C.S. ING. società di ingegneria

SEDE LEGALE: C.so Italia n° 6 - 15076 - Ovada (AL)
SEDE OPERATIVA: Piazza V. Emanuele II, 8 - 27050 Cervesina (PV)
Tel/Fax 0383 75987 info@csingsrl.it csing@dataconsultsrl.legalmail.it

CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA
COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE
PIAZZA MAZZINI, 46
16038 SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)



PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO
NUOVA ELISUPERFICIE DA REALIZZARE ALLA RADICE DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE.

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Arch. Giuseppe Manca

IL TECNICO
Ing. Daniele Barbera

Dott. Geol. Andrea Silvio Basso

01_06 RELAZIONE_GEOTECNICA

Rev.	Data:	Descrizione revisione	Eseguito:	Controllato:	Approvato:
01	16/02/2021	MODIFICA STRATIGRAFIA - INERIMENTO SCOGLIERA	A.S.B	A.S.B.	D.B.

Santa Margherita Ligure, Novembre 2020

INDICE

1 INTRODUZIONE 2

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 2

3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO 3

4 GENERALITA' SULLE VERIFICHE 4

5 VERIFICHE 6

5.1 RICHIAMI TEORICI 6
5.2 DATI DI INPUT 9
5.3 RISULTATI 16
5.4 DICHIARAZIONI SECONDO NTC 2018 34

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

1 INTRODUZIONE

Il sottoscritto Dott. Geol. Andrea Basso è stato incaricato daC.S. ING. SRL di condurre le specifiche ***verifiche geotecniche agli stati limite e di esercizio*** ai sensi del D.M. 14.01.2008 "*Testo Unico – Norme per le Costruzioni*" e del Decreto 17.01.2018 "*Aggiornamento delle Norme Tecniche per Costruzione*" a supporto del progetto di realizzazione nuova elisuperficie nel porto del Comune di Santa Margherita Ligure (GE).

Sulla base delle informazioni fornite dai progettisti dell'opera, è prevista la messa in opera di una piattaforma a platea di forma circolare con diametro pari a 36 metri, superficie pari a circa 1.018 m² e spessore di 0,35 metri. In ogni caso si rimanda ai progettisti delle strutture per maggiori dettagli.

Nel presente lavoro si fa specifico riferimento alla "*Relazione Geologica*" redatta dal Dott. Geol. Marco Daguati del 29/12/2017 ed ai dati sui carichi agenti sulle fondazioni forniti da C.S. ING. SRL

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 14.01.2008 "Testo Unico – Norme per le Costruzioni" e Decreto 17.01.2018 "*Aggiornamento delle Norme Tecniche per Costruzione*";
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2208. Circolare 2 Febbraio 2009";
- D.M.LL.PP 11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Eurocodice 8 – Parte 1 (EN 1998-1) e Parte 5 (EN 1998-5);
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali – UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002) – UNI;
- Ordinanze PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", All. 1-2-4;
- Ordinanza n. 3316 del 2 ottobre 2003; "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003";
- OPCM 3 maggio 2005, "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche" (Ordinanza n. 3431) – (G.U. n. 107 del 10 maggio 2005 – Suppl. Ord. n. 85);

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO

Il calcolo dei valori caratteristici dei parametri geotecnici necessita di avere a disposizione un certo numero di dati ottenuti attraverso prove in situ o di laboratorio. Infatti, il valore caratteristico di un parametro rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove eseguite nell'ambito del volume significativo. Nel caso in esame, i valori caratteristici dei parametri sono stati valutati sulla base della "*Relazione Geologica*" redatta dal Dott. Geol. Marco Daguati nel dicembre 2017; l'indagine geologica eseguita aveva compreso l'esecuzione di n. 3 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove in foro (prove SPT e prove di permeabilità) nonché il prelievo di alcuni campioni di terreno e roccia sottoposti a prove di laboratorio. Il modello geologico dell'area, ottenuto dall'interpretazione della sopra descritta indagine, è costituito dai seguenti orizzonti:

Profondità (m da p.c.)	**ORIZZONTE**	**DESCRIZIONE**
Da 0,00 a 0,70 - 3,00	***R***	*RIPORTO GROSSOLANO*
Da 0,70/3,00 a 2,50/9,50	***A***	G*HIAIA CON CIOTTOLI LIMOSO-SABBIOSA* ***da addensata a molto addensata***
Da 2,50/9,50 a 9,00/10,50	***B***	ARGILLITI E MARNE MOLTO FRATTURATE
Da 9,00/10,50 a 15,00	***C***	ARGILLITI, MARNE E MARNE CALCAREE

Il progetto prevede tuttavia il posizionamento, al di sotto dell'elisuperficie, di una massicciata di spessore pari a 3 metri costituita da grandi massi rocciosi adeguatamente posizionati e compattati tra loro a sostituzione di quanto attualmente presente in sito.

I valori caratteristici dei parametri geotecnici utili per l'esecuzione delle verifiche agli stati ultimi e di esercizio, considerando anche l'orizzonte costituito dalla massicciata, sono i seguenti (da "Relazione Geologica" del dicembre 2017):

ORIZZONTE	Peso di volume naturale **γ'** (kN/mc)	Peso di volume saturo **γsat** (kN/mc)	Angolo d'attrito **φ'** (gradi)	Coesione non drenata **Cu** (Kg/cmq)	Modulo edometrico (Kg/cmq)
R	**20,0**	**23,5**	**50**	**0**	**1000**
A2	19,0	20,0	34	0	250
B1	19,0	21,0	34	0	400
B2	21,0	21,5	29,5	1	500

I valori di progetto dei parametri da adottare nel calcolo per le verifiche si ottengono dividendo i valori caratteristici sopra indicati per un coefficiente riduttivo parziale diverso a seconda dell'approccio utilizzato secondo la seguente tabella 6.2.II (DM 17/01/18):

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Tabella 6.2.II – *Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

4 GENERALITA' SULLE VERIFICHE

Le azioni agenti sulla fondazione a platea circolare in progetto sono state fornite da C.S. ING. SRL e sono riportate nel paragrafo 5.2.4. Le verifiche sono state condotte in accordo con il Decreto 17 gennaio 2018 considerando separatamente le seguenti combinazioni delle azioni (paragrafo 2.5.3 NTC2018):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
  $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:
  $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:
  $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$ [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:
  $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$ [2.5.6]

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

$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$. [2.5.7]

I valori dei coefficienti γ_{Gi} e γ_{Qi} sono riportati in tabella 6.2.I (Decreto 17/01/18):

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Tab. 6.2.I – *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni*

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 (1)	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Le azioni variabili Q_{kj} vengono combinate con i coefficienti di combinazione ψ_{0j}, ψ_{1j} e ψ_{2j}, i cui valori sono forniti in Tab. 2.5.I (Decreto 17/01/18):

Tab. 2.5.I – *Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Per quanto riguarda i valori delle resistenze essi devono essere ridotti utilizzando i coefficienti della seguente tabella 6.4.I (Decreto 17/01/18):

Tab. 6.4.I – *Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali*

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

5 VERIFICHE

Le verifiche sono state eseguite utilizzando il software CARL 14 della Aztec Informatica. Di seguito si riportano i dettagli delle metodologie utilizzate dal programma e dei risultati delle verifiche. Tutte le verifiche effettuate con CARL 14 sono risultate ***soddisfatte***.

5.1 RICHIAMI TEORICI

5.1.1 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi sul terreno di fondazione deve essere superiore a h_q. Cioè, detto Q_u, il carico limite ed *R* la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$Q_u / R >= \eta_q$$

Paolucci-Pecker ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = (cN_c s_c + qN_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma) \nu_h \nu_e \nu_i$$

La simbologia adottata è la seguente:

c coesione del terreno in fondazione;
ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
γ peso di volume del terreno in fondazione;
B larghezza della fondazione;
D profondità del piano di posa;
q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di capacità portante	$N_c = (N_q - 1)ctg\phi$	$N_q = e^{2(0.75\pi-\phi/2)tg(\phi)} / (2 \cos^2(45 + \phi/2))$	$N_\gamma = (tg\phi\ K_{p\gamma}) / (2 \cos^2\phi)$
Fattori di forma	$s_c = 1 + 0.2\ K_p\ B/L$	$s_q = 1 + 0.1\ K_p\ B/L$	$s_\gamma = s_q$

I fattori di forma s_c e s_g che compaiono nella espressione di q_u dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate.
Il termine K_{pg} che compare nell'espressione di N_g non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_g l'espressione proposta da Vesic

$$N_\gamma = 2(N_q - 1)tg\phi$$

Con i seguenti coefficienti
forza orizzontale $\nu_h = (1 - T/(0.85\ N))^3$
eccentricità del carico $\nu_e = (1 - e/(0.50\ B))^{1.8}$
inerzia del terreno $\nu_i = (1 - k_h/tan\phi)^{0.35}$

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Per tenere conto del sisma, si può ridurre l'angolo d'attrito del terreno secondo il criterio di Vesic. Il valore che propone Vesic è $d\phi = 2{,}00°$. Questo valore può però variare in funzione dell'esperienza.

