

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.**



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

**U.O. STRUTTURE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA**

**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

**LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA**

**PONTE SUL FIUME ISARCO**

**ELABORATI GENERALI**

**RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI**

SCALA:

-

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

IBL1    10    D    09    CL    VI0000    006    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	G. Grimaldi	Marzo 2013	P. Di Nucci E. Bonifacio	Marzo 2013	C. Marzocchi	Marzo 2013	Avittonzi	

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 Dott. BANGELLO VITTOZZI  
 U.O. STRUTTURE  
 ITALFERR S.p.A.

Stampato dal Service





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	2 di 29

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	7
3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	8
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	9
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	14
6	VERIFICA DI STABILITA' .....	15
6.1	CAPACITÀ PORTANTE: PILA 1 B.D. ....	19
6.2	CAPACITÀ PORTANTE: PILA 2 B.D. ....	22
6.3	CAPACITÀ PORTANTE: PILA 3 B.D. ....	25
7	VERIFICA DI SOLLEVAMENTO .....	28



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	3 di 29

## 1 PREMESSA

Nell'ambito di lavori di "Quadruplicamento ferroviario della linea Fortezza – Verona – Lotto 1 Fortezza – Ponte Gardena", si è resa necessaria la realizzazione dei due viadotti sul fiume Isarco (binario pari e binario dispari) previsti fra le progressive:

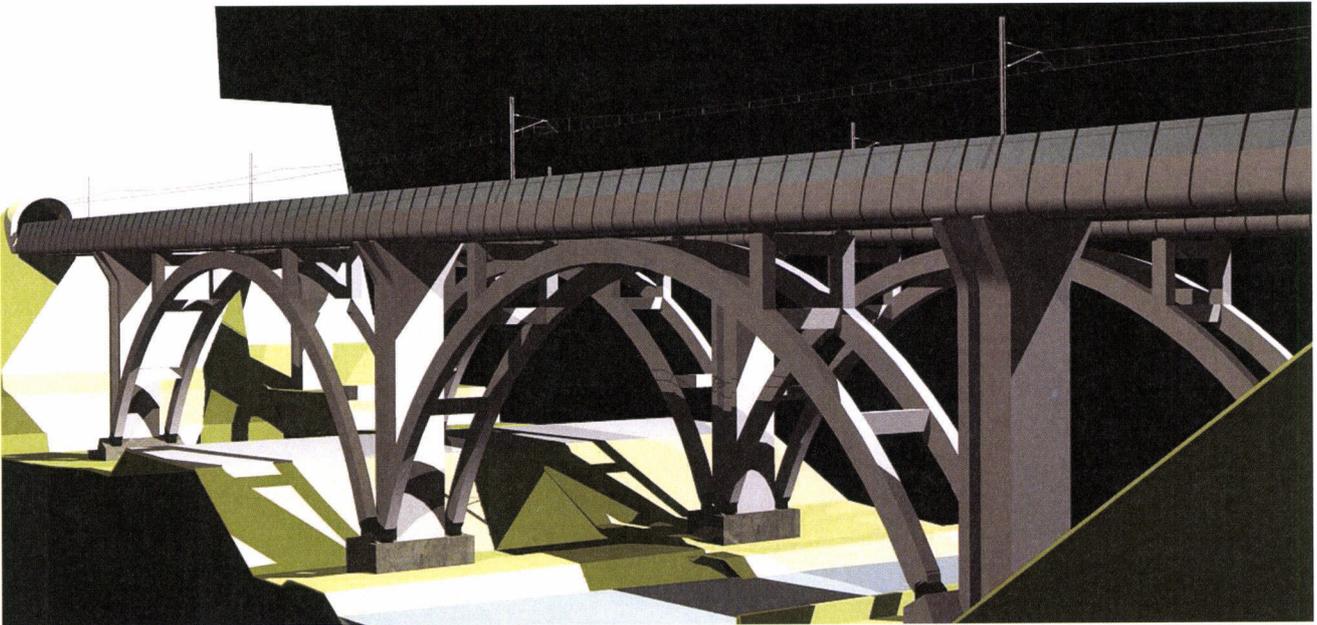
- km 15+883.14 (BP - asse appoggi spalla lato Scaleres) e pk. km 16+104.04 (BP - asse appoggi spalla lato Ponte Gardena);
- km 15+895.93 (BD - asse appoggi spalla lato Scaleres) e pk. km 16+122.79 (BD - asse appoggi spalla lato Ponte Gardena)

Il viadotto sul BP presenta uno sviluppo complessivo spalla-spalla pari a 220.90m ed è costituito da un impalcato metallico a via superiore a due travi a parete piena in acciaio, con vasca per contenere l'armamento in c.a. con funzione di barriera plastica per le vibrazioni ed il relativo rumore associato. Tale impalcato è stato previsto con quattro campate appoggiate (due campate d'approccio e due centrali). Lungo lo sviluppo del viadotto a partire dalla spalla lato Scaleres si individuano:

- l'impalcato d'approccio lato Scaleres in appoggio alla spalla lato Scaleres, alla pila P1BP e di lunghezza pari a 29.01m;
- l'impalcato principale lato Scaleres di lunghezza pari a 84.38m che poggia in schema di trave continua su pila P1BP e pila P2BP oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati ancora all'arco,
- l'impalcato principale lato Ponte Gardena di lunghezza pari a 83.62m che poggia in schema di trave continua su pila P2BP e pila P3BP oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati ancora all'arco;
- l'impalcato d'approccio lato Ponte Gardena in appoggio alla pila P3BP, alla spalla lato Ponte Gardena e di lunghezza pari a 23.89m.

Il viadotto sul BD presenta uno sviluppo complessivo spalla-spalla pari a 250.76m ed è costituito da un impalcato metallico a via superiore a due travi a parete piena in acciaio, con vasca per contenere l'armamento in c.a. con funzione di barriera plastica per le vibrazioni ed il relativo rumore associato. Tale impalcato è stato previsto con cinque campate appoggiate (due campate d'approccio e tre centrali). Lungo lo sviluppo del viadotto a partire dalla spalla lato Scaleres si individuano:

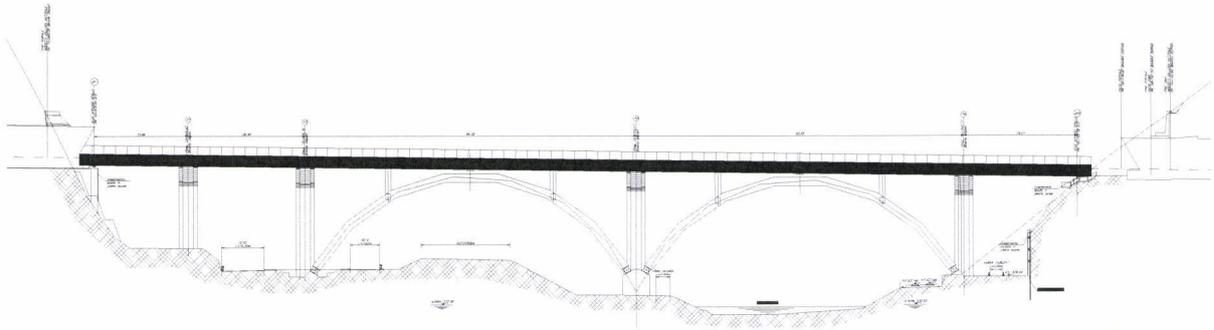
- l'impalcato d'approccio lato Scaleres in appoggio alla spalla lato Scaleres, alla pila P1BD e di lunghezza pari a 23.89m;
- l'impalcato principale lato Scaleres in appoggio alla pila P1BD, alla pila P2BD e di lunghezza pari a 29.86m;
- l'impalcato principale su arco lato Scaleres di lunghezza pari a 84.38m che poggia in schema di trave continua su pila P2BD e pila P3BD oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati ancora all'arco,
- l'impalcato principale su arco lato Ponte Gardena di lunghezza pari a 83.62m che poggia in schema di trave continua su pila P3BD e pila P4BD oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati ancora all'arco;
- l'impalcato d'approccio lato Ponte Gardena in appoggio alla pila P4BD, alla spalla lato Ponte Gardena e di lunghezza pari a 29.01m.



