



## Comune di Liscate



Regione Lombardia



Città Metropolitana  
di Milano



Parco Agricolo Sud Milano



Comune di Melzo



Comune di Vignate

Accordo di Programma per l'ampliamento dell'esistente terminal ferroviario ed intermodale,  
raccordato alla linea ferroviaria Milano – Treviglio e  
per la riqualificazione ambientale e paesistica di aree comprese nel Parco Agricolo Sud Milano  
in Comune di Vignate

### Committenti

SO.GE.MAR. SpA

Gestione GUIDO S.r.l.



**RUP: Arch. Desirè Ceruti**

**ASSOCIATI**

Via G. Gozzano n. 6  
20831 Seregno (MB)  
Tel. 0362.221543  
0362.246248  
Fax 0362.247012  
email: studio@mpiassociati.it  
www.mpiassociati.it

Certificato ISO 9001:2008 n° 14687

|                                                                                                                                                                                                     |            |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|
| COMMESSA<br>AAARCHVIO14\C03-14 SOGEMAR                                                                                                                                                              | F.TO<br>A4 | ELABORATO        |
| FILE<br>03 Definitivo/DOCPDGE02                                                                                                                                                                     | SCALA<br>- | <b>DOCPDGE02</b> |
| <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>                                                                                                                                                                          |            |                  |
| DENOMINAZIONE PROGETTO<br><br>OPERE PER LA REALIZZAZIONE DI UN<br>ATTRAVERSAMENTO CICLOPEDONALE SULLA S.P.14<br>RIVOLTANA IN PROSSIMITA' DELL'INTERSEZIONE CON<br>VIA KENNEDY NEL COMUNE DI LISCATE |            |                  |
| DENOMINAZIONE ELABORATO<br><br>RELAZIONE SPECIALISTICA OPERE IN C.A.                                                                                                                                |            |                  |

|     |               |               |
|-----|---------------|---------------|
|     |               |               |
|     |               |               |
|     |               |               |
|     |               |               |
|     |               |               |
|     |               |               |
|     |               |               |
| 1   | Dicembre 2019 | AGGIORNAMENTO |
| 0   | Maggio 2019   | EMISSIONE     |
| REV | DATA          | DESCRIZIONE   |

|               |         |             |             |
|---------------|---------|-------------|-------------|
| DATA          | STESURA | VERIFICATO  | APPROVATO   |
| Dicembre 2019 | G.M.    | M. MAGNAGHI | L. MAGNAGHI |
| I PROGETTISTI |         |             |             |

## INDICE

|    |                                     |   |
|----|-------------------------------------|---|
| 1. | GENERALITÀ.....                     | 2 |
| 2. | NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....      | 4 |
| 3. | MATERIALI.....                      | 4 |
| 4. | CARATTERISTICHE GEOTECNICHE .....   | 4 |
| 5. | METODO DI CALCOLO .....             | 5 |
| 6. | ANALISI DEI CARICHI .....           | 5 |
|    | - PESI PROPRI .....                 | 5 |
|    | - CARICHI ESTERNI .....             | 5 |
|    | -COMBINAZIONI DI CARICO.....        | 5 |
| 7. | CRITERI DI ANALISI E VERIFICA ..... | 7 |
| 8. | RISULTATI .....                     | 7 |
| 9. | CONCLUSIONI.....                    | 9 |

## 1. GENERALITÀ

Il presente progetto di adeguamento infrastrutturale viene realizzato a titolo di scomputo oneri di urbanizzazione dell'Accordo di Programma per l'ampliamento del centro intermodale in Comune di Vignate approvato con D.P.G.R. n. 79 del 10 gennaio 2014, come da convenzione sottoscritta tra il Comune di Liscate e la Società SO.GE.MAR. presso il notaio Dott. Fauso Colianni in Melzo il giorno 10 marzo 2014.

Il presente progetto definitivo, di mobilità lenta, è ovviamente di tipo puntuale ma, rientra all'interno dei 39 percorsi facenti parte del Biciplan intercomunale redatto dal Coordinamento Comuni Ciclabili della Martesana, il quale a sua volta fa riferimento al progetto Mibici della Città Metropolitana di Milano.