5.1.2 Verifica allo scorrimento

Per la verifica a scorrimento lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere la fondazione deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere la fondazione F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s

$$\frac{F_r}{F_s} >= \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.
La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta *N* la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \, tg \, \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle della fondazione. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 30 percento.
Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f, diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

5.1.3 Cedimenti della fondazione - Metodo edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20.
L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.
Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$\Delta\sigma$ è la tensione indotta nel terreno, alla profondità z, dalla pressione di contatto della fondazione;
E_{ed} è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato i-esimo;

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Δz rappresenta lo spessore dello strato i-esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

5.1.4 Calcolo delle tensioni indotte - Metodo di Boussinesq

Il metodo di Boussinesq considera il terreno come un mezzo omogeneo elastico ed isotropo. Dato un carico concentrato *Q*, applicato in superficie, la relazione di Boussinesq fornisce la seguente espressione della tensione verticale indotta in un punto *P(x,y,z)* posto alla profondità *z*:

$$q_v = \frac{3Qz^3}{2\pi R^5}$$

dove: $R = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$;
Per ottenere la pressione indotta da un carico distribuito occorre integrare tale espressione su tutta l'area di carico, considerando il carico *Q* come un carico infinitesimo agente su una areola *dA*. L'integrazione analitica di questa espressione si presenta estremamente complessa specialmente nel caso di carichi distribuiti in modo non uniforme. Pertanto si ricorre a metodi di soluzione numerica. Dato il carico agente sulla fondazione, si calcola il diagramma delle pressioni indotto sul piano di posa della fondazione. Si divide l'area di carico in un elevato numero di areole rettangolari a ciascuna delle quali compete un carico *dQ*: la tensione indotta in un punto P(x,y,z), posto alla profondità *z*, si otterrà sommando i contributi di tutte le areole di carico calcolati come nella formula di Boussinesq.

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

5.2 *DATI DI INPUT*

5.2.1 *Geometria della fondazione*

La seguente tabella descrive la tipologia di fondazione superficiale che verrà adottata per l'opera in progetto:

Descrizione	Forma	X	Y	B	L	D	α	ω
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[°]*	*[°]*
Elisuperficie	Circolare	18,00	18,00	36,00	-	0,00	0,00	0,00

dove:

B Base/Diametro della fondazione espressa in [m]
L Lunghezza della fondazione espressa in [m]
D Profondità del piano di posa in [m]
α Inclinazione del piano di posa espressa in [°]
ω Inclinazione del piano campagna espressa in [°]

5.2.2 *Descrizione terreni e falda*

5.2.2.1 *Caratteristiche fisico-meccaniche*

La seguente tabella riporta gli orizzonti geologici individuati nella "*Relazione Geologica*" redatta dal Dott. Geol. Marco Daguati del dicembre 2017 con i relativi parametri geotecnici caratteristici che sono stati utilizzati nei calcoli per le verifiche agli stati limite.

Descr	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	ca
	[kN/mc]	*[kN/mc]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*
Massicciata	20,000	23,500	50.00	33.00	0,010	0,010
Orizzonte A	19,000	20,000	34.00	22.00	0,010	0,010
Orizzonte B	19,000	21,000	34.00	22.00	0,010	0,010
Orizzonte C	21,400	21,500	29.50	19.60	2,100	1,000

dove:

γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_{sat} Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
δ Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c Coesione del terreno espressa in [kg/cmq]
ca Adesione del terreno espressa in [kg/cmq]

5.2.2.2 *Falda*

Sempre rifacendosi ai dati contenuti nella "*Relazione Geologica*" del dicembre 2017, la profondità dal piano campagna della falda è stata indicata nei calcoli cautelativamente pari a 0,00 m da piano campagna considerando che l'area si trova in riva al mare e quindi soggetta a mareggiate.

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

5.2.2.3 Caratteristiche di deformabilità

Descrizione	E_{ed}
	[kg/cmq]
Massicciata	1000,00
Orizzonte A	250,00
Orizzonte B	400,00
Orizzonte C	500,00

dove:
Descr Descrizione terreno
E_{ed} Modulo edometrico espresso in [kg/cmq]

5.2.2.4 Descrizione stratigrafia

Nelle verifiche effettuate è stata utilizzata la seguente stratigrafia sempre tratta dalla "*Relazione Geologica*" del dicembre 2017:

n°	Z1	Z2	Z3	Terreno
	[m]	*[m]*	*[m]*	
1	-3,0	-3,0	-3,0	Massicciata
2	-9,5	-9,5	-9,5	Orizzonte A
3	-10,5	-10,5	-10,5	Orizzonte B
4	-15,0	-15,0	-15,0	Orizzonte C

5.2.3 Parametri sismici

L'area in esame rientra nella **Categoria topografica T1** (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°).
Sulla base delle informazioni fornite dal progettista la Vita Nominale V_N dell'opera è stata posta pari a **100 anni**, il **Tipo di Costruzione** uguale a **2** e **Classe d'Uso IV.**
Il **Periodo di Riferimento** V_R delle azioni sismiche sulle opere in progetto è: $V_R = V_N \times C_U$ dove C_U è un coefficiente d'uso definito al variare della **Classe d'Uso**:

Classe d'Uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	**0,7**	**1,0**	**1,5**	**2,0**

Quindi $V_R = V_N \times C_U$ **= 100 x 2,0 = 200 anni (Periodo di Riferimento)**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

I parametri sismici per i vari Stati Limite riferiti all'area ubicata nel Comune di Santa Margherita Ligure e calcolati per suoli di Categoria B (da indagini sismiche – vedi "*Relazione Geologica*" redatta da Dott. Geol. Marco Daguati del dicembre 2017), sono i seguenti:

Stato Limite	Probabilità di Superamento	**Tr** (anni)	**a_g**	**Fo**	**T*C** (s)
SLO (Operatività)	81 %	120	0,050	2,545	0,259
SLD (Danno)	63 %	201	0,060	2,573	0,273
SLV (Salvaguardia Vita)	10 %	1898	0,136	2,468	0,301
SLC (Prevenzione Collasso)	5 %	2475	0,150	2,448	0,304
Periodo di Riferimento per l'azione sismica **V_R : 200 anni**					

5.2.4 *Normativa*

Le verifiche sono state effettuate ai sensi delle N.T.C. 2018. Si riportano nelle seguenti tabelle tutti i coefficienti utilizzati nelle verifiche:

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		**Sismici**	
Carichi	**Effetto**		**A1**	**A2**	**A1**	**A2**
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		**Sismici**	
Parametri		**M1**	**M2**	**M1**	**M2**
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche geotecniche:

		R1	**R2**	**R3**	**R3sism**
Capacità portante	γ_r	1.00	1.80	2.30	1.80
Scorrimento	γ_r	1.00	1.10	1.10	

5.2.5 *Condizioni di carico*

Nelle successive tabelle vengono riportate tutte le condizioni di carico agenti sulle fondazioni basate sui dati forniti dagli strutturisti delle opere in progetto. Le verifiche, sempre sulla base delle informazioni fornite dai

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

progettisti, sono state eseguite sia sulla fondazione ristrutturata della vasca esistente posta a 14 metri di profondità sia sulla vasca di nuova realizzazione posta a 8 metri di profondità (riferita al piano di calpestio di Piazza Rovagnati).