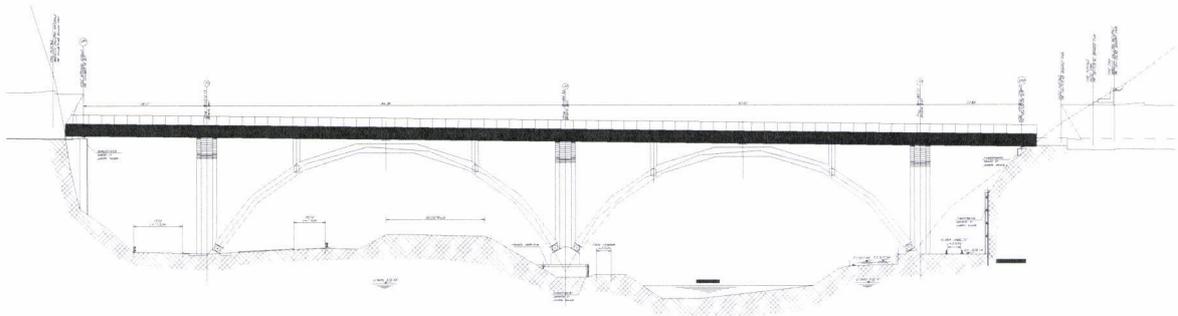
*Fig. 1.1. Soluzione prevista nell'attuale livello di progettazione*



*Fig. 1.2. Planimetria di progetto*



*Fig. 1.3. Prospetto Viadotto Binario Dispari*



*Fig. 1.4. Prospetto Viadotto Binario Pari*

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nel presente documento sono riportate le analisi mirate al dimensionamento dei pozzi delle fondazioni del viadotto Isarco. In particolare viene determinata la capacità portante delle fondazioni del viadotto immerse nei depositi alluvionali ghiaiosi-sabbiosi e denominate rispettivamente pila 1 B.D, pila 2 B.D (e/o pila 1 B.P.) e pila 3 B.D (e/o pila 2 B.P.) e viene analizzata la verifica a sollevamento del fondo scavo del pozzo relativo alla pila 2 B.D (e/o pila 1 B.P.) in cui è previsto l'utilizzo del jet grouting.

Di seguito si riporta una sezione tipologica rappresentativa delle dimensioni e della geometria del pozzo.

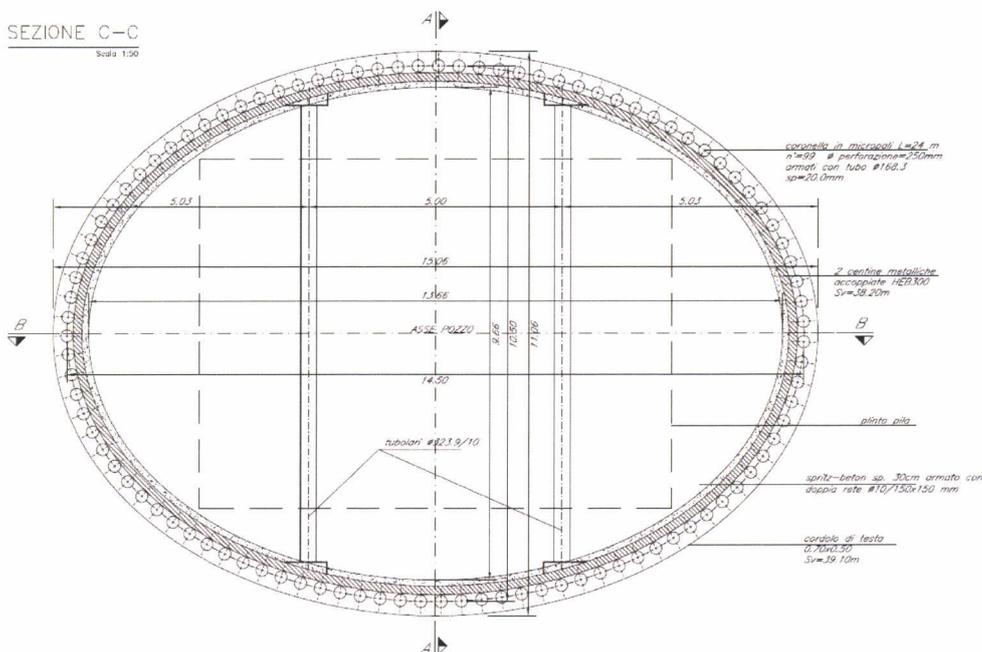


Fig. 2.1. Geometria del pozzo



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	8 di 29

### 3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A Specifica 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 Specifica 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



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI

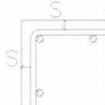
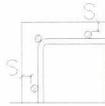
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	9 di 29

#### 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

TABELLA MATERIALI								
CALCESTRUZZO								
Tipo Calcestruzzo	Rapporto a/c max (UNI EN 206)	Classe di lavorabilità	Tipo di cemento	Classe di resistenza minima C(fck/Rck) <sub>min</sub>	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)	D <sub>max</sub> inerti (mm)	Campi di Impiego	
A	1	0.45	S5	CEM I+V	C45/55	XC3	– Impalcati ed Elementi in c.a.p. prefabbricati	
B	1	0.45	S4-S5	CEM I+V	C35/45	XC3	– Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra – Predalles con funzioni strutturali	
	3	0.55	S3-S4	CEM I+V	C28/35	XA1	– Elementi prefabbricati senza funzioni strutturali	
C	1	0.55	S4-S5	CEM I+V	C28/35	XC3	– Impalcati in c.a. ordinari – Solette in c.a. gettate in opera in elevazione – Predalles senza funzioni strutturali	
	2	0.55	S3-S4	CEM I+V	C28/35	XC3	– Pile e spalle – Boggioni e pulvini – Strutture in c.a. in elevazione	
D	0.55	S3-S4	CEM III+V	C28/35	XA1	25	– Tombini a struttura scatolare e circolare	
E	2	0.60	S3-S4	CEM III+V	C25/30	XC2	25	– Solette di fondazione – Fondazioni armate
	3	0.60	S3-S4	CEM III+V	C25/30	XC2	40	– Fondazioni non armate (pozzi, sottopinti, ecc...)
	4	0.60	S3-S4	CEM III+V	C25/30	XC2	25	– Cunette, canallette e cordoli
F	1	0.60	S4-S5	CEM III+V	C25/30	XC2	32	– Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera
	2	0.60	S4-S5	CEM III+V	C25/30	XC2	32	– Pali/diaframmi di fondazione gettati in opera
G	---	---	CEM I+V	C12/15	X0	---	– Magrane di riempimento e livellamento	
ACCIAIO								
ACCIAIO IN BARRE PER GETTI E RETI ELETTROSALDATE						B450C f <sub>yk</sub> ≥ 450 Mpa; f <sub>tk</sub> ≥ 540 Mpa; L <sub>15</sub> = 1; f <sub>yk</sub> /f <sub>tk</sub> = 1,35 f <sub>yk</sub> = tensione caratteristica di snervamento f <sub>tk</sub> = tensione caratteristica di rottura		
ACCIAIO ARMONICO DI TIPO STABILIZZATO PER TRAVI E TRAVERSI						Trefoli ø0,8" f <sub>pk</sub> (360 MPa) – f <sub>p</sub> (f <sub>yk</sub> ) 1670 MPa a trave		
ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA STRUTTURE PRINCIPALI						S355J2 (ex FE 510 D1)		
ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA STRUTTURE SECONDARIE						S275JR (ex FE 430 B)		
BULLONI PER UNIONI A TAGLIO						VITE Classe 8.8; DADO Classe 8		
BULLONI PER UNIONI AD ATTRITO						VITE Classe 10.9; DADO Classe 10		
ACCIAIO PER ARMATURA MICROPALI						S275JR (ex FE 430 B)		
SALDATURE								
PILILI						Acciaio S235 J2G3 + C450 f <sub>0,2</sub> /f <sub>y</sub> ≥ 1,2 f <sub>y</sub> ≥ 350 Mpa f <sub>u</sub> ≥ 450 Mpa Allungamento ≥ 12% Strizione ≥ 90% Composizione Chimica C ≤ 0,18; Mn ≤ 0,09; S ≤ 0,04; P ≤ 0,05		