Tale lavoro si configura con la necessità di andare a creare un tratto di pista ciclopedonale ad integrazione dei percorsi esistenti, comprendente l'attraversamento pedonale alla S.P. 14 Rivoltana e la riqualifica delle due aree Bus esistenti in prossimità dell'intersezione.

Il progetto del LOTTO A prevede di realizzare un manufatto scatolare con elementi prefabbricati vibrocompressi a sezione rettangolare per una lunghezza di circa 8,00 m e dei muri d'ala all'imbocco del suddetto al fine di prevenire lo svuotamento del terreno retrostante, tale manufatto si andrà ad innestare sul manufatto esistente che si trova sotto la S.P.14.

### MANUFATTO SCATOLARE

Il manufatto scatolare sarà in elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso armato (C 40/50 N/mm<sup>2</sup>), a sezione rettangolare di dimensioni interne nette di cm 250x150, aventi spessore delle pareti pari a cm 20.

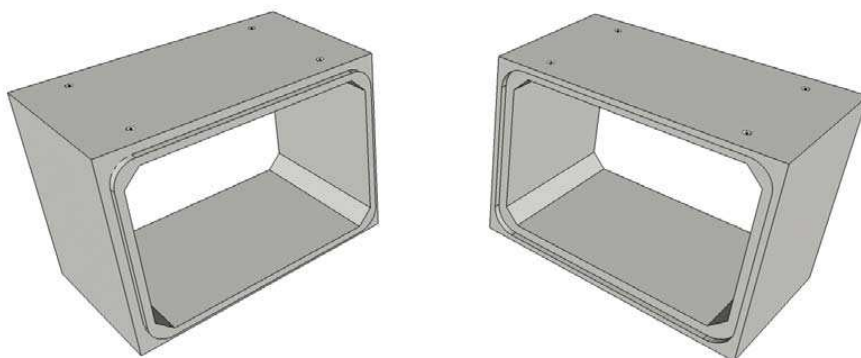
Gli elementi prefabbricati saranno dimensionati per sopportare lo smaltimento delle acque e i seguenti carichi:

- 1) la spinta laterale del terreno e dei sovraccarichi;
- 2) i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante;
- 3) la spinta dell'acqua interna, prodotto in conformità alle leggi e normative vigenti, e in particolare alla UNI EN 14844:2006+A2:2011 (prodotti con marcatura CE)

Le armature saranno realizzate con doppia rete elettrosaldata e ferri aggiuntivi sagomati o comunque dotate di barre di ripartizione longitudinali

Il sistema di giunzione sarà del tipo ad incastro a norma ASTM C-789, perfettamente liscio negli elementi maschio e femmina, privo di gradini e/o riseghe, per consentire il perfetto posizionamento della guarnizione butilica, a norma ASTM C-990, che in fase di schiacciamento verrà compressa in modo tale da riempire completamente i vuoti tra gli incastri assicurando così la tenuta idraulica.

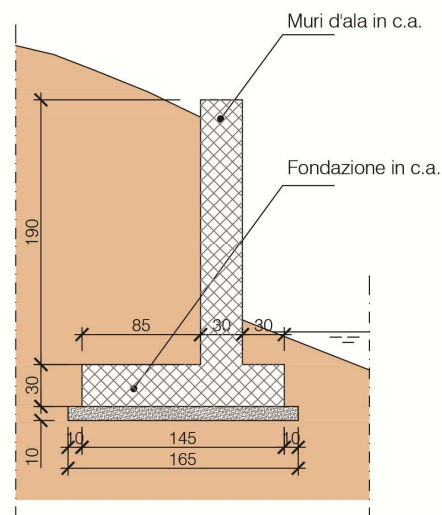
La posa delle condotte sarà su soletta in cls C20/25 N/mm<sup>2</sup> dello spessore minimo di 10-15 cm, armata con rete elettrosaldata  $\phi$  10/200x200, perfettamente lisciata secondo la livelletta di progetto.