Condizione n° 1 - G1 Strutturale - PERMANENTE

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
	[kN]	*[kNm]*	*[kNm]*	*[m]*	*[m]*		*[kN]*
Elisuperficie	8908,00	0,000	0,000	0,0	0,0	90,0	0,000

Condizione n° 2 - Q1 carico concentrato verticale elicottero – VARIABILE

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
	[kN]	*[kNm]*	*[kNm]*	*[m]*	*[m]*		*[kN]*
Elisuperficie	300,00	0,00	0,00	0,0	0,0	90,0	0,000

Condizione n° 3 – Q2 carico concentrato orizzontale elicottero – VARIABILE

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
	[kN]	*[kNm]*	*[kNm]*	*[m]*	*[m]*		*[kN]*
Elisuperficie	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	90,0	60,000

Condizione n°4 – Q3 carico concentrato orizzontale elicottero – VARIABILE

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
	[kN]	*[kNm]*	*[kNm]*	*[m]*	*[m]*		*[kN]*
Elisuperficie	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	90,0	60,000

Condizione n°5 – Q4 carico accidentale verticale – VARIABILE

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
	[kN]	*[kNm]*	*[kNm]*	*[m]*	*[m]*		*[kN]*
Elisuperficie	4072,00	0,00	0,00	0,0	0,0	90,0	0,000

Condizione n°6 – Q5 neve– VARIABILE

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
	[kN]	*[kNm]*	*[kNm]*	*[m]*	*[m]*		*[kN]*
Elisuperficie	825,00	0,00	0,00	0,0	0,0	90,0	0,000

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

dove:

- i carichi verticali positivi verso il basso.
- i carichi orizzontali positivi verso sinistra.
- il momento positivo in senso antiorario.

N Sforzo normale totale espressa in [kN]
Mx Momento in direzione X espressa in [kNm]
My Momento in direzione Y espresso in [kNm]
ex Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]
ey Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]
β Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]
T Forza di taglio espressa in [kN]

5.2.6 *Descrizione combinazioni di carico*

Di seguito si riportano tutte le combinazioni di carico utilizzate nelle verifiche con i relativi coefficienti di partecipazione (γ) e combinazione (Ψ) tratti dalle NTC2018:

Combinazione n° 1 A1-M1-R3

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00

Combinazione n° 2 A1-M1-R3

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.30	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.50	1.00
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	0.70
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	0.70
Q4 carico accidentale verticale	1.50	0.70
Q5 neve	1.50	0.50

Combinazione n° 3 A1-M1-R3

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.30	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.50	0.70
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	1.00
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	0.70
Q4 carico accidentale verticale	1.50	0.70
Q5 neve	1.50	0.50

Combinazione n° 4 A1-M1-R3

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.30	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.50	0.70
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	0.70
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	1.00
Q4 carico accidentale verticale	1.50	0.70
Q5 neve	1.50	0.50

Combinazione n° 5 A1-M1-R3

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.30	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.50	0.70
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	0.70
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	0.70

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Nome	γ	Ψ
Q4 carico accidentale verticale	1.50	1.00
Q5 neve	1.50	0.50

Combinazione n° 6 A1-M1-R3

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.30	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.50	0.70
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	0.70
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.50	0.70
Q4 carico accidentale verticale	1.50	0.70
Q5 neve	1.50	1.00

Combinazione n° 7 A1-M1-R3

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.30
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.30

Combinazione n° 8 SLER

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	1.00
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.70
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.70
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.70
Q5 neve	1.00	0.50

Combinazione n° 9 SLEF

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.50
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.30

Combinazione n° 10 SLEQ

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.30
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.30

Combinazione n° 11 SLER

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.70
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	1.00
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.70
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.70
Q5 neve	1.00	0.50

Combinazione n° 12 SLEF

Nome	γ	Ψ

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.30
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.50
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.30

Combinazione n° 13 SLER

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.70
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.70
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	1.00
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.70
Q5 neve	1.00	0.50

Combinazione n° 14 SLEF

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.30
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.50
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.30

Combinazione n° 15 SLER

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.70
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.70
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.70
Q4 carico accidentale verticale	1.00	1.00
Q5 neve	1.00	0.50

Combinazione n° 16 SLEF

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.30
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.50

Combinazione n° 17 SLER

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.70
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.70
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.70
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.70
Q5 neve	1.00	1.00

Combinazione n° 18 SLEF

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.30
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.30
Q5 neve	1.00	0.20

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 19 SLEQ

Nome	γ	Ψ
G1 Strutturale	1.00	1.00
Q1 carico concentrato verticale elicottero	1.00	0.30
Q2 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q3 carico concentrato orizzontale elicottero	1.00	0.30
Q4 carico accidentale verticale	1.00	0.30

5.2.7 Opzioni di calcolo

Le verifiche sono state effettuate solo in condizioni non drenate.
Per la verifica al carico limite con il software CARL 14 della Aztec Informatica sono state adottate le seguenti impostazioni:

Metodo di calcolo della portanza: Paolucci-Pecker
Altezza del cuneo di rottura: AUTOMATICA
Criterio per il calcolo del macrostrato equivalente: MEDIA PESATA
Nel calcolo della portanza sono state richieste le seguenti opzioni:
Riduzione sismica: VESIC [2,00°];
Coefficiente correttivo su Ng per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00;
Coefficiente correttivo su Ng per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00;
Riduzione per carico eccentrico: MEYERHOF;
Meccanismo di punzonamento in presenza di falda;
Riduzione per comportamento a piastra.

Per la verifica dei Cedimenti è stato utilizzato il metodo Edometrico ed è stata impostata un'altezza dello strato compressibile pari a: 10,00 [m] ed è stato richiesto di tenere in conto della fondazione compensata.

5.3 RISULTATI

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con l'elaborazione tramite software CARL 14 della Aztec Informatica dai quali si evince che ***tutte le verifiche risultano SODDISFATTE***.

5.3.1 Verifica della portanza per carichi verticali

Nei successivi paragrafi sono riportati i dati utilizzati per la verifica della portanza:

5.3.1.1 Caratteristiche terreno e fondazione di progetto

Cmb	Fnd	H	γ	ϕ	c	G	B'	L'	Rex	Rey	Ic	Irc
		[m]	*[kN/mc]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[m]*	*[m]*				
1	1	29,23	11,5478	32.76	1,35	0,00	31,90	31,90	--	--	1.00	116.45
2	1	29,23	11,5478	32.76	1,35	0,00	31,90	31,90	--	--	1.00	116.45
3	1	29,23	11,5478	32.76	1,35	0,00	31,90	31,90	--	--	1.00	116.45
4	1	29,23	11,5478	32.76	1,35	0,00	31,90	31,90	--	--	1.00	116.45
5	1	29,23	11,5478	32.76	1,35	0,00	31,90	31,90	--	--	1.00	116.45
6	1	29,23	11,5478	32.76	1,35	0,00	31,90	31,90	--	--	1.00	116.45
7	1	29,23	11,5478	32.76	1,35	0,00	31,90	31,90	--	--	1.00	116.45

dove:
Cmb Indice della combinazione
Fnd Indice della fondazione

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

H	Altezza del cuneo di rottura, espressa in [m]
γ	Peso di volume, espressa in [kN/mc]
ϕ	Angolo di attrito, espressa in [°]
c	Coesione, espressa in [kg/cmq]
G	Modulo di taglio, espresso in [kg/cmq]
B'	Base ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($B'=B-2e_x$), espressa in [m]
L'	Lunghezza ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($L'=L-2e_y$), espressa in [m]
R_{ex}	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo X
R_{ey}	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo Y
I_R	Indice di rigidezza
I_{RC}	Indice di rigidezza critico

5.3.1.2 Fattori correttivi verifica capacità portante

Combinazione n° 1

Fattori di capacità portante	Nc = 47.07	Nq = 31.29	Nγ = 38.98
Fattori di forma	Sc = 1.30	Sq = 1.00	Sγ = 0.60
Fattori per effetto del punzonamento	Ψc = 1.00	Ψq = 1.00	Ψγ = 1.00

Combinazione n° 2

Fattori di capacità portante	Nc = 47.07	Nq = 31.29	Nγ = 38.98
Fattori di forma	Sc = 1.00	Sq = 1.00	Sγ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψc = 1.00	Ψq = 1.00	Ψγ = 1.00

Combinazione n° 3

Fattori di capacità portante	Nc = 47.07	Nq = 31.29	Nγ = 38.98
Fattori di forma	Sc = 1.00	Sq = 1.00	Sγ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψc = 1.00	Ψq = 1.00	Ψγ = 1.00