## PRESCRIZIONI

### COPRIFERRO NETTO

- PALI DI FONDAZIONE E PER PARATIE, DIAFRAMMI.....	s=60 mm	
- SOLETTONI DI FONDAZIONE, FONAZIONI ARMATE E NON ARMATE.....	s=40 mm	
- OPERE IN ELEVAZIONE IN VISTA (PILE, SPALLE BAGGIOLI, PULVINI).....	s=40 mm	
- OPERE IN ELEVAZIONE CON SUPERFICI INTERRATE O NON ISPEZIONABILI.....	s=40 mm	
- SOLETTE DA PONTE – ESTRADOSSO.....	s=35 mm	
- SOLETTE DA PONTE – INTRADOSSO (GETTO IN OPERA).....	s=35 mm	
- SOLETTE DA PONTE – INTRADOSSO (GETTO SU PREDALLE).....	s=20 mm	
- IMPALCATI STRADALI – ARMATURA ORDINARIA.....	s=30 mm	
- IMPALCATI STRADALI IN C.A.P. – CAVI PRE-TESI.....	s=max(3*phi_tredolo; 50mm)	
- IMPALCATI STRADALI IN C.A.P. – CAVI POST-TESI.....	s=max(phi_esterno guaina; 60mm)	
- PREDALLES CON FUZIONI STRUTTURALI.....	s=25 mm	
- PREDALLES SENZA FUNZIONI STRUTTURALI.....	s=max(phi_barra inf; 20mm)	
- CUNETTE, CANALETTE E CORDOLI.....	s=40 mm	



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	11 di 29

CARATTERISTICHE IMPERMEABILIZZAZIONE:

CARATTERISTICHE DELLA GUAINA BITUMINOSA INFERIORE DA 3 mm

- armatura in poliestere 120 gr/mq
- resistenza a rottura a trazione longit.  $\geq 500$  N
- trasy.  $\geq 400$  N
- allungamento a rottura  $\geq 40\%$
- stabilità di forma a caldo a 150 °C
- flessibilità a freddo a -10°C
- resistenza all'invecchiamento a -10°C
- impermeabilità all'acqua alla pressione di 500 Kpa
- massa aerea  $\geq 3$  e  $\leq 3,5$  Kg/mq
- stabilità dimensionale  $\leq 0,5\%$

CARATTERISTICHE DELLA GUAINA BITUMINOSA SUPERIORE DA 4 mm

- armatura in poliestere a filo continuo 250 gr/mq
- resistenza a rottura a trazione longit.  $\geq 900$  N
- trasy.  $\geq 900$  N
- allungamento a rottura  $\geq 40\%$
- stabilità di forma a caldo a 150 °C
- flessibilità a freddo a -15°C
- resistenza all'invecchiamento a -10°C
- impermeabilità all'acqua alla pressione di 500 Kpa
- massa aerea  $4 \pm$  Kg/mq
- stabilità dimensionale  $\leq 0,5\%$

PVC

- Spess. 2mm  $\pm 5\%$
- Peso specifico  $\geq 13$  kN/mq
- Resistenza a press.  $\geq 1000$  kN/mq DIN 16938
- Allungamento a rottura  $\geq 300\%$  DIN 16938E
- Resistenza a trazione  $\geq 17$  kN/mq DIN 16938E
- durezza A-SHORE 70-90 DIN 53505

MATERIALE DRENANTE:

- Strato di materiale granulare, ghiaia e sabbia, con equivalente in sabbia non inferiore a 70, opportunamente steso e compattato, sp.=40/50cm.

TRATTAMENTO SUPERFICI:

- Massetto a doppia pendenza(1%), spessore minimo 5 cm.
- Rck  $\geq 15$  N/mmq armato con rete elettrosaldata  $\emptyset$  6/15x15 cm
- applicazione su superficie regolarizzata di una mano di primer con solvente in ragione di 500 gr/mq

GEOTESSUTO (400 g/mmq):

- tessuto non tessuto a fibra lunga ( $\geq 80$ mm) di polipropilene puro coesionato per agugliatura o legamento doppio
- massa volumica unitaria  $\geq 400$  g/m (RIF. CNR-BU n.110)
- spessore: a 2KPa  $\geq 3,0$  mm (RIF. CNR-BU n.111)
- a 200KPa  $\geq 1,9$  mm (RIF. CNR-BU n.111)
- resistenza a trazione media su striscia di 20 cm  $\geq 24$  KN/m (RIF. CNR-BU n.142)
- allungamento percentuale alla rottura  $\geq 80\%$  (RIF. CNR-BU n.142)
- resistenza alla lacerazione  $\geq 1,4$  KN (RIF. CNR-BU n.143)
- resistenza al punzonamento  $\geq 4,0$  kN (RIF. UNI 8279/14)
- permeabilità radiale all'acqua: a 2 KPa  $\geq 3 \times 10^{-6}$  cm/sec (RIF. UNI 8279/13)
- a 200 KPa  $\geq 3 \times 10^{-6}$  cm/sec (RIF. UNI 8279/13)

MASSETTO DI FORMAZIONE DELLE PENDENZE

Nella formazione dei massetti si prevede la posa di rete elettrosaldata  $\emptyset 6/15 \times 15$ . Non si prevede la solidarizzazione degli stessi né alla soletta di base, né a quella di testa.

PRESCRIZIONI TECNICHE:

PRIMA DELLA POSA DELL' IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE CONTROPARETI DEVE ESSERE ESEGUITA LA PULITURA E REGOLARIZZAZIONE DELLE PARETI DEI DIAFRAMMI



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	12 di 29

CARATTERISTICHE MATERIALI DA RILEVATO

1) Nella formazione dello SCOTICO/BONIFICA dovranno essere impiegate terre provenienti da scavi o da cave di prestito in analogia a quanto operato per il corpo del rilevato.

2) Nella formazione dell'ANTICAPILLARE dovrà essere impiegato pietrischetto o ghiaietto con le seguenti caratteristiche granulometriche:

25mm - 100% di passante

4mm - <20% di passante

2mm - <10% di passante

3) Nella formazione del corpo del RILEVATO dovranno essere impiegate terre provenienti da scavi o da cave di prestito appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla norma CNR-UNI 10006. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità inferiore a 7.

Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere stesso in strati di spessore non superiore a 50 cm per le terre dei gruppi A1, A2-4 e non superiore a 30 cm per il materiale dei gruppi A2-5, A2-6, A2-7, A3 ed A4.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo o sottogruppo.

Ogni strato dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto la densità secca di almeno 95% della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASTHO modificata, prima di porre in opera un altro strato.

In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi sulla densità e sul modulo di deformazione, l'APPALTATORE, prima di usare terre dei gruppi A2-5 e A2-7, dovrà effettuare opportune prove (in situ ed in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la DIREZIONE LAVORI.

Per ciascuno strato del corpo del rilevato, il valore del modulo di deformazione stabilito mediante prova di carico su piastra, secondo CNR-BU n°146, dovrà risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore di 1.00 m dai bordi dello stesso ed a 40 MPa per la restante zona centrale. Tali valori dei moduli andranno determinati al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa.

4) Nella formazione degli strati di SUPERCOMPATTATO, con spessori, salvo diversa indicazione, non inferiori a 30 cm (ovvero 12 al di sotto del ballast), dovranno essere impiegati terreni appartenenti alle categorie A1, A2-4 e A3 o una miscela di materiali granulari con l'eventuale aggiunta di legante naturale passante al setaccio 0.4 UNI.

Dopo il costipamento, in ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della massima, ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASTHO modificata (CNR-BU n°69). Il modulo di deformazione Md, misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, determinato mediante prova di carico su piastra, non dovrà essere inferiore a 80 MPa (salvo quanto diversamente riportato sull'elaborato).

Per le altre caratteristiche del materiale costituente gli strati di supercompattato e per la modalità esecutive si rimanda al 00.CC..



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	13 di 29

TIRANTI PROVVISORI PARATIE DI MICROPALI

Dovranno essere impiegati fra quelli reperibili in commercio rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- trefoli: diametro nominale mm 15,20 (6/10")  
sezione nominale mmq 139
- acciai per c.a.p.: limite elastico convenzionale allo 0,1%  $f_p(1)k = 1670$  Mpa  
carico di rottura  $f_{tpk} = 1860$  Mpa  
carico in esercizio = 0,60  $f_{tpk}$   
carico in fase provvisoria = 0,725  $f_{tpk}$
- condotti di iniezione: devono presentare il diametro minimo di 16 mm e pressione di scoppio non inferiore a 1Mpa(10 kg/cmq) per iniezione a bassa pressione. Non inferiore a 7,5 Mpa (75 kg/cmq) per iniezione ad alta pressione
- miscela di iniezione dei tiranti:  
Densità  $\geq 1,85$  t/mc  
Cemento tipo III - IV o V 425  
Rapporto a/c  $\leq 0,4$   
Resistenza a compressione  $\geq 25$  Mpa dopo 3gg  
 $\geq 35$  Mpa a 7gg  
 $\geq 50$  Mpa a 28gg
- miscela di iniezione dei tiranti, composizione:  
Cemento: 1050kg/mc  
Acqua 420kg/mc  
Filler: 315kg/mc  
Additivi fluidificanti antiritiro circa 6%
- si fa riferimento per le normative sui tiranti ad aicap (maggio '93) e capitolato costruzione oo.cc.
- per i tiranti di prova si fa riferimento alle norme aicap (maggio '93) e capitolato costruzione oo.cc.

CEMENTI PER LE MISCELE DI INIEZIONE

Le caratteristiche del cemento saranno determinate in conformità al D.M. 03.06.1968 e successivi aggiornamenti. Il contenuto totale di cloro deve essere inferiore allo 0,05% del peso in massa del cemento ed il contenuto totale di zolfo deve essere inferiore allo 0,15% del peso in massa del cemento per evitare pericolo di corrosione. Le caratteristiche del cemento saranno determinate in conformità al D.M. 03.06.1968 e successivi aggiornamenti.

UNIONI SALDATE

OVE NON DIVERSAMENTE SPECIFICATO LE SALDATURE S'INTENDONO A COMPLETA PENETRAZIONE.

PER GIUNTI A CORDONE D'ANGOLO: SPESSORE MINIMO SEZIONE DI GOLA = 0,7t (t = SPESSORE MINIMO PARTI DA SALDARE)

IL CONTROLLO DELLE SALDATURE DOVRA' ESSERE EFFETTUATO SECONDO LE NORME VIGENTI DA ENTE ESTERNO (AD ES. ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA)

NOTA:

sarà cura dell'impresa esecutrice di verificare le misure riportate sugli elaborati di progetto prima dell'inizio dei lavori.  
Ogni dato non rispondente dovrà essere comunicato alla D.L. che dovrà approvare eventuali variazioni al progetto.



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	14 di 29

## 5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le analisi sono state effettuate seguendo la stratigrafia di dettaglio descritta di seguito in accordo con la “Caratterizzazione Geotecnica – Opere all’aperto tratto Ponte Gardena-Fortezza”:

SG (depositi alluvionali Ghiaiosi - Sabbiosi)

$\gamma$	=	20.0kN/m <sup>3</sup>	peso di volume
$\varphi'$	=	35°	angolo di resistenza al taglio
$c'$	=	0	coesione intercetta
E	=	40÷250 MPa da 0 a 50m da p.c.	modulo elastico operativo

La profondità della falda è circa 5.0m da p.c.

## 6 VERIFICA DI STABILITA'

La valutazione della stabilità globale ai fini geotecnici verrà effettuata attraverso l'approccio proposto da Brinch-Hansen, che richiede la conoscenza dei valori delle caratteristiche di sollecitazione ( $N_b$ ,  $M_b$ ,  $T_b$ ), alla base del pozzo.

La capacità portante limite unitaria sarà espresso attraverso la relazione valida in termini di tensioni efficaci:

$$q_{lim} = c' N_c s_c + q N_q s_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

Nella precedente espressione, i fattori di forma  $s_c$ ,  $s_q$  ed  $s_\gamma$  sono espressi attraverso le seguenti relazioni:

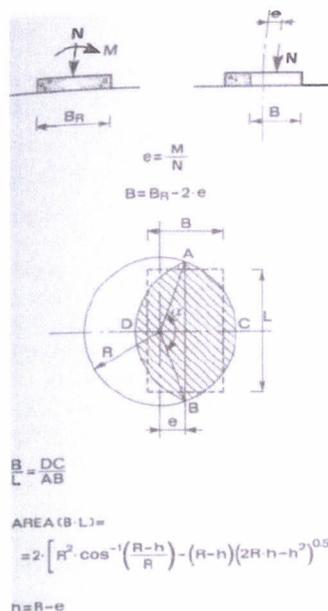
$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{tg}(\phi')$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Definito il carico limite unitario alla base del pozzo  $q_{lim}$  è possibile definire il valore dello sforzo verticale  $N_{lim}$  nel terreno attraverso l'espressione  $N_{lim} = q_{lim} \times A^*$  in cui il valore  $A^*$  viene espresso attraverso la relazione:

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left( R^2 \cos^{-1} \left( \frac{R-h'}{R} \right) - (R-h') \sqrt{(2Rh'-h'^2)} \right)$$





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	16 di 29

dove

$$e = \frac{N_b}{M_b}$$

$$h' = \frac{D}{2} - e$$

Essendo lo sforzo verticale massimo nel terreno pari a  $N_b$ , il coefficiente di sicurezza  $F_s$ , nei confronti della rottura del complesso fondazione terreno, sarà esprimibile attraverso la relazione:

$$F_s = \frac{N_{lim}}{N_b}$$

Le verifiche vengono svolte secondo l'approccio 2, A1+M1+R3:

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno			resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \phi'$	$c'$	$c_u$	$q_{lim}$	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	☐	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.80
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.80
	A1+M1+R3	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	2.30
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili		☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00
Definiti dal Progettista		☑	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30

Nella tabella precedente si assumono pari ad 1 i coefficienti relativi alle azioni, in quanto le azioni, provenienti dalla sovrastruttura ed utilizzate nei calcoli, risultano essere già combinate.