### MURI D'ALA

I muri d'ala sono in calcestruzzo armato ed avranno le seguenti caratteristiche tipologiche:

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| Larghezza fondazione  | 1,45 m           |
| Altezza fondazione    | 0,30 m           |
| Mensola interna       | 0,85m            |
| Mensola esterna       | 0,30             |
| Larghezza parete      | 0,30 m           |
| Altezza totale parete | 1,90 m (massima) |



La vita nominale ( $V_N$ ) della struttura è stata assunta pari a 50 anni; inoltre la struttura viene classificata in classe d'uso II.

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto strutturale viene redatto in osservanza delle seguenti normative di riferimento:

- **D. M. 17 gennaio 2018** “Norme Tecniche per le Costruzioni 2018”

## 3. MATERIALI

I muri in calcestruzzo devono soddisfare le seguenti caratteristiche:

- Ambiente d'esposizione: **XC2 (UNI 11104)**
- Cemento: **tipo R32,5**
- Dimensione massima dell'aggregato: **25 mm**
- Consistenza: **S4**
- Copriferro: **nom. c=4,0 cm**
- Quantitativo minimo di cemento **300 kg/m<sup>3</sup>**
- Massimo rapporto acqua/cemento **0,60 (fondazioni)**
  
- Resistenza del calcestruzzo **C25/30 (R<sub>ck</sub> ≥ 30 MPa)**  
 $f_{ck} = 24,90 \text{ MPa}$  (compressione)  
 $f_{ctm} = 2,60 \text{ MPa}$  (trazione)
  
- Acciai da armatura lenta: **B 450 C**  
 $f_{y \text{ nom}} = 450 \text{ MPa}$  (snervamento)  
 $f_{t \text{ nom}} = 540 \text{ MPa}$  (rottura)

## 4. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

In questa fase progettuale si sono assunti i seguenti parametri del terreno, riservandoci nelle fasi successive di approfondire le seguenti caratteristiche geotecniche.

- peso terreno:  $\gamma = 16,50 \text{ kN/m}^3$   
angolo d'attrito:  $\phi' = 26^\circ$   
coesione:  $c = 0$   
modulo di deformazione:  $E = 100 \text{ Kg/cmq}$   
densità relativa:  $D_r = 15\%$

Il terreno di fondazione presenta una composizione granulometrica prevalentemente sabbioso – limoso – ghiaioso, e costituisce lo strato superficiale.

## 5. METODO DI CALCOLO

Il calcolo delle sollecitazioni agenti sulle diverse strutture è stato effettuato secondo i principi e i metodi della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni, basati sugli schemi di comportamento dei materiali come previsto dalle norme vigenti.

Le azioni sulle strutture sono cumulate secondo le condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli.

La determinazione delle azioni resistenti per le verifiche è svolta secondo il metodo semi-probabilistico agli stati limite, così come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

## 6. ANALISI DEI CARICHI

In funzione delle destinazioni d'uso e dei contenuti di progetto sono stati definiti i seguenti carichi agenti sulle strutture portanti.

### - PESI PROPRI

- Peso proprio C.A.  $\gamma_{ca} = 25,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso proprio terreno  $\gamma_t = 16,50 \text{ kN/m}^3$

| Peso muro<br>[kg] | Peso soletta<br>fondazione<br>[kg] | Peso terreno interno<br>[kg] | Peso terreno esterno<br>[kg] | Sovraccarico<br>[kg] |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| 1.687,5           | 1.087,5                            | 3.155,6                      | 198,0                        | 0,0                  |

Tabella 0-1 Pesi agenti

### - CARICHI ESTERNI

| Descrizione     | N<br>[kg] | T<br>[kg] | M<br>[kg m] | q<br>[kg/cm²] |
|-----------------|-----------|-----------|-------------|---------------|
| Carichi esterni | 0,0       | 0,0       | 0,0         | 0,050         |

Tabella 0-1 Carichi esterni

### -COMBINAZIONI DI CARICO

Si considerano diverse combinazioni di carico, per i diversi stati limite, nel rispetto dei minimi livelli di sicurezza previsti dalla normativa, secondo i coefficienti riportati nella tabella seguente, utilizzati a seconda della verifica svolta, come riportato successivamente nello svolgimento dei calcoli.