Combinazione n° 4

Fattori di capacità portante	Nc = 47.07	Nq = 31.29	Nγ = 38.98
Fattori di forma	Sc = 1.00	Sq = 1.00	Sγ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψc = 1.00	Ψq = 1.00	Ψγ = 1.00

Combinazione n° 5

Fattori di capacità portante	Nc = 47.07	Nq = 31.29	Nγ = 38.98
Fattori di forma	Sc = 1.00	Sq = 1.00	Sγ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψc = 1.00	Ψq = 1.00	Ψγ = 1.00

Combinazione n° 6

Fattori di capacità portante	Nc = 47.07	Nq = 31.29	Nγ = 38.98
Fattori di forma	Sc = 1.00	Sq = 1.00	Sγ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψc = 1.00	Ψq = 1.00	Ψγ = 1.00

Combinazione n° 7

Fattori di capacità portante	Nc = 47.07	Nq = 31.29	Nγ = 38.98
Fattori di forma	Sc = 1.00	Sq = 1.00	Sγ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψc = 1.00	Ψq = 1.00	Ψγ = 1.00

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

5.3.1.3 Dati ottenuti con la verifica

Cmb	Fnd	PF	q_u	q_d	P_u	P_d	V	η
			[kg/cmq]	*[kg/cmq]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	
1	1	NO	89,15	49,53	8899541,82	4944189,90	8908,00	555.03
2	1	NO	90,58	39,38	9042284,81	3931428,18	16924,75	232.29
3	1	NO	90,17	39,21	9001274,42	3913597,57	16789,75	233.09
4	1	NO	90,17	39,21	9001274,42	3913597,57	16789,75	233.09
5	1	NO	90,74	39,45	9057702,27	3938131,42	18622,15	211.48
6	1	NO	90,63	39,41	9046983,17	3933470,94	17408,50	225.95
7	1	NO	89,49	49,71	8932649,58	4962583,10	10219,60	485.59

dove:

Cmb Indice della combinazione
Fnd Indice della fondazione
PF Rottura per punzonamento in presenza di falda
q_u Portanza ultima, espressa in [kg/cmq]
q_d Portanza di progetto, espressa in [kg/cmq]
P_u Portanza ultima, espressa in [kN]
P_d Portanza di progetto, espressa in [kN]
V Carico ortogonale al piano di posa, espresso in [kN]
η Fattore di sicurezza a carico limite ($\eta=P_d/V$)

5.3.2 Verifica allo scorrimento

Cmb	Fnd	R_{ult1}	R_{ult2}	R	R_{amm}	H	η
		[kN]	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	
1	1	6783,13	0,00	6783,13	6166,49	0,00	100.00
2	1	11989,27	0,00	11989,27	10899,34	89,10	122.33
3	1	11901,60	0,00	11901,60	10819,64	109,86	98.49
4	1	11901,60	0,00	11901,60	10819,64	109,86	98.49
5	1	13091,58	0,00	13091,58	11901,43	89,10	133.58
6	1	12303,42	0,00	12303,42	11184,93	89,10	125.54
7	1	7634,90	0,00	7634,90	6940,82	25,46	272.66

dove:

Cmb Identificativo della combinazione
R_{ult1} Resistenza offerta dal piano di posa per attrito ed adesione espressa in [kN]
R_{ult2} Resistenza passiva offerta dall'affondamento del piano di posa espressa in [kN]
R_{ult3} Resistenza offerta dalle superfici laterali espressa in [kN]
R Somma di R_{ult1} e R_{ult2}
R_d Resistenza di progetto allo scorrimento espressa in [kN]
H Forza di taglio agente al piano di posa espresso in [kN]
η Coeff. di sicurezza allo scorrimento ($\eta=Rd/H$)

5.3.3 Cedimenti

5.3.3.1 Cedimento complessivo

cmb	w_f	H	X	Y
	[cm]	*[m]*	*[m]*	*[m]*
8	0,36	10,00	18,00	18,00
8	0,09	10,00	2,05	2,05
8	0,09	10,00	33,95	2,05
8	0,09	10,00	33,95	33,95
8	0,09	10,00	2,05	33,95

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

cmb	w_f	H	X	Y
	[cm]	*[m]*	*[m]*	*[m]*
9	0,30	10,00	18,00	18,00
9	0,08	10,00	2,05	2,05
9	0,08	10,00	33,95	2,05
9	0,08	10,00	33,95	33,95
9	0,08	10,00	2,05	33,95
10	0,30	10,00	18,00	18,00
10	0,08	10,00	2,05	2,05
10	0,08	10,00	33,95	2,05
10	0,08	10,00	33,95	33,95
10	0,08	10,00	2,05	33,95
11	0,36	10,00	18,00	18,00
11	0,09	10,00	2,05	2,05
11	0,09	10,00	33,95	2,05
11	0,09	10,00	33,95	33,95
11	0,09	10,00	2,05	33,95
12	0,30	10,00	18,00	18,00
12	0,08	10,00	2,05	2,05
12	0,08	10,00	33,95	2,05
12	0,08	10,00	33,95	33,95
12	0,08	10,00	2,05	33,95
13	0,36	10,00	18,00	18,00
13	0,09	10,00	2,05	2,05
13	0,09	10,00	33,95	2,05
13	0,09	10,00	33,95	33,95
13	0,09	10,00	2,05	33,95
14	0,30	10,00	18,00	18,00
14	0,08	10,00	2,05	2,05
14	0,08	10,00	33,95	2,05
14	0,08	10,00	33,95	33,95
14	0,08	10,00	2,05	33,95
15	0,39	10,00	18,00	18,00
15	0,10	10,00	2,05	2,05
15	0,10	10,00	33,95	2,05
15	0,10	10,00	33,95	33,95
15	0,10	10,00	2,05	33,95
16	0,32	10,00	18,00	18,00
16	0,08	10,00	2,05	2,05
16	0,08	10,00	33,95	2,05
16	0,08	10,00	33,95	33,95
16	0,08	10,00	2,05	33,95
17	0,37	10,00	18,00	18,00
17	0,10	10,00	2,05	2,05
17	0,10	10,00	33,95	2,05
17	0,10	10,00	33,95	33,95
17	0,10	10,00	2,05	33,95
18	0,30	10,00	18,00	18,00
18	0,08	10,00	2,05	2,05
18	0,08	10,00	33,95	2,05
18	0,08	10,00	33,95	33,95
18	0,08	10,00	2,05	33,95
19	0,30	10,00	18,00	18,00
19	0,08	10,00	2,05	2,05
19	0,08	10,00	33,95	2,05
19	0,08	10,00	33,95	33,95
19	0,08	10,00	2,05	33,95

Simbologia adottata

cmb	Identificativo della combinazione
w_f	cedimento finale espresso in [cm]
H	spessore strato compressibile espresso in [m]
X	coordinata X punto di calcolo cedimento espressa in [m]
Y	coordinata Y punto di calcolo cedimento espressa in [m]

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

5.3.3.2 Cedimento dei singoli strati

Simbologia adottata

Strato	Identificativo dello strato
Terreno	Terreno dello strato
ΔH	Spessore dello strato espresso in [m]
Δw	Cedimento dello strato espresso in [cm]

Combinazione n° 8 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0374
2	Orizzonte A	6,50	0,3106
3	Orizzonte B	0,50	0,0138
		10,00	**0,3619**

Combinazione n° 9 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0309
2	Orizzonte A	6,50	0,2561
3	Orizzonte B	0,50	0,0114
		10,00	**0,2983**

Combinazione n° 10 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0307
2	Orizzonte A	6,50	0,2546
3	Orizzonte B	0,50	0,0113
		10,00	**0,2966**

Combinazione n° 11 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0372
2	Orizzonte A	6,50	0,3084
3	Orizzonte B	0,50	0,0137
		10,00	**0,3593**

Combinazione n° 12 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0307
2	Orizzonte A	6,50	0,2546
3	Orizzonte B	0,50	0,0113
		10,00	**0,2966**

Combinazione n° 13 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0372
2	Orizzonte A	6,50	0,3084
3	Orizzonte B	0,50	0,0137
		10,00	**0,3593**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 14 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0307
2	Orizzonte A	6,50	0,2546
3	Orizzonte B	0,50	0,0113
		10,00	**0,2966**