Di seguito si riporta il riepilogo delle sollecitazioni e le relative combinazioni agenti in corrispondenza della testa dei pozzi (per la pila 2 e 3) o allo spiccato della pila (per la pila 1) ricordando che le convenzioni sulle azioni sono:

P = sforzo normale (+ di compressione)

V2 = taglio longitudinale (positivo se diretto verso SP2)

V3 = taglio trasversale (positivo se diretto verso l'asse del binario)

T = momento torcente (positivo se antioraria)

M2 = momento trasversale (concorde con V3)

M3 = momento longitudinale (concorde con V2)



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	17 di 29

• pila 1 B.D.

		SLUGE01.gr3.PE	SLUGE01.gr3.PE	SLUGE01.gr3.PE	SLUGE01.gr3.PE	SLUGE02.PE	SLUGE02.MO	SLUGE02.MO	SLUGE02.PE	SLUGE01.gr1.MO	SLUGE01.gr1.MO	SLUGE01.gr3.MO	SLUGE01.gr3.MO
<b>P</b>	N [kN]	19623.5	19624.6	22476.2	22021.8	19623.8	19624.3	23416.8	19624.3	19623.8	19624.3	19606.3	23901.0
<b>M3</b>	Mx [kNm]	29965.7	-28800.7	32394.5	-30838.1	17416.0	-16251.0	17662.0	-16251.0	17416.0	-16251.0	29977.8	-29010.8
<b>M2</b>	My [kNm]	12095.5	-12095.6	13644.2	-10818.0	13805.2	-13805.3	16173.2	-13806.3	13805.2	-13805.3	12097.2	-9789.5
<b>V3</b>	Hx [kN]	570.2	-570.2	570.2	-570.2	640.9	-640.9	640.9	-640.9	640.9	-640.9	570.2	-570.2
<b>V2</b>	Hy [kN]	1309.9	-1309.9	1309.9	-1309.9	750.0	-750.0	750.0	-750.0	750.0	-750.0	1309.9	-1309.9

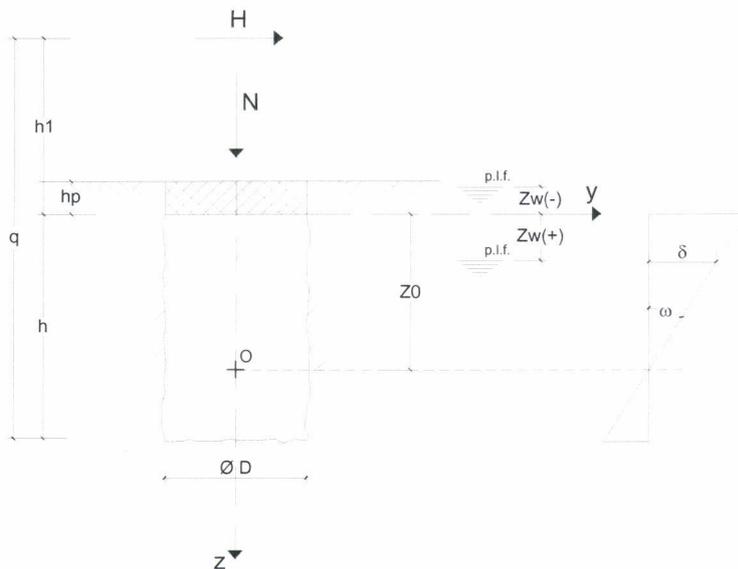
• pila 2 B.D.

		SLUGE01.gr3.PE	SLUGE01.gr3.PE	SLUGE01.gr3.PE	SLUGE01.gr3.PE	SLUGE02.PE	SLUGE02.MO	SLUGE02.MO	SLUGE02.PE	SLUGE01.gr1.MO	SLUGE01.gr1.MO	SLUGE01.gr3.MO	SLUGE01.gr3.MO
<b>P</b>	N [kN]	36652.0	41569.0	40908.0	39425.0	41555.0	37486.0	42437.0	36598.0	42324.0	36598.0	36539.0	44269.0
<b>M3</b>	Mx [kNm]	-5488.0	-132660.0	1032.0	-139243.0	-48220.0	-85175.0	-62602.0	-69427.0	-61971.0	-69418.0	-5538.0	-117136.0
<b>M2</b>	My [kNm]	32808.0	-29990.0	35312.0	-31305.0	42526.0	-38796.0	42936.0	-39216.0	42905.0	-39216.0	32745.0	-28369.0
<b>V3</b>	Hx [kN]	1218.0	-1218.0	1226.0	-1224.0	1483.0	-1483.0	1476.0	-1475.0	1477.0	-1475.0	1218.0	-1210.0
<b>V2</b>	Hy [kN]	-9159.0	-18552.0	-10631.0	-17680.0	-12490.0	-13758.0	-13883.0	-11896.0	-14148.0	-11895.0	-9166.0	-16542.0

• pila 3 B.D.

		SLUGE01.gr3.PE	SLUGE01.gr3.PE	SLUGE01.gr3.PE	SLUGE01.gr3.PE	SLUGE02.PE	SLUGE02.MO	SLUGE02.MO	SLUGE02.PE	SLUGE01.gr1.MO	SLUGE01.gr1.MO	SLUGE01.gr3.MO	SLUGE01.gr3.MO
<b>P</b>	N [kN]	58542.0	58552.0	56914.0	56866.0	60522.0	55134.0	62038.0	53486.0	59136.0	58956.0	53479.0	64184.0
<b>M3</b>	Mx [kNm]	121080.0	-115588.0	126665.0	-121495.0	6676.0	-4389.0	7354.0	-2394.0	17483.0	-12072.0	82919.0	-77879.0
<b>M2</b>	My [kNm]	54936.0	-49249.0	53890.0	-50342.0	68063.0	-63052.0	69257.0	-63775.0	58173.0	-50937.0	52111.0	-45260.0
<b>V3</b>	Hx [kN]	1722.0	-1722.0	1717.0	-1728.0	2135.0	-2135.0	2121.0	-2121.0	1794.0	-1789.0	1722.0	-1721.0
<b>V2</b>	Hy [kN]	7546.0	-8177.0	7065.0	-7661.0	-212.0	-610.0	-157.0	-428.0	-3533.0	2934.0	2192.0	-2810.0

Per l'analisi delle pile è stata definita la geometria rappresentata nella figura successiva.





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	18 di 29

in cui:

- $D$  = diametro del pozzo di fondazione = 10.0m (per la pila 1); 15.0m (per la pila 2 e 3);
- $h_p$  = spessore del plinto di fondazione = 4.0m (per la pila 1); 0.0m (per la pila 2 e 3);
- $h$  = profondità del pozzo di fondazione = 10.0m (per la pila 1); 15.0m (per la pila 2 e 3).

Di seguito si riportano le verifiche di capacità portante dei pozzi 1, 2 e 3 del B.D. relative alle combinazioni che minimizzano il coefficiente di sicurezza.

Gli elevati valori dei coefficienti di sicurezza alla capacità portante dipendono dalle elevate dimensioni dei pozzi. Tali dimensioni sono tali da garantire valori di rigidezza complessiva del sistema fondazione-pila-appoggio non inferiori ad un valore minimo assunto in fase di progetto. Qualora si decidesse di utilizzare il giunto di binario, e quindi aumentare la rigidezza fondazione-pila-appoggio, si potrebbe pensare di ridurre le dimensioni delle fondazioni adottando fondazioni superficiali dirette.