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni agli SLU

| CARICHI                                   | EFFETTO     | Coefficiente Parziale<br>$\gamma_F$ (o $\gamma_E$ ) | EQU | (A1)<br>STR | (A2)<br>GEO |
|-------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------|-----|-------------|-------------|
| Permanenti                                | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                       | 0,9 | 1,0         | 1,0         |
|                                           | Sfavorevole |                                                     | 1,1 | 1,3         | 1,0         |
| Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup> | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                       | 0,0 | 0,0         | 0,0         |
|                                           | Sfavorevole |                                                     | 1,5 | 1,5         | 1,3         |
| Variabili                                 | Favorevole  | $\gamma_{Q1}$                                       | 0,0 | 0,0         | 0,0         |
|                                           | Sfavorevole |                                                     | 1,5 | 1,5         | 1,3         |

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Figura 0-1 Coefficienti azioni SLU

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno agli SLU

| PARAMETRO                                    | GRANDEZZA ALLA QUALE<br>APPLICARE IL<br>COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE<br>PARZIALE<br>$\gamma_M$ | (M1) | (M2) |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$                                                | $\gamma_{\phi'}$                       | 1,0  | 1,25 |
| Coesione efficace                            | $c'_k$                                                        | $\gamma_{c'}$                          | 1,0  | 1,25 |
| Resistenza non drenata                       | $c_{uk}$                                                      | $\gamma_{cu}$                          | 1,0  | 1,4  |
| Peso dell'unità di volume                    | $\gamma$                                                      | $\gamma_\gamma$                        | 1,0  | 1,0  |

Figura 0-2 Coefficienti terreno SLU

### Coefficienti parziali per le verifiche agli SLU (STR e GEO)

| VERIFICA                           | COEFFICIENTE<br>PARZIALE<br>(R1) | COEFFICIENTE<br>PARZIALE<br>(R2) | COEFFICIENTE<br>PARZIALE<br>(R3) |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1,0$                 | $\gamma_R = 1,0$                 | $\gamma_R = 1,4$                 |
| Scorrimento                        | $\gamma_R = 1,0$                 | $\gamma_R = 1,0$                 | $\gamma_R = 1,1$                 |
| Resistenza del terreno a valle     | $\gamma_R = 1,0$                 | $\gamma_R = 1,0$                 | $\gamma_R = 1,4$                 |

Figura 0-3 Coefficienti verifiche SLU

## 7. CRITERI DI ANALISI E VERIFICA

Come previsto dalla normativa tecnica di riferimento (NTC 2018), si effettuano le analisi e le verifiche per soddisfare i seguenti stati limite geotecnici, strutturali e statici.

### VERIFICHE GEOTECNICHE e di EQUILIBRIO

- STATO LIMITE ULTIMO DI EQUILIBRIO CORPO RIGIDO (SLU EQU)
  - o Ribaltamento.
- STATO LIMITE ULTIMO GEOTECNICO (SLU GEO)
  - o Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (Metodo di Terzaghi)
  - o È stata omessa la verifica a scorrimento, in quanto si è assunto che i muretti d'ala fossero incastrati al manufatto scatolare. Sotto questa ipotesi la verifica a scorrimento viene sicuramente soddisfatta.

### VERIFICHE STRUTTURALI

- STATO LIMITE ULTIMO (SLU STR)
  - o Resistenza delle sezioni strutturali (pressoflessione e taglio)

## 8. RISULTATI

Per la verifica delle sezioni più significative si è scelto di utilizzare sia per l'armatura longitudinale che per quella trasversale delle barre di diametro 12mm, poste a passo 20cm. Tutte le verifiche effettuate secondo i criteri sopra esposti hanno dato esito positivo, come mostrato nel seguito:

- VERIFICA A TAGLIO:
  - Taglio agente  $V_{ed}=44\text{kN}$
  - Altezza sezione  $H=30\text{cm}$
  - Larghezza sezione  $b_w=100\text{cm}$
  - Copriferro  $h'=4\text{cm}$
  - Altezza utile  $d=26\text{cm}$
  - Diametro armatura tesa  $\phi=12\text{mm}$
  - Numero barre tese  $n=4$
  - Area armatura tesa  $A_s=1,6\text{cm}^2$
  - Rapporto geometrico armatura longitudinale  $\rho_l=0,0005<0,02$
  - Azione compressione  $N_{ed}=23\text{kN}$



Calcolando  $V_{rd}$  con l'Equazione 1 (in assenza di armatura a taglio) si ottiene:  $V_{rd}=120\text{kN}$ .