Combinazione n° 15 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0408
2	Orizzonte A	6,50	0,3388
3	Orizzonte B	0,50	0,0151
		10,00	**0,3948**

Combinazione n° 16 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0331
2	Orizzonte A	6,50	0,2749
3	Orizzonte B	0,50	0,0123
		10,00	**0,3202**

Combinazione n° 17 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0384
2	Orizzonte A	6,50	0,3187
3	Orizzonte B	0,50	0,0142
		10,00	**0,3713**

Combinazione n° 18 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0312
2	Orizzonte A	6,50	0,2587
3	Orizzonte B	0,50	0,0115
		10,00	**0,3014**

Combinazione n° 19 (Elisuperficie n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw
		[cm]	*[cm]*
1	Massicciata	3,00	0,0307
2	Orizzonte A	6,50	0,2546
3	Orizzonte B	0,50	0,0113
		10,00	**0,2966**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

5.3.3.3 Dettagli sui cedimenti dei singoli strati

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dell'i-esimo strato
z	quota media dell'i-esimo strato espresso in [m]
ΔH	spessore dello strato i-esimo espresso in [m]
$\Delta\sigma_v$	incremento di tensione verticale dell'i-esimo strato espresso in [kg/cmq]
E_{ed}	modulo edometrico dell'i-esimo strato espresso in [kg/cmq]
Δw	cedimento dell'i-esimo strato espresso in [cm]