Non sono state invece effettuate le analisi per i pozzi immersi in roccia (pila 4 B.D. e pila 3 B.P.) per i quali le verifiche risultano, date le elevate caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso, sicuramente soddisfatte.



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	19 di 29

## 6.1 Capacità portante: pila 1 B.D.

### DATI DI INPUT:

#### Caratteristiche geometriche del pozzo

D = diametro del pozzo di fondazione =	10.00	(m)
hp = spessore del plinto di fondazione =	4.00	(m)
h = profondità del pozzo di fondazione =	10.00	(m)
A <sub>b</sub> = Area di base ( $\pi D^2/4$ ) =	78.54	(m <sup>2</sup> )
J <sub>p</sub> = Momento di inerzia ( $\pi D^4/64$ ) =	490.87	(m <sup>4</sup> )
W <sub>p</sub> = Modulo di resistenza ( $\pi D^3/32$ ) =	98.17	(m <sup>3</sup> )

#### Parametri geotecnici

##### Terreno al contorno del fusto

condizioni  drenate  non drenate

			Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		20.00	20.00
coesione efficace	c' (kPa)		0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	$\varphi'$ (°)		35.00	35.00

##### Terreno di base

condizioni  drenate  non drenate

			Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		20.00	20.00
coesione efficace	c' (kPa)		0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	$\varphi'$ (°)		35.00	35.00

#### profondità della falda

z <sub>w</sub> = profondità della falda =	5.00	(m)
---	------	-----

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	22476.16		22476.2
Mx [kNm]	32394.52		32394.5
My [kNm]	13644.19		13644.2
Hx [kN]	570.18		570.2
Hy [kN]	1309.94		1309.9

**Dimensioni in pianta del plinto di fondazione**

$h_p = 4.00 \text{ (m)}$

$A_p = 78.54 \text{ (m)}$

$P_{\text{plinto}} = 7853.98 \text{ (kN)}$

**Sollecitazioni massime agenti alla testa del pozzo:**

$N_t = N + P_{\text{plinto}} = 30330.14 \text{ (kN)}$

$H_t = (H_x^2 + H_y^2)^{0.5} = 1428.65 \text{ (kN)}$

$M_t = (M_{xx}^2 + M_{yy}^2)^{0.5} = 39483.87 \text{ (kNm)}$

dove:

$M_{xx} = M_x + H_y \cdot h_p$

$M_{yy} = M_y + H_x \cdot h_p$

$e = M_t / N_t \text{ (eccentricità)} = 1.30 \text{ (m)} \text{ (riferita alla testa del pozzo)}$

$h_1 \text{ (quota di applicazione } H_t) = 27.64 \text{ (m)}$   
 $(h_1 = M_t / H_t)$

$q \text{ (somma di } h \text{ e di } h_1) = 37.64 \text{ (m)}$

**Capacità portante limite**

$$q_{lim} = c \cdot N_{csc} + q \cdot N_{qsq} + 0,5 \gamma \cdot B \cdot N \cdot \gamma \cdot s \cdot \gamma$$

$$q_{lim} = c_u \cdot N_{csc} + q$$

$$q = 230.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N_q = 33.30 \quad (-)$$

$$N_c = 46.12 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 48.03 \quad (-)$$

$$sc = 1 + (B/L) \cdot (N_q/N_c)$$

$$sq = 1 + (B/L) \cdot \tan(j)$$

$$s\gamma = 1 - 0,4 \cdot (B/L)$$

$$DC = 2(R - e)$$

$$AB = \sqrt{R^2 - e^2}$$

$$\frac{AB}{CD} = \frac{L^*}{B^*}$$

$$h' = R - e$$

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left( R^2 \cos^{-1} \left( \frac{R - h'}{R} \right) - (R - h') \sqrt{2Rh' - h'^2} \right)$$

$$e = 0.71 \quad (\text{m})$$

$$h' = 4.29 \quad (\text{m})$$

$$A^* = 64.34 \quad (\text{m}^2)$$

$$L^* = 8.62 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 7.47 \quad (\text{m})$$

$$B^*/L^* = 0.87 \quad (\text{m})$$

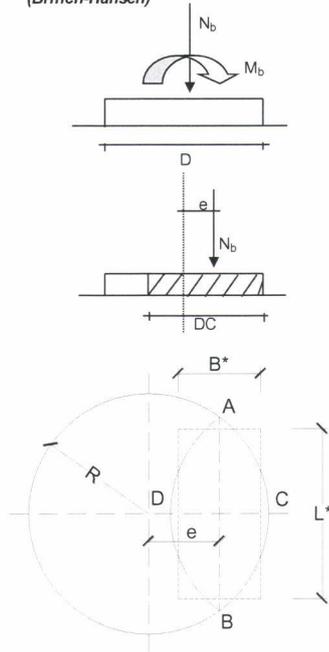
$$sc = 1.625 \quad (-)$$

$$sq = 1.607 \quad (-)$$

$$s\gamma = 0.653 \quad (-)$$

$$q_{lim} = 13475.58 \quad (\text{kN/m}^2)$$

(Brinch-Hansen)


**Sforzo Verticale limite nel terreno**

$$N_{lim} = q_{lim} \cdot A^*$$

$$N_{lim} = 867081.12 \quad (\text{kN})$$

**Sforzo Verticale massimo nel terreno**

$$N_b - N_w = 46038.10 \quad (\text{kN})$$

**Coefficiente di Sicurezza**

$$F_s = N_{lim} / (N_b - N_w)$$

$$F_s = 18.83 \geq 2.3 = \gamma_R$$

## 6.2 Capacità portante: pila 2 B.D.

### DATI DI INPUT:

#### Caratteristiche geometriche del pozzo

D = diametro del pozzo di fondazione	=	15.00	(m)
hp = spessore del plinto di fondazione	=	0.00	(m)
h = profondità del pozzo di fondazione	=	15.00	(m)
A <sub>b</sub> = Area di base ( $\pi D^2/4$ )	=	176.71	(m <sup>2</sup> )
J <sub>p</sub> = Momento di inerzia ( $\pi D^4/64$ )	=	2485.05	(m <sup>4</sup> )
W <sub>p</sub> = Modulo di resistenza ( $\pi D^3/32$ )	=	331.34	(m <sup>3</sup> )

#### Parametri geotecnici

##### Terreno al contorno del fusto

condizioni  drenate  non drenate

			Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		20.00	20.00
coesione efficace	c' (kPa)		0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	$\varphi'$ (°)		35.00	35.00

##### Terreno di base

condizioni  drenate  non drenate

			Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		20.00	20.00
coesione efficace	c' (kPa)		0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	$\varphi'$ (°)		35.00	35.00

##### profondità della falda

z <sub>w</sub> = profondità della falda	=	5.00	(m)
---	---	------	-----

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	39425.7		39425.7
Mx [kNm]	-139243.0		-139243.0
My [kNm]	-31305.8		-31305.8
Hx [kN]	-1224.8		-1224.8
Hy [kN]	-17680.3		-17680.3

**Dimensioni in pianta del plinto di fondazione**

hp = 0.00 (m)

Ap = 176.71 (m)

Pplinto = 0.00 (kN)

**Sollecitazioni massime agenti alla testa del pozzo:**

$N_t = N + P_{plinto} = 39425.69$  (kN)

$H_t = (H_x^2 + H_y^2)^{0.5} = 17722.67$  (kN)