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\} \quad [4.1.23]$$

con

$f_{ck}$  espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

Figura 8-1 Resistenza a Taglio (da NTC2018)

## - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

**Titolo:** Incastro muro/fondazione

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

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 100    | 30     | 1  | 3,93     | 4      |
|    |        |        | 2  | 3,93     | 26     |

**Sollecitazioni**  
**S.L.U.** **Metodo n**  
**N<sub>Ed</sub>** 22,91 **0** kN  
**M<sub>Ed</sub>** 23,4 **0** kNm  
**M<sub>yEd</sub>** **0**

**P.to applicazione N**  
☐ Centro ☒ Baricentro cls  
☐ Coord. [cm] xN **0** yN **0**

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U. + ☐ Metodo n ☐ S.L.U. -  
☒ Retta ☐ Deviale

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviale

**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>** **0** cm **Col. modello**

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
**E<sub>su</sub>** 67,5 % **E<sub>c2</sub>** 2 %  
**f<sub>yd</sub>** 391,3 N/mm² **E<sub>cu</sub>** 3,5 %  
**E<sub>s</sub>** 200.000 N/mm² **f<sub>cd</sub>** 14,17 %  
**E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>** 15 **f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>** 0,8 ?  
**E<sub>syd</sub>** 1,957 % **Q<sub>c,adm</sub>** 9,75  
**Q<sub>s,adm</sub>** 255 N/mm² **T<sub>co</sub>** 0,6  
**T<sub>c1</sub>** 1,829

**M<sub>xRd</sub>** 45,26 kN m  
**σ<sub>c</sub>** -14,17 N/mm²  
**σ<sub>s</sub>** 391,3 N/mm²  
**ε<sub>c</sub>** 3,5 %  
**ε<sub>s</sub>** 30,26 %  
**d** 26 cm  
**x** 2,695 **x/d** 0,1037  
**δ** 0,7

☐ Precompresso

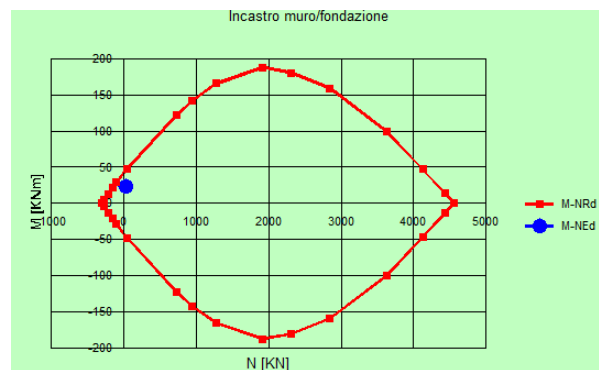


Tabella 8-1 Verifica a pressoflessione

## - VERIFICHE GEOTECHICHE E DI EQUILIBRIO

### 1 Verifiche a ribaltamento

| Condizione | Momento ribaltante<br>[kg m] | Momento stabilizzante<br>[kg m] | Fs   | Verifica |
|------------|------------------------------|---------------------------------|------|----------|
| EQU        | 3.176,3                      | 3.924,1                         | 1,24 | SI       |

Tabella 8-2 Verifica a ribaltamento

### 2 Verifiche di capacità portante

Metodo di calcolo: Terzaghi

| Condizione | Pressione agente<br>[kg/cm²] | Pressione limite<br>[kg/cm²] | Fs | Verifica |
|------------|------------------------------|------------------------------|----|----------|
|------------|------------------------------|------------------------------|----|----------|

|          |      |      |      |    |
|----------|------|------|------|----|
| A1+M1+R3 | 2,02 | 2,27 | 1,12 | SI |
|----------|------|------|------|----|

*Tabella 8-3 Verifica a sprofondamento*

## 9. CONCLUSIONI

I muretti d'ala, come dimensionati sulla base delle presenti analisi e verifiche, sono idonei a svolgere la loro funzione di sostegno del terreno, sopportando le sollecitazioni statiche per le quali sono progettati e permettono un adeguato convogliamento delle acque.