Combinazione n° 8 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	$\Delta\sigma_v$	E_{ed}	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,12	1000,00	0,0025
2	-0,30	0,20	0,12	1000,00	0,0025
3	-0,50	0,20	0,12	1000,00	0,0025
4	-0,70	0,20	0,12	1000,00	0,0025
5	-0,90	0,20	0,12	1000,00	0,0025
6	-1,10	0,20	0,12	1000,00	0,0025
7	-1,30	0,20	0,12	1000,00	0,0025
8	-1,50	0,20	0,12	1000,00	0,0025
9	-1,70	0,20	0,12	1000,00	0,0025
10	-1,90	0,20	0,12	1000,00	0,0025
11	-2,10	0,20	0,12	1000,00	0,0025
12	-2,30	0,20	0,12	1000,00	0,0025
13	-2,50	0,20	0,12	1000,00	0,0025
14	-2,70	0,20	0,12	1000,00	0,0025
15	-2,90	0,20	0,12	1000,00	0,0025
16	-3,22	0,43	0,12	250,00	0,0215
17	-3,65	0,43	0,12	250,00	0,0215
18	-4,08	0,43	0,12	250,00	0,0214
19	-4,52	0,43	0,12	250,00	0,0213
20	-4,95	0,43	0,12	250,00	0,0212
21	-5,38	0,43	0,12	250,00	0,0211
22	-5,82	0,43	0,12	250,00	0,0210
23	-6,25	0,43	0,12	250,00	0,0208
24	-6,68	0,43	0,12	250,00	0,0207
25	-7,12	0,43	0,12	250,00	0,0205
26	-7,55	0,43	0,12	250,00	0,0203
27	-7,98	0,43	0,12	250,00	0,0201
28	-8,42	0,43	0,11	250,00	0,0199
29	-8,85	0,43	0,11	250,00	0,0197
30	-9,28	0,43	0,11	250,00	0,0195
31	-9,52	0,03	0,11	400,00	0,0009
32	-9,55	0,03	0,11	400,00	0,0009
33	-9,58	0,03	0,11	400,00	0,0009
34	-9,62	0,03	0,11	400,00	0,0009
35	-9,65	0,03	0,11	400,00	0,0009
36	-9,68	0,03	0,11	400,00	0,0009
37	-9,72	0,03	0,11	400,00	0,0009
38	-9,75	0,03	0,11	400,00	0,0009
39	-9,78	0,03	0,11	400,00	0,0009
40	-9,82	0,03	0,11	400,00	0,0009
41	-9,85	0,03	0,11	400,00	0,0009
42	-9,88	0,03	0,11	400,00	0,0009
43	-9,92	0,03	0,11	400,00	0,0009
44	-9,95	0,03	0,11	400,00	0,0009
45	-9,98	0,03	0,11	400,00	0,0009
		10,00			**0,3619**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 9 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,10	1000,00	0,0021
2	-0,30	0,20	0,10	1000,00	0,0021
3	-0,50	0,20	0,10	1000,00	0,0021
4	-0,70	0,20	0,10	1000,00	0,0021
5	-0,90	0,20	0,10	1000,00	0,0021
6	-1,10	0,20	0,10	1000,00	0,0021
7	-1,30	0,20	0,10	1000,00	0,0021
8	-1,50	0,20	0,10	1000,00	0,0021
9	-1,70	0,20	0,10	1000,00	0,0021
10	-1,90	0,20	0,10	1000,00	0,0021
11	-2,10	0,20	0,10	1000,00	0,0021
12	-2,30	0,20	0,10	1000,00	0,0021
13	-2,50	0,20	0,10	1000,00	0,0021
14	-2,70	0,20	0,10	1000,00	0,0021
15	-2,90	0,20	0,10	1000,00	0,0021
16	-3,22	0,43	0,10	250,00	0,0177
17	-3,65	0,43	0,10	250,00	0,0177
18	-4,08	0,43	0,10	250,00	0,0176
19	-4,52	0,43	0,10	250,00	0,0176
20	-4,95	0,43	0,10	250,00	0,0175
21	-5,38	0,43	0,10	250,00	0,0174
22	-5,82	0,43	0,10	250,00	0,0173
23	-6,25	0,43	0,10	250,00	0,0172
24	-6,68	0,43	0,10	250,00	0,0171
25	-7,12	0,43	0,10	250,00	0,0169
26	-7,55	0,43	0,10	250,00	0,0168
27	-7,98	0,43	0,10	250,00	0,0166
28	-8,42	0,43	0,09	250,00	0,0164
29	-8,85	0,43	0,09	250,00	0,0162
30	-9,28	0,43	0,09	250,00	0,0160
31	-9,52	0,03	0,09	400,00	0,0008
32	-9,55	0,03	0,09	400,00	0,0008
33	-9,58	0,03	0,09	400,00	0,0008
34	-9,62	0,03	0,09	400,00	0,0008
35	-9,65	0,03	0,09	400,00	0,0008
36	-9,68	0,03	0,09	400,00	0,0008
37	-9,72	0,03	0,09	400,00	0,0008
38	-9,75	0,03	0,09	400,00	0,0008
39	-9,78	0,03	0,09	400,00	0,0008
40	-9,82	0,03	0,09	400,00	0,0008
41	-9,85	0,03	0,09	400,00	0,0008
42	-9,88	0,03	0,09	400,00	0,0008
43	-9,92	0,03	0,09	400,00	0,0008
44	-9,95	0,03	0,09	400,00	0,0008
45	-9,98	0,03	0,09	400,00	0,0008
		10,00			**0,2983**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 10 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
2	-0,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
3	-0,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
4	-0,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
5	-0,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
6	-1,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
7	-1,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
8	-1,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
9	-1,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
10	-1,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
11	-2,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
12	-2,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
13	-2,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
14	-2,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
15	-2,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
16	-3,22	0,43	0,10	250,00	0,0176
17	-3,65	0,43	0,10	250,00	0,0176
18	-4,08	0,43	0,10	250,00	0,0175
19	-4,52	0,43	0,10	250,00	0,0175
20	-4,95	0,43	0,10	250,00	0,0174
21	-5,38	0,43	0,10	250,00	0,0173
22	-5,82	0,43	0,10	250,00	0,0172
23	-6,25	0,43	0,10	250,00	0,0171
24	-6,68	0,43	0,10	250,00	0,0170
25	-7,12	0,43	0,10	250,00	0,0168
26	-7,55	0,43	0,10	250,00	0,0167
27	-7,98	0,43	0,10	250,00	0,0165
28	-8,42	0,43	0,09	250,00	0,0163
29	-8,85	0,43	0,09	250,00	0,0161
30	-9,28	0,43	0,09	250,00	0,0160
31	-9,52	0,03	0,09	400,00	0,0008
32	-9,55	0,03	0,09	400,00	0,0008
33	-9,58	0,03	0,09	400,00	0,0008
34	-9,62	0,03	0,09	400,00	0,0008
35	-9,65	0,03	0,09	400,00	0,0008
36	-9,68	0,03	0,09	400,00	0,0008
37	-9,72	0,03	0,09	400,00	0,0008
38	-9,75	0,03	0,09	400,00	0,0008
39	-9,78	0,03	0,09	400,00	0,0008
40	-9,82	0,03	0,09	400,00	0,0008
41	-9,85	0,03	0,09	400,00	0,0008
42	-9,88	0,03	0,09	400,00	0,0008
43	-9,92	0,03	0,09	400,00	0,0008
44	-9,95	0,03	0,09	400,00	0,0008
45	-9,98	0,03	0,09	400,00	0,0008
		10,00			**0,2966**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 11 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,12	1000,00	0,0025
2	-0,30	0,20	0,12	1000,00	0,0025
3	-0,50	0,20	0,12	1000,00	0,0025
4	-0,70	0,20	0,12	1000,00	0,0025
5	-0,90	0,20	0,12	1000,00	0,0025
6	-1,10	0,20	0,12	1000,00	0,0025
7	-1,30	0,20	0,12	1000,00	0,0025
8	-1,50	0,20	0,12	1000,00	0,0025
9	-1,70	0,20	0,12	1000,00	0,0025
10	-1,90	0,20	0,12	1000,00	0,0025
11	-2,10	0,20	0,12	1000,00	0,0025
12	-2,30	0,20	0,12	1000,00	0,0025
13	-2,50	0,20	0,12	1000,00	0,0025
14	-2,70	0,20	0,12	1000,00	0,0025
15	-2,90	0,20	0,12	1000,00	0,0025
16	-3,22	0,43	0,12	250,00	0,0214
17	-3,65	0,43	0,12	250,00	0,0213
18	-4,08	0,43	0,12	250,00	0,0212
19	-4,52	0,43	0,12	250,00	0,0212
20	-4,95	0,43	0,12	250,00	0,0211
21	-5,38	0,43	0,12	250,00	0,0210
22	-5,82	0,43	0,12	250,00	0,0208
23	-6,25	0,43	0,12	250,00	0,0207
24	-6,68	0,43	0,12	250,00	0,0205
25	-7,12	0,43	0,12	250,00	0,0204
26	-7,55	0,43	0,12	250,00	0,0202
27	-7,98	0,43	0,12	250,00	0,0200
28	-8,42	0,43	0,11	250,00	0,0198
29	-8,85	0,43	0,11	250,00	0,0196
30	-9,28	0,43	0,11	250,00	0,0193
31	-9,52	0,03	0,11	400,00	0,0009
32	-9,55	0,03	0,11	400,00	0,0009
33	-9,58	0,03	0,11	400,00	0,0009
34	-9,62	0,03	0,11	400,00	0,0009
35	-9,65	0,03	0,11	400,00	0,0009
36	-9,68	0,03	0,11	400,00	0,0009
37	-9,72	0,03	0,11	400,00	0,0009
38	-9,75	0,03	0,11	400,00	0,0009
39	-9,78	0,03	0,11	400,00	0,0009
40	-9,82	0,03	0,11	400,00	0,0009
41	-9,85	0,03	0,11	400,00	0,0009
42	-9,88	0,03	0,11	400,00	0,0009
43	-9,92	0,03	0,11	400,00	0,0009
44	-9,95	0,03	0,11	400,00	0,0009
45	-9,98	0,03	0,11	400,00	0,0009
		10,00			**0,3593**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 12 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
2	-0,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
3	-0,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
4	-0,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
5	-0,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
6	-1,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
7	-1,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
8	-1,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
9	-1,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
10	-1,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
11	-2,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
12	-2,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
13	-2,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
14	-2,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
15	-2,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
16	-3,22	0,43	0,10	250,00	0,0176
17	-3,65	0,43	0,10	250,00	0,0176
18	-4,08	0,43	0,10	250,00	0,0175
19	-4,52	0,43	0,10	250,00	0,0175
20	-4,95	0,43	0,10	250,00	0,0174
21	-5,38	0,43	0,10	250,00	0,0173
22	-5,82	0,43	0,10	250,00	0,0172
23	-6,25	0,43	0,10	250,00	0,0171
24	-6,68	0,43	0,10	250,00	0,0170
25	-7,12	0,43	0,10	250,00	0,0168
26	-7,55	0,43	0,10	250,00	0,0167
27	-7,98	0,43	0,10	250,00	0,0165
28	-8,42	0,43	0,09	250,00	0,0163
29	-8,85	0,43	0,09	250,00	0,0161
30	-9,28	0,43	0,09	250,00	0,0160
31	-9,52	0,03	0,09	400,00	0,0008
32	-9,55	0,03	0,09	400,00	0,0008
33	-9,58	0,03	0,09	400,00	0,0008
34	-9,62	0,03	0,09	400,00	0,0008
35	-9,65	0,03	0,09	400,00	0,0008
36	-9,68	0,03	0,09	400,00	0,0008
37	-9,72	0,03	0,09	400,00	0,0008
38	-9,75	0,03	0,09	400,00	0,0008
39	-9,78	0,03	0,09	400,00	0,0008
40	-9,82	0,03	0,09	400,00	0,0008
41	-9,85	0,03	0,09	400,00	0,0008
42	-9,88	0,03	0,09	400,00	0,0008
43	-9,92	0,03	0,09	400,00	0,0008
44	-9,95	0,03	0,09	400,00	0,0008
45	-9,98	0,03	0,09	400,00	0,0008
		10,00			**0,2966**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 13 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,12	1000,00	0,0025
2	-0,30	0,20	0,12	1000,00	0,0025
3	-0,50	0,20	0,12	1000,00	0,0025
4	-0,70	0,20	0,12	1000,00	0,0025
5	-0,90	0,20	0,12	1000,00	0,0025
6	-1,10	0,20	0,12	1000,00	0,0025
7	-1,30	0,20	0,12	1000,00	0,0025
8	-1,50	0,20	0,12	1000,00	0,0025
9	-1,70	0,20	0,12	1000,00	0,0025
10	-1,90	0,20	0,12	1000,00	0,0025
11	-2,10	0,20	0,12	1000,00	0,0025
12	-2,30	0,20	0,12	1000,00	0,0025
13	-2,50	0,20	0,12	1000,00	0,0025
14	-2,70	0,20	0,12	1000,00	0,0025
15	-2,90	0,20	0,12	1000,00	0,0025
16	-3,22	0,43	0,12	250,00	0,0214