$M_t = (M_{xx}^2 + M_{yy}^2)^{0.5} = 142718.88$  (kNm)

dove:

$M_{xx} = M_x + H_y \cdot h_p$

$M_{yy} = M_y + H_x \cdot h_p$

$e = M_t / N_t$  (eccentricità) = 3.62 (m) (riferita alla testa del pozzo)

$h_1$  (quota di applicazione  $H_t$ ) = 8.05 (m)  
 ( $h_1 = M_t / H_t$ )

q (somma di h e di  $h_1$ ) = 23.05 (m)

**Capacità portante limite**

$$q_{lim} = c'N_{csc} + qN_{qsq} + 0,5\gamma BN_{\gamma} s_{\gamma}$$

$$q_{lim} = c_u N_c sc + q$$

$$q = 200.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N_q = 33.30 \quad (-)$$

$$N_c = 46.12 \quad (-)$$

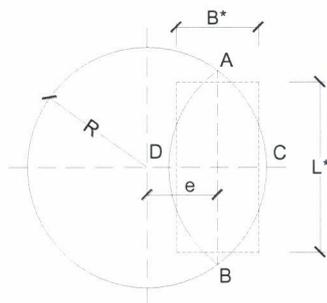
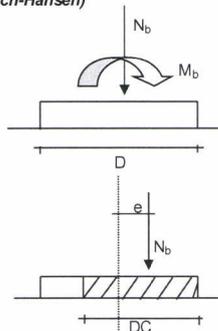
$$N_{\gamma} = 48.03 \quad (-)$$

$$sc = 1 + (B/L) \cdot (N_q/N_c)$$

$$sq = 1 + (B/L) \cdot \text{tang}(j')$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0,4 \cdot (B/L)$$

(Brinch-Hansen)



$$DC = 2(R - e)$$

$$AB = \sqrt{R^2 - e^2}$$

$$\frac{AB}{CD} = \frac{L^*}{B^*}$$

$$h' = R - e$$

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left( R^2 \cos^{-1} \left( \frac{R - h'}{R} \right) - (R - h') \sqrt{2Rh' - h'^2} \right)$$

$$e = 1.93 \quad (\text{m})$$

$$h' = 5.57 \quad (\text{m})$$

$$A^* = 119.37 \quad (\text{m}^2)$$

$$L^* = 12.47 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 9.58 \quad (\text{m})$$

$$B^*/L^* = 0.77 \quad (\text{m})$$

$$sc = 1.555 \quad (-)$$

$$sq = 1.538 \quad (-)$$

$$s_{\gamma} = 0.693 \quad (-)$$

$$q_{lim} = 11834.20 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Sforzo Verticale limite nel terreno**

$$N_{lim} = q_{lim} \cdot A^*$$

$$N_{lim} = 1412631.36 \quad (\text{kN})$$

**Sforzo Verticale massimo nel terreno**

$$N_b - N_w = 88022.20 \quad (\text{kN})$$

**Coefficiente di Sicurezza**

$$F_s = N_{lim} / (N_b - N_w)$$

$$F_s = 16.05 \geq 2.3 = \gamma_R$$



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
 CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	25 di 29

### 6.3 Capacità portante: pila 3 B.D.

#### DATI DI INPUT:

##### Caratteristiche geometriche del pozzo

D = diametro del pozzo di fondazione =	15.00	(m)
hp = spessore del plinto di fondazione =	0.00	(m)
h = profondità del pozzo di fondazione =	15.00	(m)
$A_b$ = Area di base ( $\pi D^2/4$ ) =	176.71	(m <sup>2</sup> )
$J_p$ = Momento di inerzia ( $\pi D^4/64$ ) =	2485.05	(m <sup>4</sup> )
$W_p$ = Modulo di resistenza ( $\pi D^3/32$ ) =	331.34	(m <sup>3</sup> )

##### Parametri geotecnici

##### Terreno al contorno del fusto

condizioni  drenate  non drenate

		Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	20.00
coesione efficace	$c'$ (kPa)	0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	$\varphi'$ (°)	35.00	35.00

##### Terreno di base

condizioni  drenate  non drenate

		Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	20.00
coesione efficace	$c'$ (kPa)	0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	$\varphi'$ (°)	35.00	35.00

##### profondità della falda

$z_w$ = profondità della falda =	5.00	(m)
----------------------------------	------	-----

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	56914.88		56914.88
Mx [kNm]	126665.36		126665.36
My [kNm]	53890.87		53890.87
Hx [kN]	1717.49		1717.49
Hy [kN]	7065.84		7065.84

**Dimensioni in pianta del plinto di fondazione**

$h_p = 0.00 \text{ (m)}$

$A_p = 176.71 \text{ (m)}$

$P_{plinto} = 0.00 \text{ (kN)}$

**Sollecitazioni massime agenti alla testa del pozzo:**

$N_t = N + P_{plinto} = 56914.88 \text{ (kN)}$

$H_t = (H_x^2 + H_y^2)^{0.5} = 7271.58 \text{ (kN)}$

$M_t = (M_{xx}^2 + M_{yy}^2)^{0.5} = 137652.96 \text{ (kNm)}$

dove:

$M_{xx} = M_x + H_y * h_p$

$M_{yy} = M_y + H_x * h_p$

$e = M_t / N_t \text{ (eccentricità)} = 2.42 \text{ (m)} \text{ (riferita alla testa del pozzo)}$

$h_1 \text{ (quota di applicazione } H_t) = 18.93 \text{ (m)}$   
(  $h_1 = M_t / H_t$  )

$q \text{ (somma di } h \text{ e di } h_1) = 33.93 \text{ (m)}$

**Capacità portante limite**

$$q_{lim} = c \cdot N_{csc} + q N_{qsq} + 0,5 \gamma B N \gamma s \gamma$$

$$q_{lim} = c_u N_{csc} + q$$

$$q = 200.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N_q = 33.30 \quad (-)$$

$$N_c = 46.12 \quad (-)$$

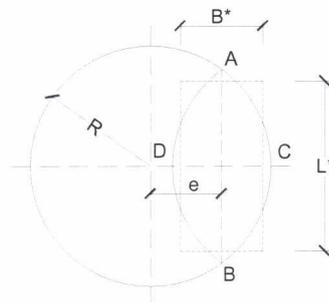
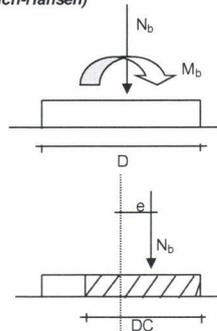
$$N_\gamma = 48.03 \quad (-)$$

$$sc = 1 + (B/L) \cdot (N_q/N_c)$$

$$sq = 1 + (B/L) \cdot \tan(j')$$

$$s\gamma = 1 - 0,4 \cdot (B/L)$$

(Brinch-Hansen)



$$DC = 2(R - e)$$

$$AB = \sqrt{R^2 - e^2}$$

$$\frac{AB}{CD} = \frac{L^*}{B^*}$$

$$h' = R - e$$

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left( R^2 \cos^{-1} \left( \frac{R-h'}{R} \right) - (R-h') \sqrt{2Rh' - h'^2} \right)$$

$$e = 1.09 \quad (\text{m})$$

$$h' = 6.41 \quad (\text{m})$$

$$A^* = 144.11 \quad (\text{m}^2)$$

$$L^* = 12.92 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 11.16 \quad (\text{m})$$

$$B^*/L^* = 0.86 \quad (\text{m})$$

$$sc = 1.624 \quad (-)$$

$$sq = 1.605 \quad (-)$$

$$s\gamma = 0.654 \quad (-)$$

$$q_{lim} = 12440.39 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Sforzo Verticale limite nel terreno**

