche sia allo SLU che allo SLE per la soletta inferiore nella sezione maggiormente sollecitata.

Spessore: 25 cm

Armatura: 1+1Ø16/10

Copriferro netto = 40 mm

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSOFLESSIONE – SLU_SLV

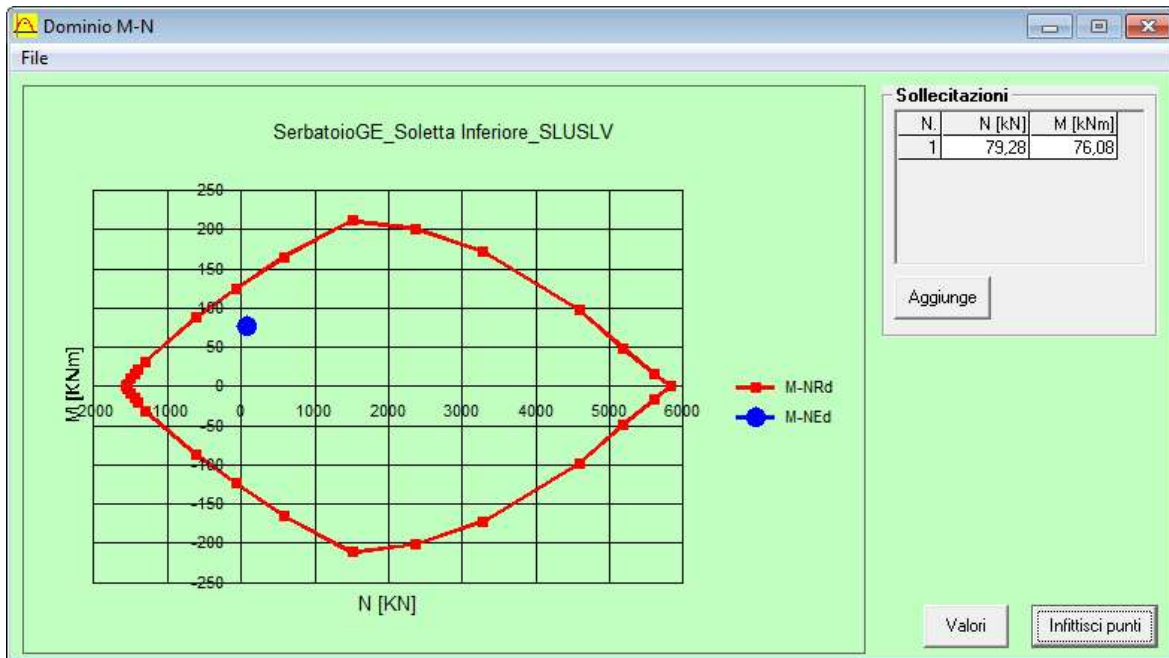


Figura 24 – Dominio di resistenza a flessione sezione più sollecitata della soletta inferiore; $M_{Rd} = 133.7 \text{ kNm}$ – $FS = 1.76$

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO – SLU_SLV

Secondo quanto specificato dalla normativa, la verifica resistenza a taglio degli elementi non dotati di armature trasversali resistenti a taglio, si conduce controllando la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

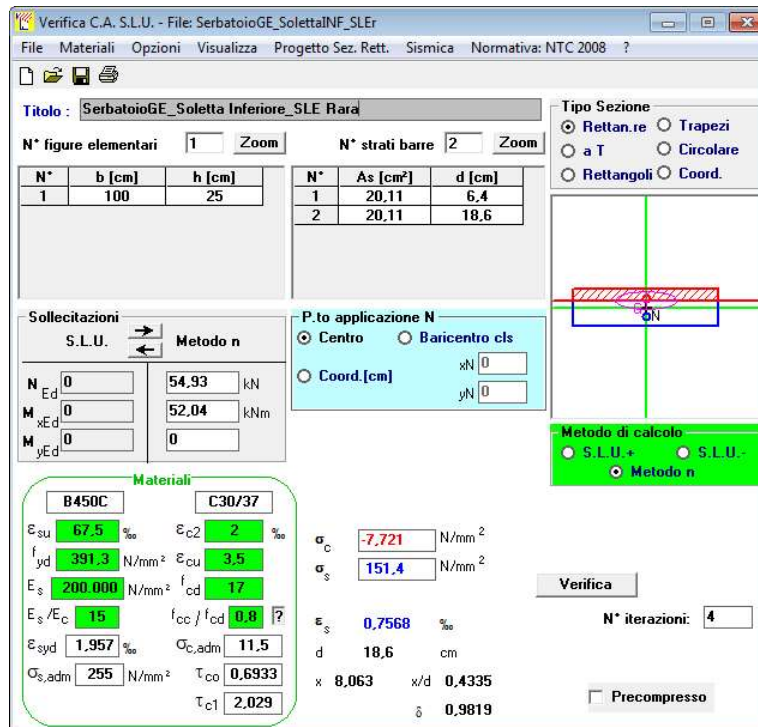
V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente, mentre V_{Rd} è la resistenza a taglio.

	NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO					
	FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE VASCA DEL SERBATOIO					
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	36 DI 39

Si riporta di seguito la verifica sulla sezione della soletta inferiore massimamente sollecitata a taglio.