17	-3,65	0,43	0,12	250,00	0,0213
18	-4,08	0,43	0,12	250,00	0,0212
19	-4,52	0,43	0,12	250,00	0,0212
20	-4,95	0,43	0,12	250,00	0,0211
21	-5,38	0,43	0,12	250,00	0,0210
22	-5,82	0,43	0,12	250,00	0,0208
23	-6,25	0,43	0,12	250,00	0,0207
24	-6,68	0,43	0,12	250,00	0,0205
25	-7,12	0,43	0,12	250,00	0,0204
26	-7,55	0,43	0,12	250,00	0,0202
27	-7,98	0,43	0,12	250,00	0,0200
28	-8,42	0,43	0,11	250,00	0,0198
29	-8,85	0,43	0,11	250,00	0,0196
30	-9,28	0,43	0,11	250,00	0,0193
31	-9,52	0,03	0,11	400,00	0,0009
32	-9,55	0,03	0,11	400,00	0,0009
33	-9,58	0,03	0,11	400,00	0,0009
34	-9,62	0,03	0,11	400,00	0,0009
35	-9,65	0,03	0,11	400,00	0,0009
36	-9,68	0,03	0,11	400,00	0,0009
37	-9,72	0,03	0,11	400,00	0,0009
38	-9,75	0,03	0,11	400,00	0,0009
39	-9,78	0,03	0,11	400,00	0,0009
40	-9,82	0,03	0,11	400,00	0,0009
41	-9,85	0,03	0,11	400,00	0,0009
42	-9,88	0,03	0,11	400,00	0,0009
43	-9,92	0,03	0,11	400,00	0,0009
44	-9,95	0,03	0,11	400,00	0,0009
45	-9,98	0,03	0,11	400,00	0,0009
		10,00			**0,3593**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 14 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
2	-0,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
3	-0,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
4	-0,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
5	-0,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
6	-1,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
7	-1,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
8	-1,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
9	-1,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
10	-1,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
11	-2,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
12	-2,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
13	-2,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
14	-2,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
15	-2,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
16	-3,22	0,43	0,10	250,00	0,0176
17	-3,65	0,43	0,10	250,00	0,0176
18	-4,08	0,43	0,10	250,00	0,0175
19	-4,52	0,43	0,10	250,00	0,0175
20	-4,95	0,43	0,10	250,00	0,0174
21	-5,38	0,43	0,10	250,00	0,0173
22	-5,82	0,43	0,10	250,00	0,0172
23	-6,25	0,43	0,10	250,00	0,0171
24	-6,68	0,43	0,10	250,00	0,0170
25	-7,12	0,43	0,10	250,00	0,0168
26	-7,55	0,43	0,10	250,00	0,0167
27	-7,98	0,43	0,10	250,00	0,0165
28	-8,42	0,43	0,09	250,00	0,0163
29	-8,85	0,43	0,09	250,00	0,0161
30	-9,28	0,43	0,09	250,00	0,0160
31	-9,52	0,03	0,09	400,00	0,0008
32	-9,55	0,03	0,09	400,00	0,0008
33	-9,58	0,03	0,09	400,00	0,0008
34	-9,62	0,03	0,09	400,00	0,0008
35	-9,65	0,03	0,09	400,00	0,0008
36	-9,68	0,03	0,09	400,00	0,0008
37	-9,72	0,03	0,09	400,00	0,0008
38	-9,75	0,03	0,09	400,00	0,0008
39	-9,78	0,03	0,09	400,00	0,0008
40	-9,82	0,03	0,09	400,00	0,0008
41	-9,85	0,03	0,09	400,00	0,0008
42	-9,88	0,03	0,09	400,00	0,0008
43	-9,92	0,03	0,09	400,00	0,0008
44	-9,95	0,03	0,09	400,00	0,0008
45	-9,98	0,03	0,09	400,00	0,0008
		10,00			**0,2966**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 15 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,14	1000,00	0,0027
2	-0,30	0,20	0,14	1000,00	0,0027
3	-0,50	0,20	0,14	1000,00	0,0027
4	-0,70	0,20	0,14	1000,00	0,0027
5	-0,90	0,20	0,14	1000,00	0,0027
6	-1,10	0,20	0,14	1000,00	0,0027
7	-1,30	0,20	0,14	1000,00	0,0027
8	-1,50	0,20	0,14	1000,00	0,0027
9	-1,70	0,20	0,14	1000,00	0,0027
10	-1,90	0,20	0,14	1000,00	0,0027
11	-2,10	0,20	0,14	1000,00	0,0027
12	-2,30	0,20	0,14	1000,00	0,0027
13	-2,50	0,20	0,14	1000,00	0,0027
14	-2,70	0,20	0,14	1000,00	0,0027
15	-2,90	0,20	0,14	1000,00	0,0027
16	-3,22	0,43	0,14	250,00	0,0235
17	-3,65	0,43	0,14	250,00	0,0234
18	-4,08	0,43	0,13	250,00	0,0233
19	-4,52	0,43	0,13	250,00	0,0233
20	-4,95	0,43	0,13	250,00	0,0231
21	-5,38	0,43	0,13	250,00	0,0230
22	-5,82	0,43	0,13	250,00	0,0229
23	-6,25	0,43	0,13	250,00	0,0227
24	-6,68	0,43	0,13	250,00	0,0226
25	-7,12	0,43	0,13	250,00	0,0224
26	-7,55	0,43	0,13	250,00	0,0222
27	-7,98	0,43	0,13	250,00	0,0220
28	-8,42	0,43	0,13	250,00	0,0217
29	-8,85	0,43	0,12	250,00	0,0215
30	-9,28	0,43	0,12	250,00	0,0212
31	-9,52	0,03	0,12	400,00	0,0010
32	-9,55	0,03	0,12	400,00	0,0010
33	-9,58	0,03	0,12	400,00	0,0010
34	-9,62	0,03	0,12	400,00	0,0010
35	-9,65	0,03	0,12	400,00	0,0010
36	-9,68	0,03	0,12	400,00	0,0010
37	-9,72	0,03	0,12	400,00	0,0010
38	-9,75	0,03	0,12	400,00	0,0010
39	-9,78	0,03	0,12	400,00	0,0010
40	-9,82	0,03	0,12	400,00	0,0010
41	-9,85	0,03	0,12	400,00	0,0010
42	-9,88	0,03	0,12	400,00	0,0010
43	-9,92	0,03	0,12	400,00	0,0010
44	-9,95	0,03	0,12	400,00	0,0010
45	-9,98	0,03	0,12	400,00	0,0010
		10,00			**0,3948**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 16 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,11	1000,00	0,0022
2	-0,30	0,20	0,11	1000,00	0,0022
3	-0,50	0,20	0,11	1000,00	0,0022
4	-0,70	0,20	0,11	1000,00	0,0022
5	-0,90	0,20	0,11	1000,00	0,0022
6	-1,10	0,20	0,11	1000,00	0,0022
7	-1,30	0,20	0,11	1000,00	0,0022
8	-1,50	0,20	0,11	1000,00	0,0022
9	-1,70	0,20	0,11	1000,00	0,0022
10	-1,90	0,20	0,11	1000,00	0,0022
11	-2,10	0,20	0,11	1000,00	0,0022
12	-2,30	0,20	0,11	1000,00	0,0022
13	-2,50	0,20	0,11	1000,00	0,0022
14	-2,70	0,20	0,11	1000,00	0,0022
15	-2,90	0,20	0,11	1000,00	0,0022
16	-3,22	0,43	0,11	250,00	0,0190
17	-3,65	0,43	0,11	250,00	0,0190
18	-4,08	0,43	0,11	250,00	0,0189
19	-4,52	0,43	0,11	250,00	0,0189
20	-4,95	0,43	0,11	250,00	0,0188
21	-5,38	0,43	0,11	250,00	0,0187
22	-5,82	0,43	0,11	250,00	0,0186
23	-6,25	0,43	0,11	250,00	0,0184
24	-6,68	0,43	0,11	250,00	0,0183
25	-7,12	0,43	0,10	250,00	0,0182
26	-7,55	0,43	0,10	250,00	0,0180
27	-7,98	0,43	0,10	250,00	0,0178
28	-8,42	0,43	0,10	250,00	0,0176
29	-8,85	0,43	0,10	250,00	0,0174
30	-9,28	0,43	0,10	250,00	0,0172
31	-9,52	0,03	0,10	400,00	0,0008
32	-9,55	0,03	0,10	400,00	0,0008
33	-9,58	0,03	0,10	400,00	0,0008
34	-9,62	0,03	0,10	400,00	0,0008
35	-9,65	0,03	0,10	400,00	0,0008
36	-9,68	0,03	0,10	400,00	0,0008
37	-9,72	0,03	0,10	400,00	0,0008
38	-9,75	0,03	0,10	400,00	0,0008
39	-9,78	0,03	0,10	400,00	0,0008
40	-9,82	0,03	0,10	400,00	0,0008
41	-9,85	0,03	0,10	400,00	0,0008
42	-9,88	0,03	0,10	400,00	0,0008
43	-9,92	0,03	0,10	400,00	0,0008
44	-9,95	0,03	0,10	400,00	0,0008
45	-9,98	0,03	0,10	400,00	0,0008
		10,00			**0,3202**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 17 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,13	1000,00	0,0026
2	-0,30	0,20	0,13	1000,00	0,0026
3	-0,50	0,20	0,13	1000,00	0,0026
4	-0,70	0,20	0,13	1000,00	0,0026
5	-0,90	0,20	0,13	1000,00	0,0026
6	-1,10	0,20	0,13	1000,00	0,0026
7	-1,30	0,20	0,13	1000,00	0,0026
8	-1,50	0,20	0,13	1000,00	0,0026
9	-1,70	0,20	0,13	1000,00	0,0026
10	-1,90	0,20	0,13	1000,00	0,0026
11	-2,10	0,20	0,13	1000,00	0,0026
12	-2,30	0,20	0,13	1000,00	0,0026
13	-2,50	0,20	0,13	1000,00	0,0026
14	-2,70	0,20	0,13	1000,00	0,0026
15	-2,90	0,20	0,13	1000,00	0,0026
16	-3,22	0,43	0,13	250,00	0,0221
17	-3,65	0,43	0,13	250,00	0,0220
18	-4,08	0,43	0,13	250,00	0,0220
19	-4,52	0,43	0,13	250,00	0,0219
20	-4,95	0,43	0,13	250,00	0,0218
21	-5,38	0,43	0,12	250,00	0,0217
22	-5,82	0,43	0,12	250,00	0,0215
23	-6,25	0,43	0,12	250,00	0,0214
24	-6,68	0,43	0,12	250,00	0,0212
25	-7,12	0,43	0,12	250,00	0,0210
26	-7,55	0,43	0,12	250,00	0,0209
27	-7,98	0,43	0,12	250,00	0,0207
28	-8,42	0,43	0,12	250,00	0,0204
29	-8,85	0,43	0,12	250,00	0,0202
30	-9,28	0,43	0,12	250,00	0,0200
31	-9,52	0,03	0,11	400,00	0,0010
32	-9,55	0,03	0,11	400,00	0,0010
33	-9,58	0,03	0,11	400,00	0,0010
34	-9,62	0,03	0,11	400,00	0,0010
35	-9,65	0,03	0,11	400,00	0,0010
36	-9,68	0,03	0,11	400,00	0,0009
37	-9,72	0,03	0,11	400,00	0,0009
38	-9,75	0,03	0,11	400,00	0,0009
39	-9,78	0,03	0,11	400,00	0,0009
40	-9,82	0,03	0,11	400,00	0,0009
41	-9,85	0,03	0,11	400,00	0,0009
42	-9,88	0,03	0,11	400,00	0,0009
43	-9,92	0,03	0,11	400,00	0,0009
44	-9,95	0,03	0,11	400,00	0,0009
45	-9,98	0,03	0,11	400,00	0,0009
		10,00			**0,3713**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 18 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,10	1000,00	0,0021
2	-0,30	0,20	0,10	1000,00	0,0021
3	-0,50	0,20	0,10	1000,00	0,0021
4	-0,70	0,20	0,10	1000,00	0,0021
5	-0,90	0,20	0,10	1000,00	0,0021
6	-1,10	0,20	0,10	1000,00	0,0021
7	-1,30	0,20	0,10	1000,00	0,0021
8	-1,50	0,20	0,10	1000,00	0,0021
9	-1,70	0,20	0,10	1000,00	0,0021
10	-1,90	0,20	0,10	1000,00	0,0021
11	-2,10	0,20	0,10	1000,00	0,0021
12	-2,30	0,20	0,10	1000,00	0,0021
13	-2,50	0,20	0,10	1000,00	0,0021
14	-2,70	0,20	0,10	1000,00	0,0021
15	-2,90	0,20	0,10	1000,00	0,0021
16	-3,22	0,43	0,10	250,00	0,0179
17	-3,65	0,43	0,10	250,00	0,0179
18	-4,08	0,43	0,10	250,00	0,0178
19	-4,52	0,43	0,10	250,00	0,0178
20	-4,95	0,43	0,10	250,00	0,0177
21	-5,38	0,43	0,10	250,00	0,0176
22	-5,82	0,43	0,10	250,00	0,0175
23	-6,25	0,43	0,10	250,00	0,0174
24	-6,68	0,43	0,10	250,00	0,0172
25	-7,12	0,43	0,10	250,00	0,0171
26	-7,55	0,43	0,10	250,00	0,0169
27	-7,98	0,43	0,10	250,00	0,0168
28	-8,42	0,43	0,10	250,00	0,0166
29	-8,85	0,43	0,09	250,00	0,0164
30	-9,28	0,43	0,09	250,00	0,0162
31	-9,52	0,03	0,09	400,00	0,0008
32	-9,55	0,03	0,09	400,00	0,0008
33	-9,58	0,03	0,09	400,00	0,0008
34	-9,62	0,03	0,09	400,00	0,0008
35	-9,65	0,03	0,09	400,00	0,0008
36	-9,68	0,03	0,09	400,00	0,0008
37	-9,72	0,03	0,09	400,00	0,0008
38	-9,75	0,03	0,09	400,00	0,0008
39	-9,78	0,03	0,09	400,00	0,0008
40	-9,82	0,03	0,09	400,00	0,0008
41	-9,85	0,03	0,09	400,00	0,0008
42	-9,88	0,03	0,09	400,00	0,0008
43	-9,92	0,03	0,09	400,00	0,0008
44	-9,95	0,03	0,09	400,00	0,0008
45	-9,98	0,03	0,09	400,00	0,0008
		10,00			**0,3014**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