$$N_{lim} = q_{lim} \cdot A^*$$

$$N_{lim} = 1792807.00 \quad (\text{kN})$$

**Sforzo Verticale massimo nel terreno**

$$N_b - N_w = 105511.39 \quad (\text{kN})$$

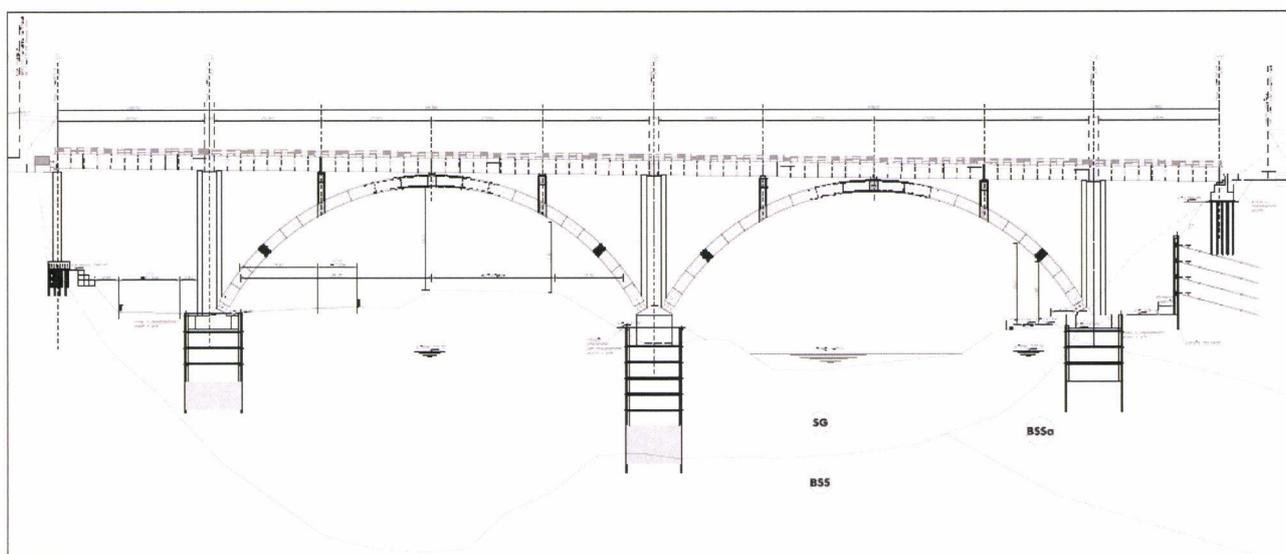
**Coefficiente di Sicurezza**

$$F_s = N_{lim} / (N_b - N_w)$$

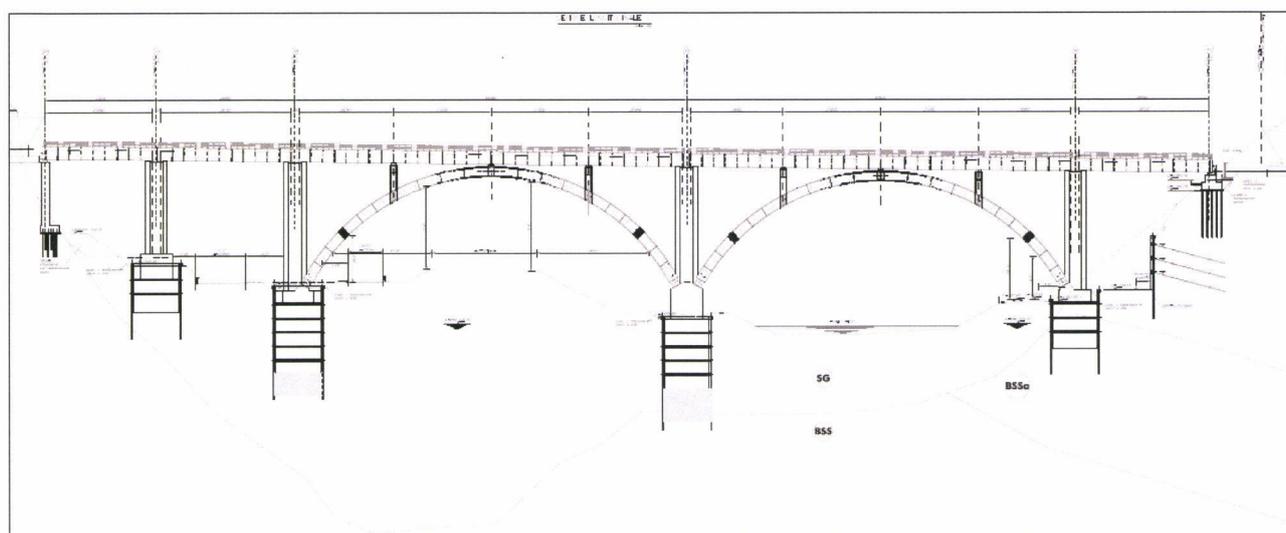
$$F_s = 16.99 \geq 2.3 = \gamma_R$$

## 7 VERIFICA DI SOLLEVAMENTO

La verifica al sollevamento del fondo scavo viene eseguita secondo lo stato limite ultimo (GEO) approccio 1 combinazione 2 (A2 + M2 + R2). La verifica viene svolta solo per i pozzi immersi nei depositi sabbiosi-ghiaiosi. In particolare, si riporta la verifica relativa al pozzo della pila 2 B.D. in corrispondenza del quale risulta un valore maggiore della sottospinta idraulica rispetto al pozzo della pila 1 B.P.



**Fig. 7.1. Fondazioni B.P.**



**Fig. 7.2. Fondazioni B.D.**



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO PORTANZA POZZI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 006	A	29 di 29

Nel calcolo sia la sottospinta idraulica che la reazione media passiva sono state ottenute mediante un modello in Paratie 7.0 utilizzato per la progettazione delle opere provvisorie del pozzo stesso. In particolare, a vantaggio di sicurezza, per tener conto dell'interazione micropalo/jet grouting e della presenza di pressione interstiziale, cautelativamente è stato considerato solo una percentuale ridotta (30%) della reazione verticale dovuta all'attrito terreno/paratia.

### Verifica sollevamento tappo di fondo

$\gamma_{jet}$	22	kN/m <sup>3</sup>	peso proprio jet
$h_{jet}$	5	m	altezza tappo di fondo
$\varphi$	35	°	angolo di attrito terreno
$\gamma_{M2}$	1.25		
$\varphi_{M2}$	29.3	°	angolo di attrito terreno ridotto
$\delta$	0.56		coefficiente attrito terreno/paratia
R	181.6	kPa	reazione media spinta passiva
$R_1 = 0.3 * R * \delta$	30.5	kPa	30% della reazione verticale per attrito
$S_w$	100.9	kPa	spinta dell'acqua
$\gamma_{sfav}$	1.1		moltiplicatore carichi sfavorevoli
$\gamma_{fav}$	0.9		moltiplicatore carichi favorevoli
L1		m	lato scatola
L2		m	lato scatola
A	115.00	m <sup>2</sup>	area pozzo
P	38.20	m	perimetro scatola

### Contributi

$pp_{jet} = \gamma_{jet} * h_{jet} * (A) =$	11385	kN
$R_{attr} = R_1 * (P) * h_{jet} =$	5242.6	kN
$S_{w,tot} = S_w * A =$	10443	kN
$F_s = (pp_{jet} + R_{attr}) / S_{w,tot} =$	1.59	> 1.1