VERIFICA TAGLIO ELEMENTI NON ARMATI A TAGLIO - § 4.1.2.1.3.1			TRA VI
186.00	mm	d = altezza utile della sezione	
2.00		$k = 1 + (200/d)^{(1/2)} \leq 2$	
1000.00	mm	b _w = Larghezza minima della sezione (in mm)	
0.020		ρ ₁ = Rapporto Geometrico di Armatura Longitudinale	
30.71	N/mm ²	f _{ck}	
0.00	N/mm ²	σ _{cp} = N _{Ed} /A _c	
0.5486		V _{min}	
0,9469		V' = 0,18*k*(100*ρ ₁ *f _{ck})^(1/3)/γ _c	
176.13	kN	V _{Rd}	
103.56	kN	V _{Ed}	
1.70		FS	

CONTROLLO TENSIONI ALLO SLE



The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U. - File: SerbatoioGE_SolettaINF_SLEr". The interface includes several panels:

- Titolo:** SerbatoioGE_Soletta Inferiore_SLE Rara
- N° figure elementari:** 1
- N° strati barre:** 2
- Tipo Sezione:** Rettan.re (selected), Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord.
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20,11	6,4
2	20,11	18,6
- Sollecitazioni:** S.L.U. (selected), Metodo n. Values: N_{Ed} = 0, M_{xEd} = 0, M_{yEd} = 0, 54,93 kN, 52,04 kNm, 0.
- P.to applicazione N:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm]. Values: xN = 0, yN = 0.
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n.
- Materiali:** B450C, C30/37. Properties: ε_{su} = 67,5‰, f_{yd} = 391,3 N/mm², E_s = 200.000 N/mm², ε_{c2} = 2‰, ε_{cu} = 3,5‰, f_{cd} = 17, E_s/E_c = 15, ε_{syd} = 1,957‰, σ_{s,adm} = 255 N/mm², τ_{co} = 0,6933, τ_{c1} = 2,029.
- Results:** σ_c = -7,721 N/mm², σ_s = 151,4 N/mm², ε_s = 0,7568‰, d = 18,6 cm, x = 8,063, x/d = 0,4335, ρ = 0,9819.
- Verifica:** N° iterazioni: 4. Precompresso checkbox is unchecked.

Figura 25 - Controllo di tensione agli SLE della soletta inferiore- Combinazione Rara

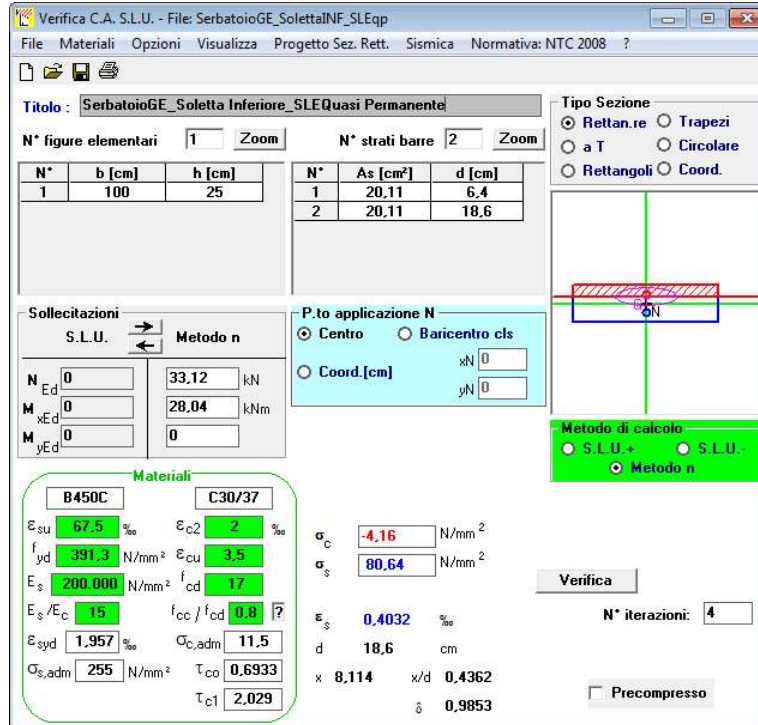


Figura 26 - Controllo di tensione agli SLE della soletta inferiore – Combinazione Quasi Permanente

CONTROLLO FESSURAZIONE ALLO SLE

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per la sezione più sollecitata della soletta inferiore in Combinazione Rara, assumendo come limite massimo di apertura delle fessure $w_1 = 0,2$ mm.

Stato Limite di Apertura delle Fessure
Combinazione Rara

σ_s (Rara) 151.40 N/mm² Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in Comb Rara

K_t 0.40 Fattore dipendente dalla durata del carico

f_{ctm} 2.94 N/mm²

$h_{c,eff}$ 56.46 mm

$A_{c,eff}$ 56457mm² Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza $h_{c,ef}$ e base t_w

ρ_{eff} 0.04

α_e 6.36



**NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto
BRETTELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE
VASCA DEL SERBATOIO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	38 DI 39

ε_{sm}	0.00053	Deformazione unitaria media delle barre
K_1	0.80	Per barre ad aderenza migliorata
K_2	0.50	Caso di flessione
K_3	3.40	Valore fisso
K_4	0.43	Valore fisso
\varnothing	16.00 mm	
c	64.00 mm	Ricoprimento Armatura
Δs_{max}	293.98 mm	Distanza massima tra le fessure
w_d (rara)	0.16 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w_1	0.20 mm	Armatura poco sensibile



**NODO DI NOVARA. i fase prg di novara boschetto
BRETTELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATO TECHNOLOGICO FA01 – SISTEMAZIONI ESTERNE
VASCA DEL SERBATOIO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	01	D 11 CL	FA0104 001	A	39 DI 39

10 INCIDENZE DI ARMATURA

Vasca Serbatoio.....160 kg/m³