Combinazione n° 19 (Elisuperficie n° 1)

n°	z	ΔH	Δσv	Eed	Δw
	[m]	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*
1	-0,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
2	-0,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
3	-0,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
4	-0,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
5	-0,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
6	-1,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
7	-1,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
8	-1,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
9	-1,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
10	-1,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
11	-2,10	0,20	0,10	1000,00	0,0020
12	-2,30	0,20	0,10	1000,00	0,0020
13	-2,50	0,20	0,10	1000,00	0,0020
14	-2,70	0,20	0,10	1000,00	0,0020
15	-2,90	0,20	0,10	1000,00	0,0020
16	-3,22	0,43	0,10	250,00	0,0176
17	-3,65	0,43	0,10	250,00	0,0176
18	-4,08	0,43	0,10	250,00	0,0175
19	-4,52	0,43	0,10	250,00	0,0175
20	-4,95	0,43	0,10	250,00	0,0174
21	-5,38	0,43	0,10	250,00	0,0173
22	-5,82	0,43	0,10	250,00	0,0172
23	-6,25	0,43	0,10	250,00	0,0171
24	-6,68	0,43	0,10	250,00	0,0170
25	-7,12	0,43	0,10	250,00	0,0168
26	-7,55	0,43	0,10	250,00	0,0167
27	-7,98	0,43	0,10	250,00	0,0165
28	-8,42	0,43	0,09	250,00	0,0163
29	-8,85	0,43	0,09	250,00	0,0161
30	-9,28	0,43	0,09	250,00	0,0160
31	-9,52	0,03	0,09	400,00	0,0008
32	-9,55	0,03	0,09	400,00	0,0008
33	-9,58	0,03	0,09	400,00	0,0008
34	-9,62	0,03	0,09	400,00	0,0008
35	-9,65	0,03	0,09	400,00	0,0008
36	-9,68	0,03	0,09	400,00	0,0008
37	-9,72	0,03	0,09	400,00	0,0008
38	-9,75	0,03	0,09	400,00	0,0008
39	-9,78	0,03	0,09	400,00	0,0008
40	-9,82	0,03	0,09	400,00	0,0008
41	-9,85	0,03	0,09	400,00	0,0008
42	-9,88	0,03	0,09	400,00	0,0008
43	-9,92	0,03	0,09	400,00	0,0008
44	-9,95	0,03	0,09	400,00	0,0008
45	-9,98	0,03	0,09	400,00	0,0008
		10,00			**0,2966**

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

5.4 DICHIARAZIONI SECONDO NTC 2018

Il sottoscritto Andrea Basso dichiara quanto segue:

L'analisi e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica a carico limite viene eseguita secondo le seguenti fasi:
- Calcolo delle caratteristiche del terreno equivalente di progetto;
- Calcolo della fondazione di progetto;
- Calcolo del carico limite.

Il calcolo dei cedimenti viene eseguita secondo le seguenti fasi:
- Calcolo della distribuzione dei carichi al piano di posa;
- Calcolo delle pressioni indotte nel terreno dal carico applicato;
- Calcolo dei cedimenti.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

L'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo sono le seguenti:

Titolo	CARL - Carico Limite e Cedimenti
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	AB&C di A. Avai e S. Bassetti
Licenza	AIU5602ZX

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

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

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.
In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Ovada, 11 Febbraio 2021

Il tecnico:
Dott. Geol. Andrea Basso



C.S. ING.
società di ingegneria
Sede Legale: C.so Italia 6 – 15076 – Ovada (AL)
Sede Operativa: Piazza Vittorio Emanuele II n° 8 – 27050 – Cervesina (PV)